



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213
Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

LAPORAN PROJECT PENGOLAHAN CITRA DIGITAL
TAHUN AKADEMIK 2024/2025 SEMESTER GENAP

IDENTITAS PROYEK	
Judul	Adaptive image watermarking
Topik	Pengolahan Citra Digital
Identitas Penyusun	1. Shinta Usaila Farachin (23031554160) 2. Ikhrima Atusifah (23031554181) 3. Arina Tri Yuni Wahyuning Tiyas (23031554203)
Kelas	2023 A

1. PENDAHULUAN

Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1000 kata yang terdiri dari:

- A. Latar belakang dan rumusan permasalahan yang akan diteliti
- B. Pendekatan pemecahan masalah

1.1. Latar Belakang (min. 250 kata)

Di era digital ini, teknologi telah berkembang pesat. Adanya perkembangan teknologi tentu saja akan banyak membantu manusia, tetapi di lain sisi masih banyak orang yang menyalahgunakan teknologi salah satunya yaitu dengan manipulasi data citra. Pada data citra, data gambar dan video merupakan data yang paling banyak dimanipulasi [1]. Di zaman sekarang untuk membedakan gambar asli atau rekayasa semakin sulit, ini dikarenakan sudah banyaknya alat penyuntingan gambar yang sudah canggih [2] Salah satu solusi untuk permasalahan ini yaitu dengan mewatermark suatu data multimedia.

Watermark adalah teknik untuk melindungi data dari segala bentuk manipulasi atau perubahan dengan memberikan keamanan dan otentikasi [3]. Cara kerja teknik ini yaitu dengan mencantumkan informasi tambahan ke dalam data multimedia, baik dalam bentuk logo atau teks. Watermark sendiri dibagi menjadi dua proses yaitu proses penyisipan dan ekstraksi [4]. Pada proses penyisipan, watermark tidak terlihat pada data multimedia secara langsung. Proses penyisipan dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan dekomposisi gambar dengan menggunakan jenis transformasi DWT dua tingkat. Watermark disisipkan ke semua koefisien yang sesuai dengan sub-band dari transformasi dua level kecuali sub-band yang terkecil. Adapun watermark yang digunakan harus diubah ke bentuk biner terlebih



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA**

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

dahulu, sebelum disisipkan ke gambar asli. Setelah dilakukan proses penyisipan, kemudian dilakukan proses Inverse Discrete Wavelet Transform (IDWT) untuk membentuk citra hasil dari penyisipan watermark [5].

Selain proses DWT terdapat juga proses atau metode Least Significant Bit (LSB). Least Significant Bit (LSB) merupakan salah satu teknik dalam Steganografi. LSB menambahkan bit data pesan yang akan disembunyikan di bit terakhir yang paling cocok atau kurang berarti. Ada dua teknik yang dapat digunakan pada LSB, yaitu penyisipan secara sekuensial dan secara acak. Penyisipan sekuensial dilakukan berurutan sedangkan acak dilakukan dengan acak pada image dengan memasukan kata kunci (stego key) [17].

Dalam teknik ini, bit-bit informasi watermark disisipkan pada bit-bit paling tidak signifikan dari piksel citra. Keunggulan teknik LSB terletak pada kesederhanaan dan kapasitas yang besar, namun teknik ini cenderung kurang tahan terhadap manipulasi. Meskipun sederhana, teknik LSB menghadapi tantangan dalam hal ketahanan terhadap serangan, karena watermark dapat dengan mudah dihilangkan atau dimodifikasi [17].

Kemudian untuk proses ekstraksi watermark akan secara langsung terlihat di data multimedia. Ada serangan atau gangguan juga dalam teknik watermark yaitu segala upaya yang dilakukan untuk menghilangkan data mark. Setelah data mark dapat dihilangkan, selanjutnya dapat mengkopi citra tersebut dan mendistribusikannya. Serangan umum dalam teknik watermarking yaitu transformasi geometris meliputi penskalaan, rotasi, pemotongan, dan kompresi [6].

Agar watermark dapat melindungi hak cipta secara efektif, sistem watermark harus dirancang dengan kuat sehingga watermark tersebut sulit dihapus atau dirusak oleh pihak yang tidak berwenang. Sistem watermark juga harus memiliki sifat imperceptibility dimana watermark tidak dapat dilihat oleh mata manusia dan tidak ada degradasi pada gambar dan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

juga harus bersifat aman untuk memastikan bahwa watermark yang disisipkan tidak mudah untuk diambil [7].

Teknik watermarking juga berdasarkan visualisasinya atau sudut pandang manusia maka terbagi menjadi watermarking yang terlihat dan yang tidak terlihat. Watermarking yang terlihat berguna untuk melindungi hak cipta sebuah media digital. Namun watermark yang terlihat tersebut dapat merusak gambar yang ingin dilindunginya [8]. Penyisipan watermark ke dalam citra melalui ranah spasial dinilai mudah untuk mengendalikan aspek visual dan kapasitas, namun kurang efektif dalam mempertahankan kekukuhan watermark. Sebaliknya, penyisipan dengan ranah transformasi dapat meningkatkan kekukuhan watermark, namun cenderung kehilangan kendali terhadap aspek visual, dan beban komputasinya relatif tinggi [9].

Pada proyek ini, teknik watermark akan diterapkan di *python* menggunakan library *PIL*, *matplotlib* dan *Numpy* untuk memunculkan watermark transparan pada citra digital. Library *Numpy* bertujuan untuk menyimpan gambar dalam bentuk array (10). Dengan adanya beberapa library ini, watermark dapat diterapkan tanpa mengganggu gambar aslinya.

Dengan adanya watermark, diharapkan keaslian data citra dapat terlindungi. Sehingga, proyek ini berfokus pada penerapan watermarking menggunakan *PIL*, *matplotlib* dan *Numpy* untuk meningkatkan perlindungan hak cipta pada citra digital secara praktis.

Rumusan Permasalahan:

1. Bagaimana cara penerapan watermarking pada citra digital?
2. Bagaimana agar watermark tetap ada tetapi tidak mengganggu gambar asli?
3. Bagaimana teknik yang dapat diterapkan secara efisien terhadap berbagai jenis gambar?

1.2. Pendekatan pemecahan masalah

Pendekatan pemecahan permasalahan ini menggunakan metode LSB. Metode LSB (Least Significant Bit) adalah salah satu pendekatan yang sederhana dan banyak digunakan pada



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

teknik watermarking. Dalam metode ini, data watermark akan disisipkan ke dalam suatu bit yang paling signifikan dari pixel citra digital. Metode LSB merupakan metode yang mudah karena menawarkan kemudahan pengaplikasian dan hanya menyebabkan sedikit perubahan pada gambar asli [11]. Hal ini membuat gambar watermark tidak terlihat secara langsung. Pada proyek ini metode ini dilakukan dengan mengkonversi gambar asli ke format grayscale terlebih dahulu untuk persiapan proses penyisipan watermark dengan ukuran dan format yang sesuai.

Kemudian, gambar watermark akan diproses melalui tahapan resizing dan binerisasi untuk mengubah kedalam gambar biner yang hanya terdiri dari pixel 0 (hitam) dan 255 (putih). Hal ini dilakukan untuk mempresentasikan biner watermark agar dapat disisipkan dengan sesuai ke LSB gambar asli. Penyisipan bit watermark ke LSB dari gambar grayscale efektif dalam menjaga tampilan gambar asli, terutama pada penggunaan hak cipta atau penyisipan tanda digital. Metode LSB pada proyek ini dikelompokkan sebagai teknik watermarking berbasis domain spasial, dimana prosesnya dilakukan pada nilai pixel secara langsung. Teknik LSB cocok untuk aplikasi yang tidak perlu memerlukan tingkat keamanan tinggi, namun tetap efektif untuk watermarking sederhana [12].

Kelebihan dari metode ini adalah ukuran citra yang mengandung pesan tidak berubah atau tetap, sehingga tidak mengakibatkan kecurigaan akan adanya pesan rahasia dalam citra. Pada proyek ini diperoleh hasil bahwa metode LSB adalah metode yang baik untuk menyembunyikan informasi berupa file gambar yang berekstensi bitmap, karena antara gambar image sebelum dan sesudah dilakukan steganografi tidak terlihat perubahan yang terjadi secara kasat mata. Sedangkan kekurangannya adalah kapasitas pesan yang disisipkan terbatas [13]. Sehingga, pendekatan LSB pada proyek ini dapat menjadi solusi optimal dalam teknik watermarking yang sederhana namun berguna.

Selain menggunakan LSB kami juga menggunakan metode Discrete Wavelet Transform (DWT) digunakan dalam pendekatan untuk menyelesaikan permasalahan ini. DWT merupakan salah satu metode transformasi yang umum dipakai dalam teknik watermarking karena kemampuannya untuk menganalisis informasi gambar dalam domain frekuensi dan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

spasial sekaligus. Dengan proses dekomposisi, DWT memecah citra menjadi beberapa sub-band (LL, LH, HL, HH), sehingga watermark bisa disisipkan pada sub-band tertentu yang memiliki sensitivitas rendah terhadap penglihatan manusia, contohnya sub-band HH. Sebagai hasilnya, watermark yang ditambahkan tidak akan terlihat secara langsung, namun tetap terimplementasi dengan kuat dalam struktur gambar [14].

Pada proyek ini, teknik DWT digunakan dengan mengonversi gambar asli ke format grayscale, selanjutnya dilakukan dekomposisi DWT dua tingkat untuk mendapatkan sub-band frekuensi tinggi sebagai lokasi untuk penyisipan. Gambar watermark mengalami pemrosesan melalui langkah perubahan ukuran dan binerisasi menjadi bentuk citra biner dengan nilai -1 dan 1 agar sesuai dengan format penyisipan. Penyisipan dilakukan dengan metode aditif, yaitu menambahkan nilai watermark ke dalam koefisien sub-band, diikuti dengan rekonstruksi gambar melalui inverse DWT. Teknik ini masuk dalam kategori watermarking berbasis transformasi domain karena modifikasi dilakukan pada koefisien hasil transformasi, bukan langsung pada piksel gambar [15].

Keunggulan metode DWT terletak pada kemampuannya mempertahankan kualitas visual gambar sambil tetap melindungi watermark dari berbagai ancaman seperti kompresi JPEG, rotasi, dan noise. Selain itu, metode ini juga memungkinkan deteksi watermark secara blind tanpa harus memerlukan gambar asli. Namun, kelemahannya adalah kompleksitas perhitungan yang tinggi dan sensitivitas terhadap parameter yang disisipkan. Oleh karena itu, metode DWT dalam proyek ini dipilih sebagai pendekatan terbaik untuk watermarking yang memerlukan keseimbangan antara kejelasan visual dan ketahanan [16].

2. Metodologi

Metodologi atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 1000 kata. Bagian ini berisi metode pre-processing dan/atau metode post processing yang dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Metode penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahanan yang jelas.

2.1. Eksplorasi Dataset

Pemahaman dataset yang dimiliki

Dataset yang digunakan untuk proyek ini terdiri dari dua gambar yaitu gambar utama yang nantinya akan diberikan watermark seta gambar watermark yang mengandung logo dan teks yang digunakan untuk identitas pemilik gambar. Dataset ini nantinya yang akan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

digunakan untuk proses watermarking pada gambar asli dengan mempertimbangkan ukuran, transparansi dan letak watermark. Berikut adalah gambar asli dan watermark

Gambar asli



Gambar Watermark



2.2. Langkah Penelitian

Berikut diagram alur untuk LSB dalam proses watermarking di python





KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

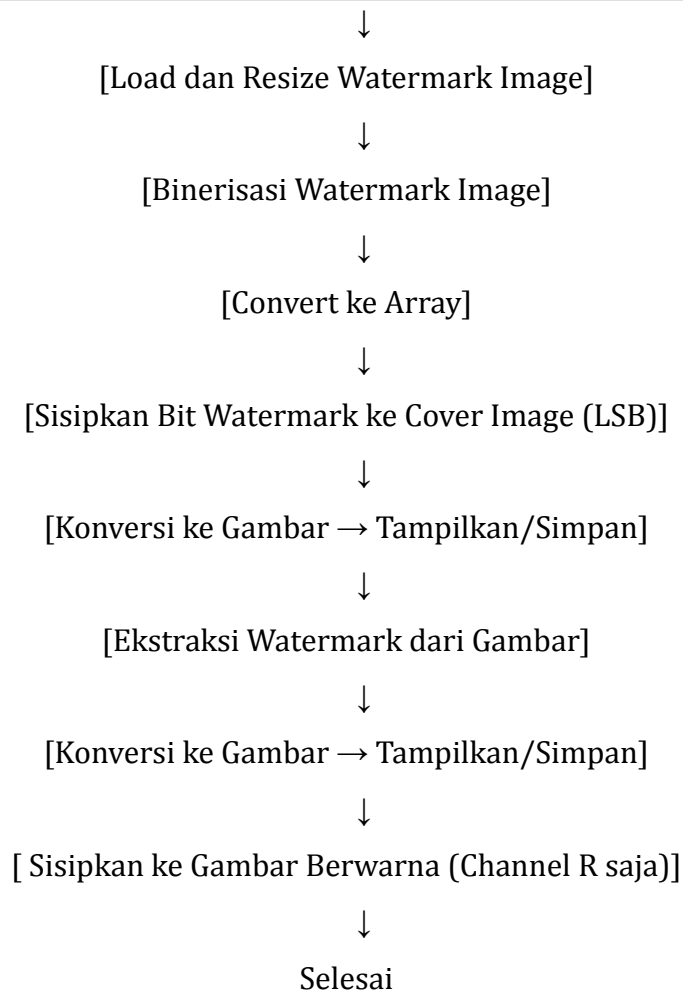
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id



Berikut penjelasan langkah- langkahnya. Langkah langkah ini didapat dari referensi utama dari studi Dixit A. (2024) [2]. Selain itu, langkah langkah proyek ini juga dari berbagai referensi lain.

1. Mengimpor pustaka dan membaca gambar

```
from PIL import Image
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
%matplotlib inline
```

Langkah pertama dari proyek ini yaitu mengimpor pustaka python untuk proses gambar (PIL), visualisasi gambar (matplotlib), dan operasi numerik (numpy)

2. Fungsi Binerisasi (mengkonversi watermark ke biner)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

```
#Image conversion into binary form using binarize function according to threshold
def binarize (image_to_transform, threshold):
    # Converting to grayscale
    output_image = image_to_transform.convert("L")
    for x in range (output_image.width):
        for y in range (output_image.height):
            if output_image.getpixel ((x, y)) < threshold:
                output_image.putpixel((x, y), 0)
            else:
                output_image.putpixel((x, y), 255)
    return output_image
```

Langkah selanjutnya yaitu mengubah watermark menjadi hitam-putih berdasarkan ambang batas (threshold), supaya dapat disisipkan sebagai biner (0 dan 1) serta mengkonversi grayscale (L) merubah gambar menjadi 8-bit.

3. Membaca dan Menyiapkan gambar asli

```
[ ] #Open the Image to be watermarked
Cover_img = Image.open("/content/Dataset steganografi dan watermarking (Kim Se-jeong).jpg")
#Resize image
newsize=(1000,1000)
Cover_img = Cover_img.resize(newsize)
# Converting image into grayscale
Cover_img = Cover_img.convert("L")
plt.imshow (Cover_img,cmap='gray')
```

Pada tahap ini dilakukan pembacaan gambar utama, kemudian mengubah ukuran gambar ke 1000 x 1000 pixel, setelah itu, gambar dirubah ke format grayscale, dan terakhir menampilkan gambar

4. Membaca dan Menyiapkan gambar watermark

```
#Open Watermarking Image
Watermark_Img = Image.open('/content/Citra Label Watermark.png')
#Resize Watermarking image
newsize=(1000,1000)
Watermark_Img = Watermark_Img.resize(newsize)

[ ] #transformation into binary form (Pixels with values below 128 will be changed to 0 [black]
# and those with values above 128 to 255 [white])
Watermark_Img = binarize (Watermark_Img,128)
plt.imshow(Watermark_Img,cmap='gray')
```

Langkah selanjutnya yaitu membaca gambar watermark, lalu menyesuaikan ukuran agar sama dengan gambar asli, kemudian binerisasi dengan ambang batas 128, terakhir mengubah ke format ke grayscale dan menampilkan gambar

5. Flatten dan konversi ke array

```
[ ] #Flatten cover image and convert it into numpy array
Cover_array = np.array(list (Cover_img.getdata()))
#Flatten watermark image and convert it into numpy array
Water_array = np.array (list (Watermark_Img.getdata()))
```




KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

Pada tahap ini gambar akan diubah menjadi list satu dimensi (1D array) supaya lebih mudah dimanipulasi bit-nya

6. Proses Penyisipan Watermark

```
#Watermarking the original image by adding a value of 0 or 1 depending on the watermarking image's pixel intensity
for p in range (1000000):
    binl = bin (Cover_array [p]) [2:-1]
    x = bin (Water_array [p]) [2]
    binl += x
    Cover_array [p]=int (binl, 2)
#Converting watermarked array into image
Cover_array = Cover_array.reshape (1000,1000)
enc_img = Image.fromarray (Cover_array.astype('uint8'), Cover_img.mode)
plt.imshow(enc_img, cmap='gray')
```

Pada tahapan ini setiap pixel akan mengambil representasi biner dari pixel cover, kemudian diambil bit watermark (0 atau 1), yang kemudian akan di tambahkan bit itu ke akhir pixel cover dan simpan kembali nilai yang dimodifikasi. Pada langkah ini merupakan bentuk LSB sederhana

7. ekstraksi watermark dari gambar terenkripsi

```
# Extracting watermark from watermarked image
Ext_array = np.array(list(enc_img.getdata()))
for p in range(1000000):
    if bin(Ext_array[p])[-1] == '1':
        Ext_array[p] = Ext_array[p] - 255
    else:
        Ext_array[p] = 0

# Display extracted watermark
Ext_array = Ext_array.reshape(1000, 1000)
enc_imgl = Image.fromarray(Ext_array.astype('uint8'), Watermark_Img.mode)
plt.imshow(enc_imgl, cmap='gray')

# Simpan hasil ekstraksi watermark dalam format JPEG
enc_imgl.save("hasil_terwatermark.jpg", format="JPEG")
print("Gambar berhasil disimpan sebagai 'hasil_terwatermark.jpg'")
```

Pada tahap ini akan dicek bit terakhir, jika bit terakhir = 1, maka watermark = putih jika =0 maka hitam

8. Menyimpan Hasil Ekstraksi

```
# Simpan hasil ekstraksi watermark dalam format JPEG
enc_imgl.save("hasil_terwatermark.jpg", format="JPEG")
print("Gambar berhasil disimpan sebagai 'hasil_terwatermark.jpg'")
```

Pada tahap ini hasil ekstraksi akan disimpan sebagai hasil watermark, akan tetapi gambar masih bersifat hitam putih

9. Watermark ke gambar berwarna (RGB)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

```
# Load gambar asli (berwarna) dan watermark biner
cover_img_color = Image.open("/content/Dataset steganografi dan watermarking (Kim Se-jeong).jpg").resize((1000, 1000))
watermark_img = Image.open("/content/output.png").resize((1000, 1000)).convert("L") # Pastikan grayscale

# Pisahkan channel warna dari gambar asli
r, g, b = cover_img_color.split()
r_array = np.array(r)
water_array = np.array(watermark_img)

# Sisipkan watermark ke channel merah
for i in range(1000):
    for j in range(1000):
        r_bin = list(bin(r_array[i, j])[2:].zfill(8)) # ambil 8 bit
        r_bin[-1] = '1' if water_array[i, j] == 255 else '0' # LSB
        r_array[i, j] = int("".join(r_bin), 2)

# Gabungkan kembali channel dengan watermark disisipkan
r_new = Image.fromarray(r_array.astype('uint8'))
watermarked_color_image = Image.merge("RGB", (r_new, g, b))

# Simpan hasil
output_path = "/content/Watermarked_Color_Image_Final.png"
watermarked_color_image.save(output_path)

output_path
```

Tahap ini sama seperti sebelumnya akan tetapi watermarknya disisipkan ke channel merah (R) dari gambar berwarna kemudian simpan gambar.

10. Berikut hasil gambar setelah disisipi watermark (berwarna)

Hasil Gambar Setelah Disisipi Watermark (Berwarna)



Meskipun gambar watermark tidak kelihatan akan tetapi gambar ini sebenarnya mempunyai gambar watermark di dalamnya dan hanya bisa dilihat menggunakan oleh alat tertentu. Hal ini juga yang disebut watermark invisible.

Berikut diagram alur untuk Discrete Wavelet Transform (DWT) dalam proses watermarking di python

Mulai

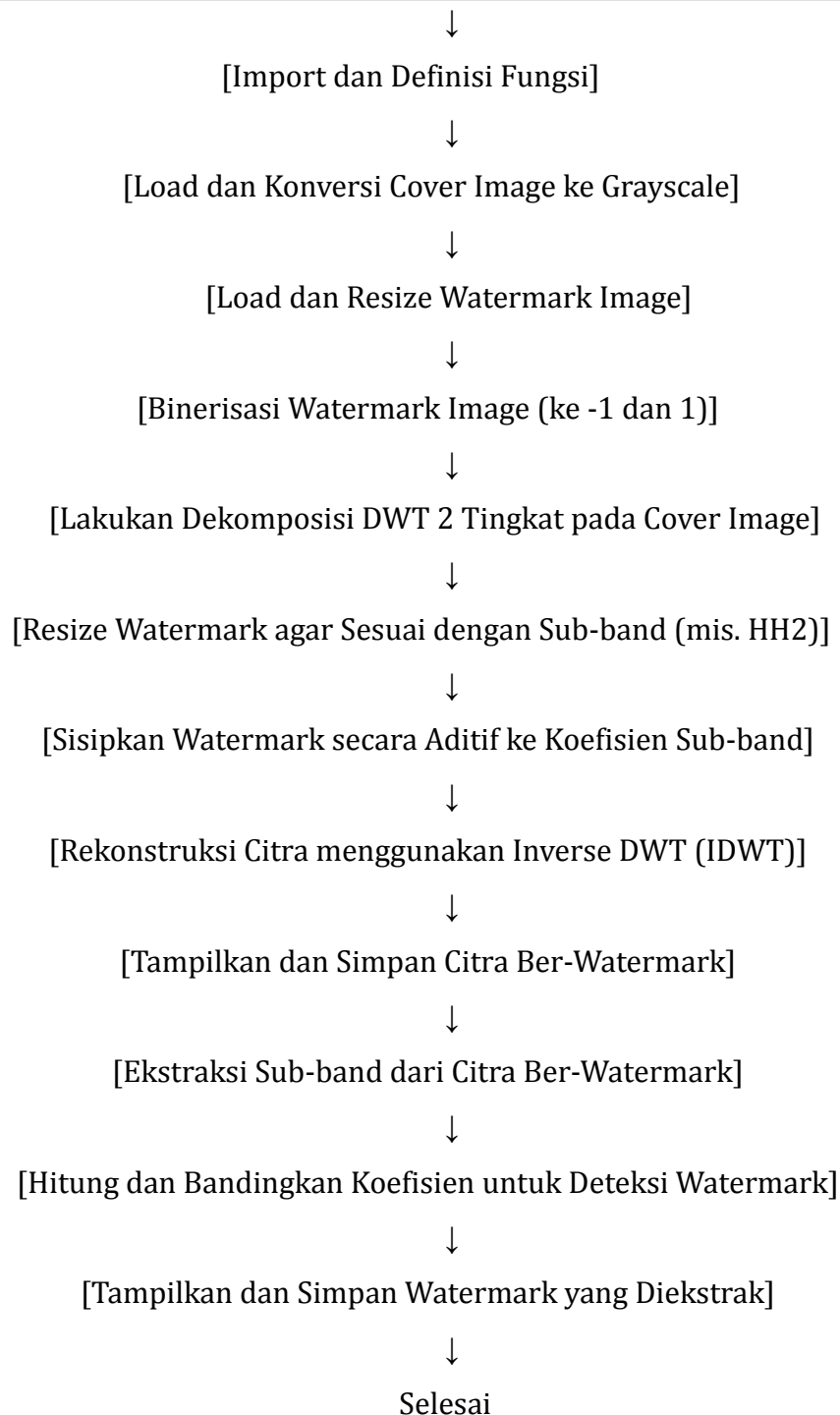


**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA**

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id



Berikut penjelasan langkah- langkahnya. Langkah langkah ini didapat dari referensi utama dari studi Hasanah, R dkk. (2021) [5]. Selain itu, langkah langkah proyek ini juga dari berbagai referensi lain.

1. Import library



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

```
import cv2
import numpy as np
import pywt
import matplotlib.pyplot as plt
```

Bagian ini berisi pustaka-pustaka Python yang dibutuhkan. cv2 (OpenCV) berfungsi untuk membaca serta memproses gambar. numpy merupakan pustaka numerik yang memungkinkan pengolahan array secara efisien. pywt adalah pustaka untuk transformasi wavelet, yang digunakan di sini untuk melaksanakan DWT (Discrete Wavelet Transform) dan IDWT. matplotlib.pyplot digunakan untuk menampilkan gambar dengan visualisasi yang sederhana.

2. Fungsi konversi watermark ke biner

```
def watermark_to_binary(img):
    grayscale = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    binary = np.where(grayscale < 128, -1, 1)
    return binary
```

Fungsi watermark_to_binary mengubah gambar watermark menjadi format biner, tetapi dalam bentuk -1 dan 1, sehingga bukan 0 dan 1. Pertama, gambar diubah menjadi grayscale agar hanya memiliki 1 saluran (intensitas cahaya). Selanjutnya, tiap piksel dibandingkan dengan batas nilai 128. Piksel yang lebih gelap dari 128 akan menjadi -1, sedangkan yang lebih cerah akan menjadi 1. Format ini biasa digunakan dalam teknik watermarking aditif sehingga tanda air dapat ditambahkan dan dikurangi dari koefisien frekuensi.

3. Membaca dan menyiapkan gambar

```
# Load gambar asli dan watermark
img_asli = cv2.imread('/content/Dataset steganografi dan watermarking (Kim Se-jeong).jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
img_watermark = cv2.imread('/content/Citra Label Watermark.png')
```

Bagian ini memuat dua gambar dari penyimpanan: gambar utama (img_asli) dan gambar watermark (img_watermark). Gambar asli dibaca secara langsung dalam mode grayscale karena hanya akan diproses berdasarkan intensitas. Sementara itu, gambar watermark dibaca dalam mode warna standar BGR, lantaran akan diubah menjadi grayscale secara manual dalam fungsi watermark_to_binary.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

4. Resize watermark dan konversi ke biner

```
# Resize watermark ke 1/4 ukuran gambar asli
h, w = img_asli.shape
img_watermark = cv2.resize(img_watermark, (w//4, h//4))
W = watermark_to_binary(img_watermark)
```

Gambar watermark disesuaikan ukurannya hingga seperempat dari ukuran gambar aslinya agar tidak terlalu besar dan cocok untuk dimasukkan ke dalam sub-band frekuensi tinggi (yang berukuran lebih kecil). Setelah itu, watermark diubah menjadi format biner W dengan menggunakan fungsi yang telah didefinisikan sebelumnya.

5. Dekomposisi DWT 2-tingkat

```
# Dekomposisi 2-level DWT
coeffs = pywt.wavedec2(img_asli, wavelet='haar', level=2)
```

Gambar asli diuraikan dengan menggunakan transformasi wavelet diskrit setingkat 2. Gelombang jenis 'haar' dipilih karena merupakan yang paling dasar dan umum digunakan dalam watermarking. Hasil dekomposisi adalah koefisien wavelet multi-resolusi, yang terdiri dari satu aproksimasi dan beberapa detail di setiap level.

6. Pemisahan Koefisien DWT

```
# Uraikan koefisien
cA2, details_level2, details_level1 = coeffs
cH2, cV2, cD2 = details_level2
```

Koefisien hasil DWT terbagi menjadi tiga komponen utama: cA2 (aproksimasi di level kedua), details_level2 (detail horizontal, vertikal, dan diagonal pada level 2), dan details_level1 (detail pada level 1). cD2 merupakan sub-band HH2 (frekuensi tinggi horizontal dan vertikal), dan menjadi lokasi yang umum digunakan untuk menyisipkan watermark karena tidak banyak mempengaruhi persepsi visual.

7. Menyesuaikan ukuran watermark dengan sub-band

```
# Resize watermark ke ukuran cD2 (HH2)
W_resized = cv2.resize(W.astype(np.int8), (cD2.shape[1], cD2.shape[0]), interpolation=cv2.INTER_NEAREST)
```



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

Watermark W diubah ukurannya agar sesuai dengan dimensi cD2, sub-band di mana watermark akan dimasukkan. Gunakan interpolasi INTER_NEAREST sehingga nilai -1 dan 1 tetap tidak berubah setelah interpolasi.

8. Penyisipan watermark secara aditif

```
# Sisipkan watermark ke HH2
alpha = 0.1
cD2_marked = cD2 + alpha * W_resized
```

Watermark dimasukkan ke sub-band HH2 (cD2) secara aditif, yaitu dengan menambahkan W_resized ke cD2 menggunakan penguatan alpha sebagai faktor kekuatan embedding. Nilai alpha = 0.1 dipilih supaya watermark dapat terlihat dengan jelas saat diekstrak, namun tidak terlalu mengganggu gambar asli.

9. Rekonstruksi Gambar dengan DWT

```
# Gabungkan kembali semua koefisien (struktur tuple asli)
details_level2_marked = (cH2, cV2, cD2_marked)
coeffs_marked = (cA2, details_level2_marked, details_level1)

# Rekonstruksi citra
watermarked_img = pywt.waverec2(coeffs_marked, wavelet='haar')
watermarked_img = np.clip(watermarked_img, 0, 255).astype(np.uint8)
```

Setelah watermark ditambahkan ke cD2, struktur koefisien diatur ulang dan dilakukan DWT invers untuk memperoleh kembali gambar dalam bentuk spasial (ruang piksel). Tahapan ini menghasilkan gambar yang memiliki watermark. Hasilnya diubah ke tipe uint8 dan dipotong agar nilai piksel tetap berada dalam rentang 0–255.

10. Visualisasi hasil



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

```
# Tampilkan hasil
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.imshow(img_asli, cmap='gray')
plt.title('Gambar Asli')
plt.axis('off')

plt.subplot(1, 2, 2)
plt.imshow(watermarked_img, cmap='gray')
plt.title('Citra Ber-Watermark')
plt.axis('off')
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Gambar asli dan gambar yang mengandung watermark ditampilkan bersebelahan untuk perbandingan visual. Ini berguna untuk menilai seberapa besar perbedaan di antara keduanya, serta seberapa tidak tampak (imperceptible) watermark-nya.

Berikut adalah hasil dari gambar asli dan gambar setelah diberi watermark



11. Penyimpanan gambar hasil

```
# Simpan hasil
cv2.imwrite("citra_ber_watermark.png", watermarked_img)
```

Akhirnya, gambar yang telah disisipkan watermark disimpan dalam format PNG ke penyimpanan lokal sehingga dapat digunakan untuk langkah selanjutnya, seperti ekstraksi watermark atau pengujian ketahanan terhadap manipulasi.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

3. Daftar Pustaka

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan, mengikuti format APA. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka. Pustaka yang disitasi maksimal 8 tahun terakhir sebanyak minimal 10 pustaka.

- [1]. Aberna, P., & Agilandeewari, L. (2024). Digital image and video watermarking: methodologies, attacks, applications, and future directions. *Multimedia Tools and Applications*, 83(2), 5531-5591.
- [2]. Dixit, A. (2024). Basics of image analysis and manipulation using Python. In *Image Processing with Python: A practical approach* (pp. 1-1). Bristol, UK: IOP Publishing.
- [3]. Gorle, R., & Guttavelli, A. (2024). A novel dynamic image watermarking technique with features inspired by quantum computing principles. *AIP Advances*, 14(4).
- [4]. Nadim, M. (2022). Protection of Creative Rights Through Digital Image Watermarking..
- [5]. Hasanah, R., Gani, M. N., Hanifatunnisa, R., & Nafila, N. Z. (2021). Implementasi Deteksi Adaptif Watermark Berbasis Domain Transformasi Wavelet.
- [6]. Vanda, Y., & Cahyono, S. A. (2005). DIGITAL IMAGE WATERMARKING (DIW) YANG TAHAN TERHADAP TRANSFORMASI GEOMETRIS (Digital Image watermarking (DIW) Robust to Geometric Transformations). *Teknosains*, 18(2005).
- [7]. Sulistyowati, S. D., Novamizanti, L., & Budiman, G. (2024). Penerapan Polar Harmonic Transform dalam Robust Reversible Watermarking pada Citra Berwarna. *eProceedings of Engineering*, 11(6), 6056-6061.
- [8]. JABBAR, A. (2019). *MEKANISME REMOVABLE WATERMARKING MELALUI METODE SUBSAMPLING MENGGUNAKAN METODE TRANSFORMASI WAVELET DISKRIT* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Nurdin, H., Zarlis, M., & Nababan, E. B. (2016). Teknik Watermarking Adaptif Menggunakan Genetic Algorithm. *Jurnal Inotera*, 1(1), 64-70.
- [9]. Nurdin, H., Zarlis, M., & Nababan, E. B. (2016). Teknik Watermarking Adaptif Menggunakan Micro Genetic Algorithm. *Jurnal Inotera*, 1(1), 64-70.
- [10]. Wadhera, S., Kamra, D., Rajpal, A., Jain, A., & Jain, V. (2022). A comprehensive review on digital image watermarking. arXiv preprint arXiv:2207.06909.
- [11]. Johnson, N. F., & Jajodia, S. (1998). Exploring steganography: Seeing the unseen. *Computer*, 31(2), 26-34.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id

- [12]. Kanagaraj, H., & Christo, B. N. (2024). Enriched cloud computing data security through a triple level encryption model for healthcare systems. *International Journal of Cloud Computing*, 13(6), 566-580.
- [13]. Febriani, S. R., & Irawati, D. C. (2017). Implementasi Digital Watermarking pada Citra Menggunakan Metode Least Significant Bit. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 21(3).
- [14]. Sun, N., Fang, H., Lu, Y., Zhao, C., & Ling, H. (2025, April). END²: Robust Dual-Decoder Watermarking Framework Against Non-Differentiable Distortions. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 39, No. 1, pp. 773-781).
- [15]. Lydia, E. L., Raj, J. S., Pandi Selvam, R., Elhoseny, M., & Shankar, K. (2021). Application of discrete transforms with selective coefficients for blind image watermarking. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32(2), e3771.
- [16]. Mohammed, A. O., Hussein, H. I., Mstafa, R. J., & Abdulazeez, A. M. (2023). A blind and robust color image watermarking scheme based on DCT and DWT domains. *Multimedia Tools and Applications*, 82(21), 32855-32881.
- [17]. Alveda, A., & Rakhmawati, L. (2024). Penyisipan Watermark Menggunakan Metode LSB (Least Significant Bit) untuk Autentikasi Citra Medis. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 13(3), 273-280.

LAMPIRAN

Berikut beberapa hasil gambar dari code yang sudah dibuat dari teknik lsb

1. Hasil dari tahap membaca dan menyiapkan gambar asli



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

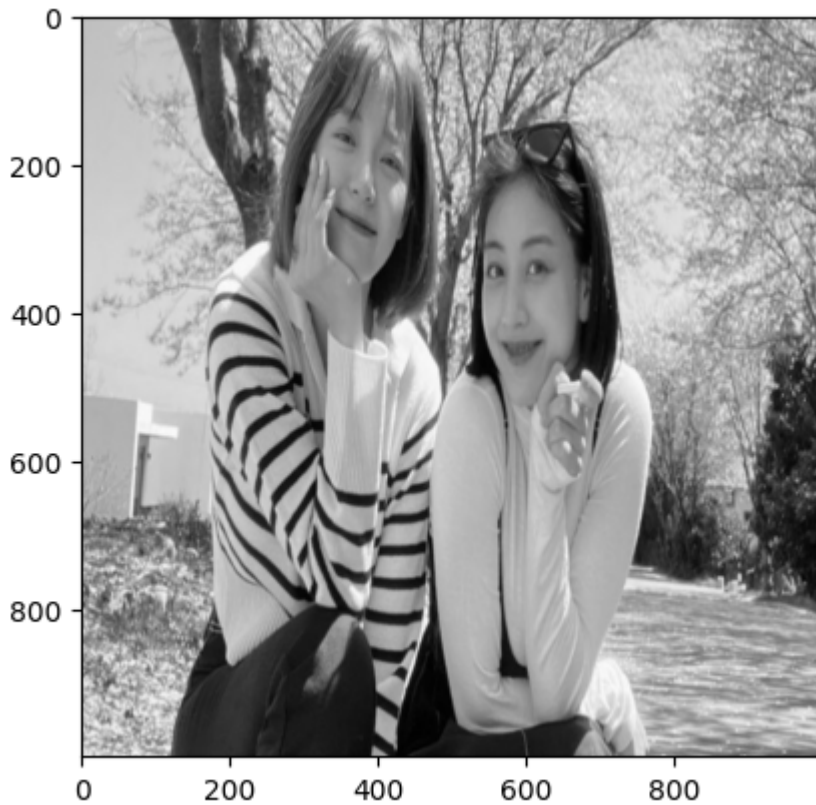
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id



2. Hasil dari tahap membaca dan menyiapkan gambar watermark



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

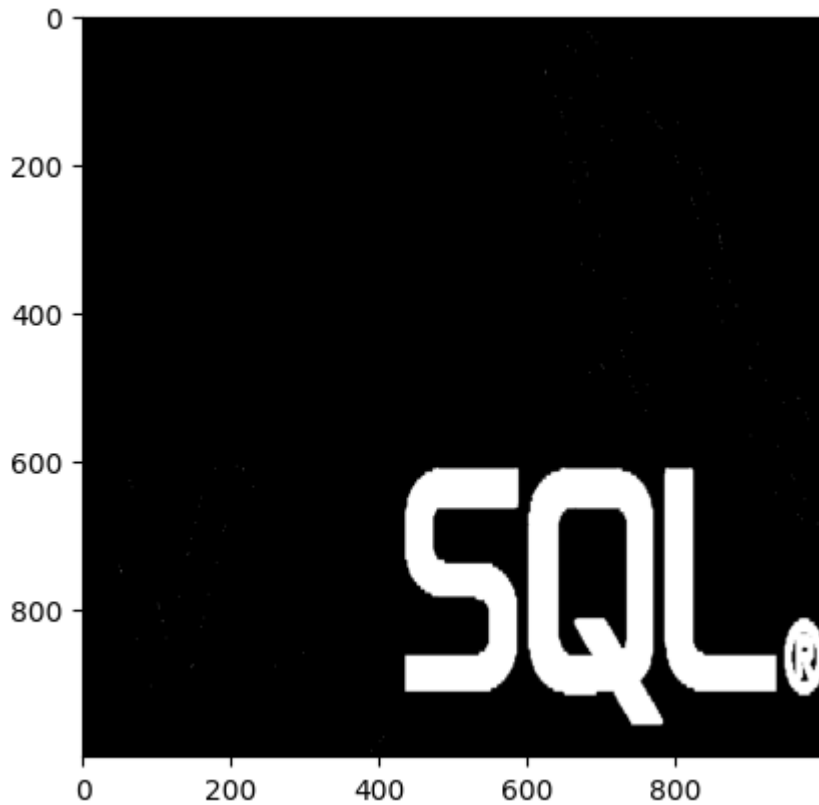
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id



3. Hasil dari tahap penyisipan watermark



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

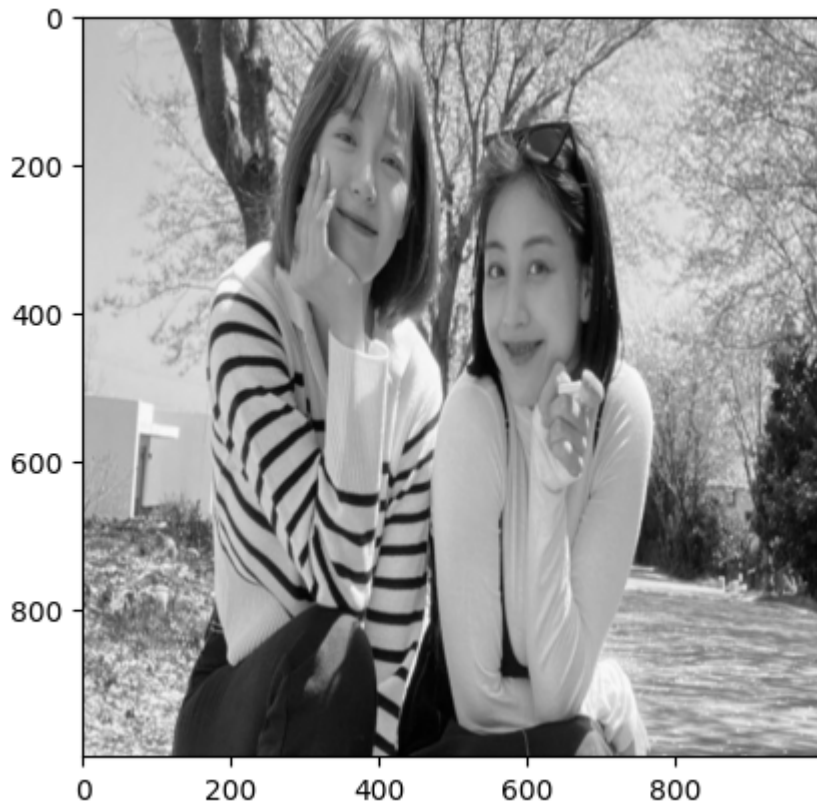
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id



4. Hasil dari tahap ekstraksi watermark dari gambar terenskripsi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

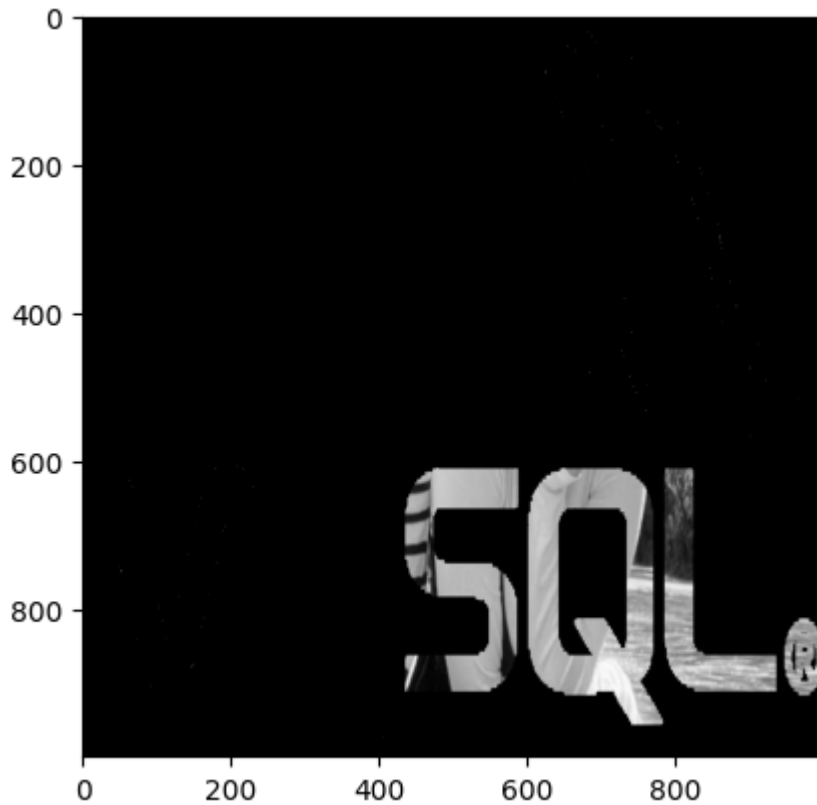
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id



5. Hasil dari watermarking image hitam putih



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

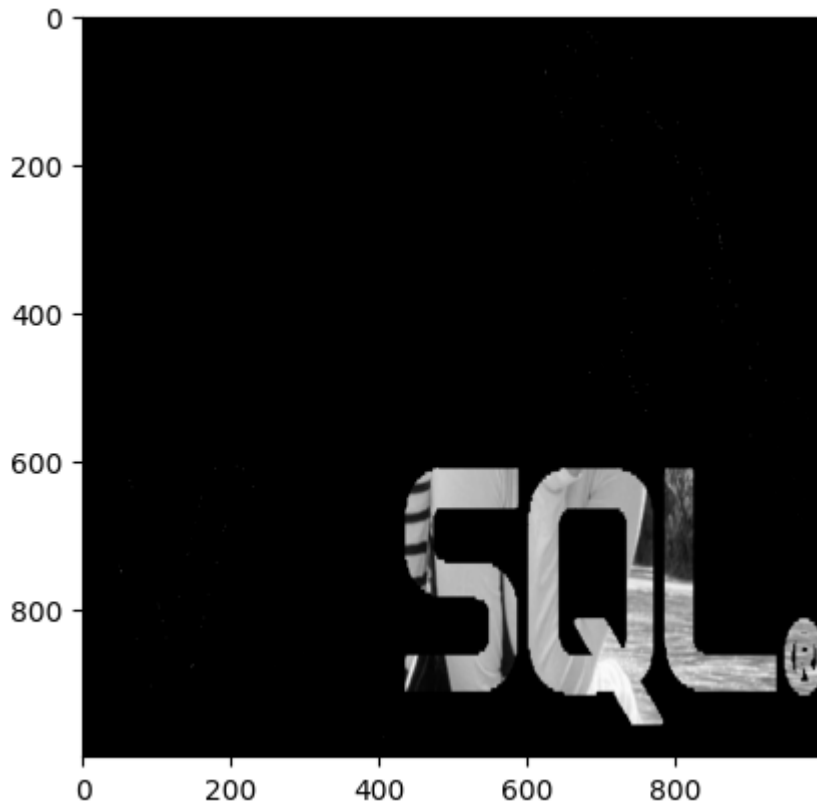
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id





KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENDIDIKAN ALAM

PROGRAM STUDI S1 SAINS DATA

Kampus Ketintang, Jalan Ketintang, Surabaya 60213

Laman: <https://datascience.unesa.ac.id>, email: datascience@unesa.ac.id