

# Penerapan Operasi Morfologi Citra untuk Memecahkan Citra CAPTCHA

Dewana Gustavus Haraka Otang (13521173)

Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
E-mail (gmail): 13521173@std.stei.itb.ac.id

**Abstract**—Pesatnya perkembangan teknologi komunikasi digital, termasuk Internet of Things (IoT), mempermudah akses internet, namun juga menghadirkan tantangan dalam keamanan jaringan, terutama pada aplikasi web yang sering menjadi sasaran serangan bot otomatis. CAPTCHA digunakan untuk membedakan pengguna manusia dari bot, tetapi kemajuan dalam teknologi AI dan Computer Vision memungkinkan bot untuk memecahkan CAPTCHA dengan akurasi tinggi. Makalah ini membahas penerapan operasi morfologi citra dan Optical Character Recognition (OCR) untuk memecahkan CAPTCHA berbasis teks, dengan langkah-langkah prapemrosesan seperti Gaussian blur, binarisasi, dan penutupan untuk meningkatkan keterbacaan teks. Eksperimen pada dataset CAPTCHA menunjukkan bahwa langkah-langkah ini meningkatkan akurasi OCR dari 29% menjadi 64%, menegaskan pentingnya pemrosesan citra dalam memperkuat sistem CAPTCHA dan mengembangkan solusi keamanan yang lebih andal terhadap serangan otomatis.

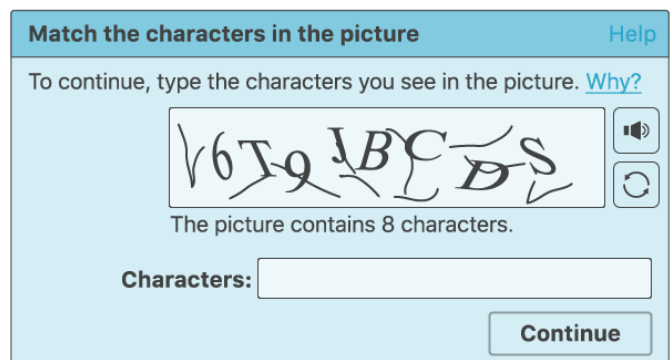
**Keywords**—CAPTCHA, Cyber Security, Bots, Image Processing, Machine Learning

## I. PENDAHULUAN

Pada era digital saat ini, internet telah menjadi moda komunikasi utama seiring dengan berkembangnya teknologi seperti *Internet of Things* (IoT). Dengan semakin terjangkaunya sarana dan prasarana komunikasi digital saat ini, menyebabkan teknologi komunikasi menjadi lebih mudah diakses oleh berbagai kalangan. Namun, pesatnya perkembangan ini memunculkan tantangan baru dalam aspek keamanan jaringan yang perlu diperhatikan oleh pengembang aplikasi khususnya aplikasi web yang berkaitan langsung dengan penggunaan internet secara masif. Keamanan ini menjadi perhatian utama bagi pengembang aplikasi, terutama dalam menjaga sistem dari potensi ancaman dan penyalahgunaan.

Seiring dengan berkembangnya pengguna website, dibutuhkan tenaga komputasi sistem yang besar untuk dapat menangani tingginya trafik yang masuk. Tenaga komputasi sistem dapat terganggu ketika diakses secara masif oleh perangkat otomatis seperti bot. Oleh karena itu, pengelolaan beban sistem dengan baik sangat penting untuk menjaga kinerja dan stabilitas website. Salah satu metode yang diterapkan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan sistem pertahanan yang dapat membedakan antara pengguna manusia dan bot otomatis.

Tujuan utama dari sistem pertahanan ini adalah untuk mencegah *downtime* akibat beban akses yang berlebihan dan memastikan *availability* bagi pengguna yang sah. Salah satu sistem keamanan yang banyak digunakan untuk membedakan pengguna manusia dan bot adalah CAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart). Dalam sistem keamanan CAPTCHA, pengguna akan diberikan kuis singkat berupa gambar atau audio yang harus diselesaikan dengan benar untuk dapat melanjutkan akses ke sistem. CAPTCHA telah menjadi salah satu lapisan proteksi yang sangat umum digunakan untuk mencegah otomatisasi yang tidak diinginkan.



Gambar 1. Contoh CAPTCHA

Namun, seiring dengan berkembangnya teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Vision* (CV), kemampuan perangkat otomatis untuk mengatasi CAPTCHA semakin meningkat. Program berbasis AI dan CV kini mampu memecahkan tantangan CAPTCHA dengan akurasi yang semakin baik, sehingga memunculkan kebutuhan untuk pengembangan metode pertahanan yang lebih tangguh dan inovatif. Oleh karena itu, penting untuk terus mengembangkan teknik yang lebih efektif dalam menghadapi ancaman ini, guna memastikan keamanan jaringan dan mencegah potensi penyalahgunaan.

Makalah ini akan membahas metode pemecahan CAPTCHA dengan memanfaatkan teknik pemrosesan citra. Dengan adanya makalah ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai masalah keamanan jaringan serta dapat menjadi bahan edukasi bagi pengembang sistem keamanan CAPTCHA selanjutnya.

## II. LANDASAN TEORI

### A. CAPTCHA

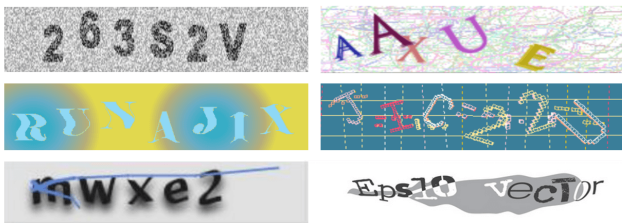
CAPTCHA (Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart) adalah jenis tes yang dirancang untuk membedakan apakah pengguna suatu layanan adalah manusia atau program komputer (bot). Tes ini digunakan untuk mencegah penyalahgunaan layanan secara otomatis. CAPTCHA memastikan bahwa interaksi yang dilakukan di situs web atau aplikasi berasal dari manusia, bukan perangkat lunak otomatis yang mencoba meniru perilaku manusia.

Umumnya, CAPTCHA meminta pengguna untuk melakukan tugas yang mudah bagi manusia, namun sulit bagi bot, seperti mengenali huruf, angka, atau objek tertentu dalam gambar. Tujuan utama CAPTCHA adalah untuk mencegah berbagai jenis serangan otomatis yang dapat merugikan ketersediaan atau integritas layanan.

Terdapat beberapa jenis CAPTCHA yang dapat digunakan untuk membedakan manusia dengan bot. Beberapa jenis CAPTCHA yang umum adalah sebagai berikut:

#### 1. CAPTCHA berbasis teks

CAPTCHA berbasis teks adalah jenis CAPTCHA yang paling klasik dan sering ditemukan di berbagai website. CAPTCHA jenis ini akan meminta pengguna untuk mengetikkan teks yang terlihat pada gambar yang dihasilkan secara acak. Gambar ini biasanya berisi huruf dan angka yang dibaurkan dengan latar belakang yang memiliki garis atau distorsi untuk menyulitkan bot dalam mengenali teks tersebut.



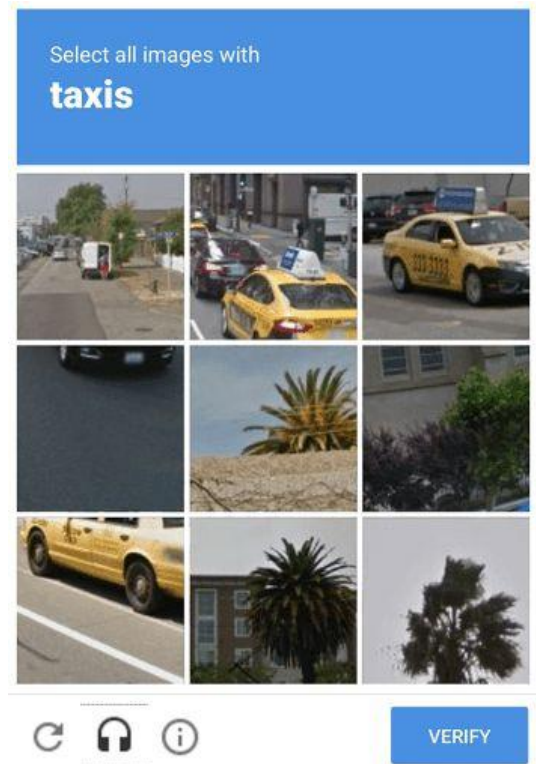
Gambar 2. Contoh CAPTCHA berbasis teks

CAPTCHA jenis ini memiliki kelebihan dalam segi kesederhanaan dan kemudahan untuk di implementasikan. Kelemahan CAPTCHA jenis ini adalah perkembangan teknologi pengenalan karakter serta AI yang semakin memudahkan peretasan CAPTCHA. Dengan banyaknya distorsi yang diterapkan demi mengurangi akurasi AI juga dapat menimbulkan kesulitan bagi manusia dalam membaca tantangan CAPTCHA yang diberikan.

#### 2. CAPTCHA berbasis gambar

CAPTCHA berbasis gambar adalah jenis CAPTCHA yang menggunakan gambar atau gambar seleksi untuk membedakan manusia dan bot. Jenis CAPTCHA ini menguji kemampuan pengenalan visual manusia untuk memilih atau mengenali objek tertentu di dalam gambar. Biasanya, pengguna diminta untuk memilih gambar

berdasarkan kategori tertentu atau untuk mencocokkan gambar dengan instruksi tertentu.



Gambar 3. Contoh CAPTCHA berbasis gambar

CAPTCHA jenis ini memiliki kelebihan dalam segi pertahanan karena tantangan yang diberikan lebih kompleks sehingga lebih sulit untuk membuat program pemecahan secara otomatis. Kelemahan CAPTCHA jenis ini juga terdapat pada perkembangan teknologi AI dan pemanfaatan *Computer Vision* untuk membantu bot dalam melakukan pengenalan objek.

#### 3. CAPTCHA berbasis audio

CAPTCHA berbasis audio adalah jenis CAPTCHA yang dirancang untuk mengidentifikasi manusia dengan menggunakan suara. CAPTCHA ini biasanya digunakan untuk memberikan alternatif bagi pengguna yang memiliki keterbatasan penglihatan atau kesulitan dalam membaca teks pada CAPTCHA berbasis gambar. Pengguna akan diminta untuk mendengarkan sebuah rekaman suara yang berisi huruf, angka, atau kata-kata yang diucapkan dan kemudian diminta untuk mengetikkan apa yang didengarnya.



Gambar 4. Contoh CAPTCHA berbasis audio

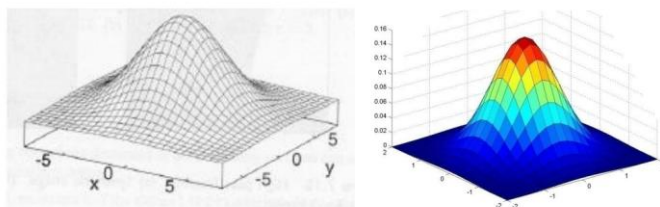
CAPTCHA jenis ini memiliki kelebihan dalam segi aksesibilitas pengguna serta pertahanan yang lebih aman karena tantangan lebih sulit diotomatisasi. Kelemahan CAPTCHA jenis ini juga terdapat pada perkembangan teknologi AI yang sudah mahir melakukan *speech recognition* sehingga memungkinkan dibuatnya pemecahan CAPTCHA berbasis audio secara otomatis. Kenyamanan pengguna dapat menjadi masalah ketika menyelesaikan CAPTCHA jenis ini apabila audio yang tersedia sulit dipahami atau pengguna kesulitan untuk memahami suara karena lingkungan yang sedang bising.

### B. Gaussian Blur

Gaussian blur adalah salah satu teknik pemrosesan citra yang digunakan untuk menghaluskan citra dengan cara mengaburkan detail atau derau yang ada di dalam citra tersebut. Teknik ini menggunakan fungsi distribusi normal (Gaussian distribution) untuk menghitung nilai piksel baru berdasarkan nilai piksel di sekitarnya.

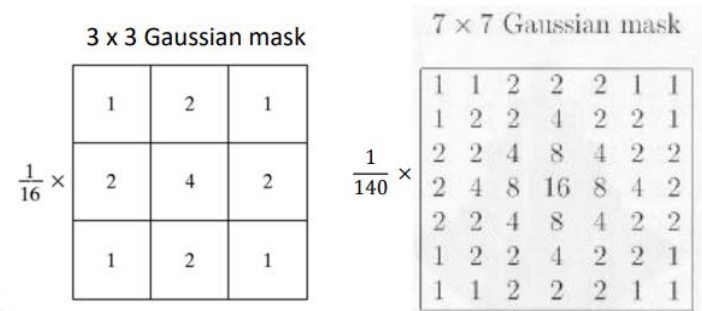
Secara matematis, Gaussian blur diterapkan menggunakan kernel atau matriks filter yang memiliki bentuk distribusi Gaussian. Filter ini akan mengaburkan atau menghaluskan citra dengan cara menghitung rata-rata tertimbang dari nilai piksel dalam area tetangga, di mana bobotnya lebih besar pada piksel yang lebih dekat dengan pusat filter.

$$G_{\sigma}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)$$



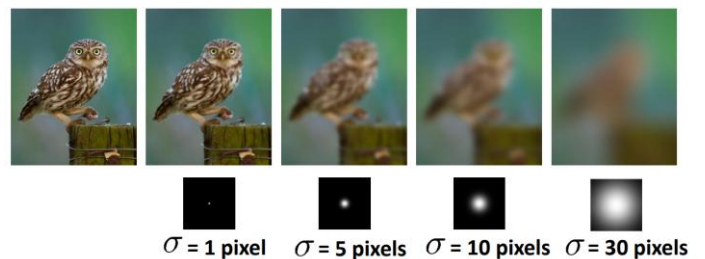
Gambar 5. Fungsi Gaussian dan distribusi Gaussian

Pada penerapannya, Gaussian blur menggunakan filter kernel berbentuk matriks yang dipilih berdasarkan ukuran dan standar deviasi  $\sigma$ . Filter ini akan diterapkan pada setiap piksel citra, di mana nilai piksel yang baru dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian antara nilai piksel citra dan bobot Gaussian yang sesuai pada posisi tersebut. Matriks ini merupakan contoh dari kernel Gaussian yang memiliki bobot lebih besar di tengah dan berkurang di luar, sesuai dengan sifat distribusi normal.



Gambar 6. Matriks filter Gaussian

Gaussian blur memiliki berbagai penerapan penting dalam ranah pemrosesan citra. Salah satu penerapan yang utama adalah untuk mengurangi derau pada citra. Derau ini dapat muncul akibat berbagai faktor, seperti kesalahan sensor, interferensi, atau kondisi pengambilan gambar yang kurang ideal. Dengan menerapkan Gaussian blur, derau dapat diredam tanpa menghilangkan informasi penting dalam citra. Selain itu, Gaussian blur juga digunakan sebagai tahap preprocessing dalam algoritma deteksi tepi. Pengaburan ini membantu menghaluskan citra terlebih dahulu sebelum proses deteksi tepi dilakukan, sehingga mengurangi kemungkinan deteksi tepi yang salah akibat derau atau ketidakteraturan kecil dalam citra.



Gambar 7. Contoh penerapan Gaussian blur

Meskipun Gaussian blur memiliki banyak kelebihan, terdapat beberapa kekurangan, seperti potensi hilangnya detail penting, terutama jika filter Gaussian yang digunakan terlalu besar atau standar deviasi terlalu tinggi. Hal ini dapat mengaburkan detail pada tepi yang tajam, yang berdampak negatif pada beberapa aplikasi, seperti pengenalan objek. Meskipun demikian, penerapan Gaussian blur tetap menjadi teknik yang efektif dan banyak digunakan dalam pemrosesan citra.

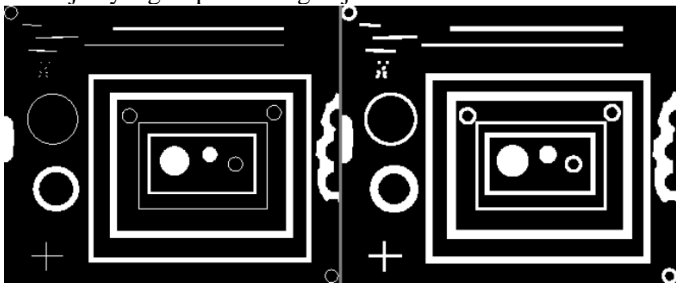
### C. Operasi Morfologi Citra

Operasi morfologi citra adalah serangkaian operasi yang digunakan dalam pengolahan citra digital untuk memanipulasi bentuk atau struktur objek dalam citra. Operasi ini sangat berguna dalam pengolahan citra biner yaitu citra yang hanya terdiri atas warna hitam dan putih. Berikut adalah penjelasan mengenai beberapa operasi morfologi citra yang umum digunakan:

#### 1. Dilatasi

Dilatasi adalah operasi yang menambah objek dalam citra. Secara teknis, erosi menambah piksel pada tepi objek. Proses ini dilakukan dengan menempatkan elemen struktural pada citra dan memindahkannya di seluruh citra.

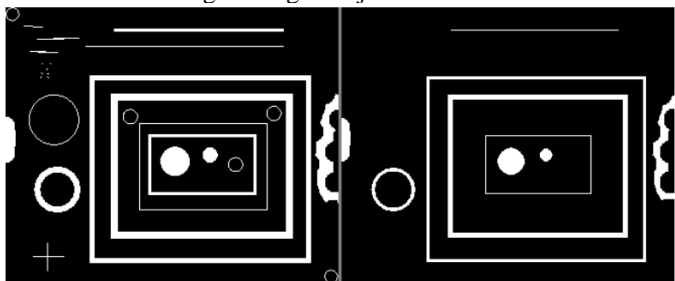
Jika terdapat nilai pada elemen struktural dalam area citra, maka piksel tersebut akan ditambahkan pada citra hasil. Tujuan melakukan operasi dilatasi adalah menghubungkan objek yang terpisah dengan jarak kecil.



Gambar 8. Contoh citra sebelum dan sesudah dilakukan operasi dilatasi

## 2. Erosi

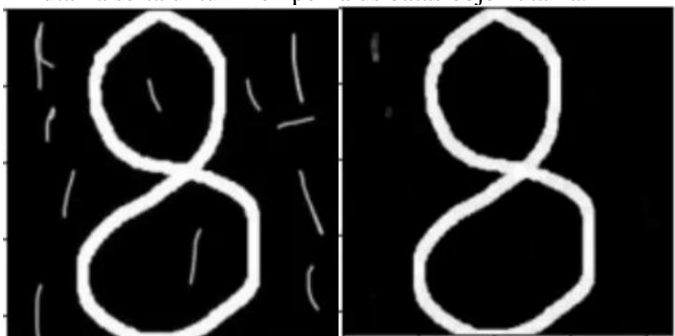
Erosi adalah operasi yang mengurangi objek dalam citra. Secara teknis, erosi menghilangkan piksel dari tepi objek. Proses ini dilakukan dengan menempatkan elemen struktural pada citra dan memindahkannya di seluruh citra. Jika elemen struktural pas dengan area citra, maka piksel tersebut tetap ada, namun jika ada bagian yang tidak pas, maka piksel tersebut akan hilang. Tujuan melakukan operasi erosi adalah untuk menghilangkan derau yang tidak berhubungan dengan objek utama.



Gambar 9. Contoh citra sebelum dan sesudah dilakukan operasi erosi

## 3. Pembukaan

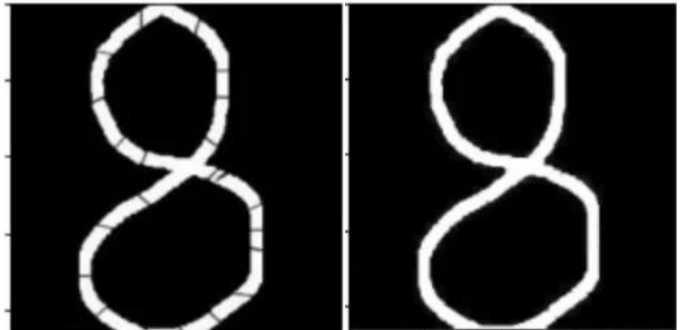
Pembukaan adalah operasi morfologi yang merupakan kombinasi dari operasi erosi diikuti oleh operasi dilatasi. Pertama, citra mengalami operasi erosi untuk menghilangkan derau dan objek kecil, kemudian operasi dilatasi dilakukan untuk mengembalikan objek utama setelah pengurangan ukuran. Tujuan melakukan operasi pembukaan adalah untuk menghilangkan derau kecil atau objek yang tidak diinginkan tanpa mengubah bentuk objek utama serta untuk memperhalus batas objek utama.



Gambar 10. Contoh citra sebelum dan sesudah dilakukan operasi pembukaan

## 4. Penutupan

Penutupan adalah operasi morfologi yang merupakan kombinasi dari operasi dilatasi diikuti oleh operasi erosi. Pertama, citra mengalami operasi dilatasi untuk memperbesar objek, kemudian operasi erosi dilakukan untuk mengembalikan objek utama setelah perbesaran ukuran. Tujuan melakukan operasi penutupan adalah untuk menutupi lubang kecil atau celah dalam objek.



Gambar 11. Contoh citra sebelum dan sesudah dilakukan operasi penutupan

## D. Optical Character Recognition

Optical Character Recognition (OCR) adalah teknologi yang digunakan untuk mengenali teks dalam gambar, dokumen yang dipindai, atau gambar yang berisi teks tangan, dan mengonversinya menjadi data teks yang dapat diedit, dicari, atau diproses lebih lanjut. Teknologi ini mengandalkan gabungan algoritma pemrosesan citra dan *Machine Learning* (ML) untuk mengidentifikasi dan mengekstrak teks dari gambar.

Proses OCR dimulai dengan teknik pemrosesan citra untuk mendeteksi dan mengisolasi area gambar yang mengandung teks. Tahap ini memanfaatkan teknik pemrosesan citra seperti penghalusan citra, deteksi tepi, dan segmentasi citra. Setelah area yang mengandung teks berhasil dipisahkan, algoritma *Machine Learning* digunakan untuk mempelajari pola-pola karakter dalam gambar dan memetakan pola tersebut ke karakter yang sesuai.

Teknologi OCR biasa digunakan untuk melakukan digitalisasi dokumen tertulis menjadi data yang dapat disimpan dalam komputer. Dengan adanya teknologi OCR memungkinkan otomatisasi pengolahan data dengan bentuk gambar. Contoh penerapan OCR yang sering dilakukan adalah mengonversi buku fisik menjadi e-book, dan deteksi plat nomor untuk keperluan smart parking atau tilang elektronik.

## III. METODE PENYELESAIAN MASALAH

Makalah ini akan berfokus pada pemecahan CAPTCHA berbasis teks dengan pemanfaatan OCR serta teknik pemrosesan citra sebagai pre-processing untuk meningkatkan hasil akurasi OCR. Teknologi OCR yang sudah ada akan dimanfaatkan untuk melakukan pengenalan teks yang terdapat pada citra CAPTCHA. Sebelum melakukan deteksi menggunakan OCR, citra CAPTCHA yang mengandung banyak derau dan distorsi akan dibersihkan terlebih dahulu

menggunakan beberapa teknik pemrosesan citra. Langkah-langkah pemrosesan citra yang dilakukan meliputi penerapan Gaussian blur untuk menghilangkan derau yang ada pada citra, diikuti dengan konversi citra menjadi citra biner agar dapat dilakukan operasi morfologi pada citra. Selanjutnya dilakukan operasi closing yang terdiri dari operasi dilatasi yang bertujuan menghilangkan celah yang disebabkan oleh derau citra lalu dilanjut dengan operasi erosi yang bertujuan mengembalikan ukuran citra serta menghilangkan distorsi pada citra.



Gambar 12. Citra CAPTCHA sebelum dan sesudah dilakukan pemrosesan

Pada Gambar 12 terlihat bahwa citra CAPTCHA memiliki banyak derau serta terdapat garis distorsi yang mempersulit pembacaan. Setelah dilakukan operasi closing pada citra, derau pada citra awal menjadi menghilang serta garis-garis teks menjadi lebih tebal akibat operasi closing.

#### IV. HASIL EKSPERIMEN DAN KESIMPULAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan dataset citra CAPTCHA yang diperoleh dari link [Kaggle](https://www.kaggle.com/datasets/abhishek1998/captcha). Dalam pengujian, program EasyOCR akan dijalankan terlebih dahulu untuk memprediksi teks CAPTCHA pada dataset yang tersedia. Hasil prediksi yang tidak sesuai dengan nilai sebenarnya akan dijadikan bahan pengujian untuk menyempurnakan hasil deteksi OCR menggunakan teknik pemrosesan citra.

Pada pengujian yang dilakukan, hasil prediksi yang dihasilkan oleh EasyOCR menunjukkan tingkat akurasi yang rendah, yaitu hanya sekitar 29%. Hal ini mengindikasikan bahwa model OCR standar belum mampu mengenali teks CAPTCHA dengan baik, yang mungkin disebabkan oleh faktor seperti derau dan distorsi yang terdapat pada citra CAPTCHA. Setelah dilakukan pemrosesan citra menggunakan teknik yang telah dijelaskan, hasil prediksi yang diperoleh meningkat secara signifikan dengan akurasi yang mencapai 64%. Ini menunjukkan bahwa pemrosesan citra dapat membantu dalam memperbaiki kualitas citra yang akan diolah oleh EasyOCR, sehingga dapat meningkatkan kemampuan model dalam mengenali teks pada citra CAPTCHA dengan lebih akurat.

Hasil eksperimen tersebut menunjukkan bahwa pemrosesan citra merupakan langkah yang sangat penting untuk meningkatkan akurasi dalam deteksi teks CAPTCHA menggunakan OCR. Hasil tersebut juga semakin menjelaskan

urgensi dibutuhkannya sistem keamanan CAPTCHA yang lebih kuat menahan serangan pemrosesan citra konvensional.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada orang tua, serta teman-teman yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis sehingga makalah ini dapat terselesaikan. Penulis juga tak lupa berterima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. selaku dosen mata kuliah Pemrosesan Citra Digital yang telah memberikan banyak ilmu dan motivasi dalam kegiatan perkuliahan. Terakhir, penulis memohon maaf apabila dalam penulisan makalah ini terdapat kesalahan baik disengaja maupun tidak disengaja. Penulis berharap makalah ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

#### REFERENSI

- [1] N. Tariq, F. A. Khan, S. A. Moqurab, and G. Srivastava, "CAPTCHA Types and Breaking Techniques: Design Issues, Challenges, and Future Research Directions." [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2307.10239>
- [2] N. T. Dinh and V. T. Hoang, "Recent advances of Captcha security analysis: a short literature review," *Procedia Computer Science*, vol. 218, pp. 2550–2562, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.229>.
- [3] Salindia kuliah IF4073 Pemrosesan Citra Digital

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 15 Januari 2024

Dewana Gustavus Haraka Otang  
13521173