

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN.....	v
KARYA ASLI TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR SOURCE CODE.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Tahapan Penelitian.....	3
1.6.1 Rencana dan Tahapan Penelitian	3
1.6.2 Metodologi Pengujian	4
1.6.3 Pengujian Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	6
TINJAUAN LITERATUR.....	6
2.1 Apa Itu CAPTCHA	6
2.2 Cara Kerja CAPTCHA (reCAPTCHA v2).....	6
2.3 Jenis-Jenis CAPTCHA	7
2.3.1 CAPTCHA Teks	7
2.3.2 CAPTCHA Gambar (Image CAPTCHA).....	9
2.3.3 Audio-based CAPTCHA	10
2.3.4 Math-based CAPTCHA.....	10
2.3.5 Slider CAPTCHA	11
2.3.6 Game-based CAPTCHA	11
2.3.7 Behavior-based CAPTCHA	12
2.4 ReCAPTCHA v2	12
2.5 Otomatisasi dan Deteksi Bot	13
2.6 Mitmproxy	14
2.7 Pillow.....	14

2.8	OpenCV (CV2).....	15
2.9	Pychrome.....	16
2.10	Large Language Model (LLM) Dengan GPT-4o.....	17
2.11	Kerangka Teoritik Penelitian	17
2.12	Penelitian Terdahulu	18
BAB III		20
METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	Pendekatan Umum Berbasis STLC	20
3.2	Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis)	20
3.3	Perencanaan Pengujian (Test Planning)	21
3.4	Perancangan Arsitektur dan Alur Proses	21
3.4.1	GPT-4o API, non-threaded	22
3.4.2	GPT-4o API, threaded.....	23
3.4.3	ChatGPT-4o web, non-threaded	23
3.4.4	ChatGPT-4o web, threaded.....	24
3.4.5	Interaksi pengguna (baseline).....	25
3.4.6	Skenario uji bot.....	25
3.4.7	Skenario uji manusia	26
3.5	Perancangan Kasus Uji dan Data (<i>Test Case Design and Test Data</i>)	26
3.6	Penyiapan Lingkungan Pengujian (Test Environment Setup).....	27
3.7	Eksekusi Pengujian (Test Execution)	27
3.8	Pengukuran, Validasi, dan Analisis.....	27
3.9	Penutupan Siklus Pengujian (Test Cycle Closure)	28
3.10	Ringkasan Bab.....	28
BAB IV.....		29
HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Implementasi	29
4.1.1	Situs Uji (Flask) dan Verifikasi reCAPTCHA.....	29
4.1.2	Inisialisasi Peramban Terkontrol (CDP) untuk Skenario AI.....	30
4.1.3	Hooking Stream Chat (pseudocode, non-operasional)	31
4.1.4	Injektor JS melalui CDP	32
4.1.5	Layanan Relay AI	32
4.1.6	Pencatat Respons Model.....	32
4.1.7	Peramban Terkontrol untuk Skenario Situs Uji	33
4.1.8	Skenario Otomatis: ChatGPT Web (Non-Threaded)	33
4.1.9	Skenario Otomatis: ChatGPT Web (Threaded)	34
4.1.10	Skenario Otomatis: OpenAI API (Non-Threaded)	34

4.1.11	Skenario Otomatis: OpenAI API (Threaded)	35
4.2	Hasil.....	35
4.3	Pembahasan	37
BAB V		39
PENUTUP		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State of the Art	18
Tabel 4.1 Sampel Data Terkumpul (ChatGPT Threaded).....	35
Tabel 4.2 Sampel Data Terkumpul (ChatGPT Non-Threaded)	35
Tabel 4.3 Sampel Data Terkumpul (OpenAI Threaded).....	35
Tabel 4.4 Sampel Data Terkumpul (OpenAI Non-Threaded)	36
Tabel 4.5 Sampel Data Terkumpul (Human).....	36
Tabel 4.6 Tabel hasil data	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar ReCAPTCHA Text (canaxess, 2017).....	7
Gambar 2.2 Gimpy (wallarm, 2025)	8
Gambar 2.3 Ez-Gimpy (Guerar, et al., 2021)	8
Gambar 2.4 Gimpy-r (wallarm, 2025).....	8
Gambar 2.5 Simard’s HIP (wallarm, 2025)	8
Gambar 2.6 Contoh <i>CAPTCHA</i> (Guerar, et al., 2021)	9
Gambar 2.7 Contoh CAPTCHA berbasis audio (wallarm, 2025)	10
Gambar 2.8 Contoh Math CAPTCHA (wallarm, 2025).....	10
Gambar 2.9 Ilustrasi Slider CAPTCHA (Wroblewski, 2010)	11
Gambar 2.10 Contoh Game-based CAPTCHA (Xu, et al., 2020).....	11
Gambar 2.11 Ilustrasi Behavior-based CAPTCHA (Guerar, et al., 2021).....	12
Gambar 2.12 Checkbox ReCAPTCHA v2 (Guerar, et al., 2021).....	13
Gambar 2.13 Gambar Puzzle ReCAPTCHA v2 (wallarm, 2025)	13
Gambar 2.14 Diagram Interaksi Mitmproxy (lucaslegname, 2020).....	14
Gambar 2.15: Grid CAPTCHA 3x3 Menjadi Format Indeks.....	15
Gambar 3.1 Software Testing Life Cycle	20
Gambar 3.2 Diagram GPT-4o API non-threaded	22
Gambar 3.3 Diagram GPT-4o API Threaded	23
Gambar 3.4 Diagram ChatGPT-4o and non-threaded	23
Gambar 3.5 Diagram ChatGPT-4o and Threaded	24
Gambar 3.6 Diagram User Interaction	25
Gambar 3.7 Diagram Skenario Uji Bot	25
Gambar 3.8 Diagram Skenario Uji Manusia	26

DAFTAR SOURCE CODE

Source Code 4.1.	backend Flask (verifikasi reCAPTCHA dan logging)	29
Source Code 4.2.	<i>client-side</i> (pencatatan waktu interaksi di browser):.....	30
Source Code 4.3.	inisialisasi Chrome (profil ChatGPT):	31
Source Code 4.4.	Hooking stream chat	31
Source Code 4.5.	injeksi JS via CDP	32
Source Code 4.6.	Pseudocode endpoint penerimaan gambar dan relay	32
Source Code 4.7.	Pencatat Respons	33
Source Code 4.8.	Inisialisasi Chrome (situs uji)	33
Source Code 4.9.	Alur Non-Threaded (highlight).....	33
Source Code 4.10.	Alur Threaded (highlight)	34
Source Code 4.11.	API Non-Threaded (highlight).....	34
Source Code 4.12.	API Threaded (highlight)	35