



PENERAPAN METODE FUZZY MAMDANI DALAM PENILAIAN KUALITATIF VISIBILITAS WARNA DAN KETERBACAAN TEKS PADA SISTEM DESAIN BERDASARKAN STANDAR AKSESIBILITAS WCAG 2.1

Muhammad Ali Pratama Putra¹, Akhmad Zaqi Riyadi², Rizki Purnomo Pratama³, M. Ridha Ansari Adriansyah⁴, Mouhammad Tariqoul Qalam⁵, Fadil Indra Sanjaya⁶

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta

email: muhammad.5220411416@student.uty.ac.id¹, akhmad.5220411433@student.uty.ac.id², rizki.5220411070@student.uty.ac.id³, ridha.5220411072@student.uty.ac.id⁴, mouhammad.5220411053@student.uty.ac.id⁵, fadil.Indra@staff.uty.ac.id⁶

Informasi Artikel	ABSTRACT
<p>Riwayat artikel : Disubmit : 15 Juni 2025 Direvisi : 17 Juni 2025 Diterima : 20 Juni 2025 Dipublikasi : 24 Juni 2025</p> <p>Keywords: Fuzzy Mamdani, Web Accessibility, WCAG 2.1, Color Visibility, Text Readability</p>	<p><i>Digital accessibility, particularly color visibility and text readability, is a critical pillar of inclusive interface design. However, conventional evaluations based on WCAG 2.1 standards are often quantitative and rigid, failing to capture the subjective nature of human visual perception. This study developed FuzzChecker, a web-based application utilizing the Fuzzy Mamdani method integrated with WCAG 2.1 to assess visual accessibility in design systems. It offers a human-centered, flexible approach compared to conventional deterministic methods. Using the waterfall development model, FuzzChecker processes input variables such as device dimensions, text size, luminosity, and saturation through fuzzification, rule-based inference, and centroid defuzzification. Deployed on Vercel, the application provides two outputs: WCAG-compliant contrast scores and contextual visibility scores based on device conditions. This fuzzy logic approach proved effective, enabling designers to create inclusive digital designs, particularly for users with visual impairments, in an intuitive and adaptive manner.</i></p>
<p>Kata Kunci: Fuzzy Mamdani, Aksesibilitas Web, WCAG 2.1, Visibilitas Warna, Keterbacaan Teks</p>	<p>ABSTRAK</p> <p>Aksesibilitas digital, khususnya visibilitas warna dan keterbacaan teks, menjadi elemen krusial dalam desain antarmuka yang inklusif. Namun, evaluasi konvensional berbasis WCAG 2.1 cenderung kuantitatif dan kaku, gagal menangkap persepsi visual manusia yang subjektif. Penelitian ini menghasilkan FuzzChecker, aplikasi web berbasis metode Fuzzy Mamdani yang mengintegrasikan standar WCAG 2.1 untuk mengevaluasi aksesibilitas visual pada sistem desain. Sistem ini menawarkan pendekatan human-centered yang lebih fleksibel dibandingkan metode konvensional yang bersifat deterministik. Dengan model pengembangan <i>waterfall</i>, FuzzChecker memproses variabel input seperti dimensi perangkat, ukuran teks, luminositas, dan saturasi melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi berbasis aturan, dan defuzzifikasi metode centroid. Aplikasi ini, yang telah di-deploy di Vercel, menghasilkan dua output: skor kontras sesuai WCAG dan visibilitas kontekstual berdasarkan kondisi perangkat. Pendekatan fuzzy logic ini efektif dalam membantu desainer menciptakan desain digital yang inklusif, terutama bagi pengguna dengan keterbatasan visual, secara intuitif dan adaptif.</p>





PENDAHULUAN

Desain antarmuka pengguna merupakan aspek fundamental dalam pengembangan perangkat lunak dan situs web modern. Salah satu tujuan utamanya adalah memastikan kemudahan akses bagi seluruh pengguna, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan penglihatan atau gangguan kognitif. Visibilitas warna dan keterbacaan teks menjadi komponen penting yang menentukan apakah suatu informasi dapat diterima dan diproses dengan baik oleh semua kalangan pengguna (Beier dkk., 2022).

Di Indonesia, sekitar 0,7% dari populasi menyandang buta warna yang disebabkan oleh faktor kelainan genetik. Persentase ini merupakan bagian dari total penduduk yang berjumlah 255 juta jiwa (Putra dkk., 2021). Kondisi ini menekankan pentingnya sistem desain digital yang inklusif secara visual. Di sisi lain, laporan WebAIM (2025) menemukan bahwa rata-rata 56,8 kesalahan per halaman dengan jumlah sampel satu juta halaman web yang dianalisis memiliki setidaknya satu masalah aksesibilitas.

Sebagai respons terhadap isu tersebut, *World Wide Web Consortium* (W3C) mengembangkan *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.1, sebuah standar global untuk memastikan aksesibilitas konten web. Standar ini mengatur prinsip desain berbasis POUR (*Perceivable, Operable, Understandable, dan Robust*) serta menetapkan ambang batas kontras warna minimum 4.5:1 untuk teks normal dan 3:1 untuk teks besar (Paul, 2023).

Namun, pendekatan yang digunakan dalam evaluasi aksesibilitas visual selama ini cenderung bersifat kuantitatif dan deterministik, berfokus pada pengukuran rasio kontras dan ukuran huruf (Fithriyaningrum dkk., 2022). Pendekatan ini belum sepenuhnya merepresentasikan cara manusia memproses informasi secara visual, yang pada dasarnya bersifat subjektif dan kontekstual. Misalnya, dua kombinasi warna dengan rasio kontras serupa dapat memberikan persepsi keterbacaan yang berbeda tergantung pada saturasi, pencahayaan, dan latar belakang.

Desain UI/UX yang berorientasi pada pengguna, sangat penting untuk menciptakan pengalaman visual yang mudah diakses (Rafiqh & Ismail, 2023). Pendekatan kuantitatif semata, seperti yang digunakan dalam analisis 42 situs web SMK di Indonesia yang mengungkap masalah kontras warna rendah dan kurangnya teks alternatif untuk konten non-teks, tidak cukup untuk mengevaluasi aksesibilitas web di Indonesia (Iskandar et al., 2023). Terdapat 80% situs web (24 dari 30 situs) tidak mendukung fitur seperti pengaturan kontras dan ukuran teks untuk pengguna tunanetra (Cahyahadi & Setiyawati, 2022). Sebaliknya, metode fuzzy mamdani, yang mampu menganalisis data subjektif dengan menyerupai pemikiran manusia seperti yang ditunjukkan dalam evaluasi penerimaan e-learning oleh mahasiswa ilmu komputer (Chrysafiadi et al., 2023), diperlukan untuk menilai visibilitas warna dan keterbacaan teks berdasarkan persepsi visual pengguna sesuai standar WCAG 2.1.





Untuk menjembatani kesenjangan antara pendekatan teknis dan persepsi manusia, metode logika fuzzy menjadi alternatif yang relevan, seperti yang ditunjukkan dalam evaluasi aksesibilitas situs web pemerintah dan swasta di AS menggunakan fuzzy *classifier* untuk mengidentifikasi hambatan seperti kurangnya teks alternatif pada tombol berbasis gambar (Simhadri & K, 2023). Logika fuzzy memodelkan penalaran manusia yang tidak eksak seperti metode Mamdani dikembangkan sebagai salah satu pendekatan sistem inferensi fuzzy yang paling banyak digunakan dalam pengambilan keputusan berbasis aturan linguistik (Putri & Saputro, 2021). Penelitian ini menjadi awal dalam menerapkan metode fuzzy mamdani untuk menilai visibilitas warna dan keterbacaan teks dalam desain sistem berbasis WCAG 2.1, mengisi kesenjangan antara evaluasi kuantitatif konvensional dan persepsi visual manusia yang subjektif. Tidak ditemukan penelitian sebelumnya yang secara spesifik mengintegrasikan metode ini untuk tujuan tersebut, terutama di Indonesia, di mana tantangan aksesibilitas digital masih signifikan, seperti yang ditunjukkan oleh analisis website pemerintah provinsi dalam penelitian Tri Lestari dkk. (2024).

Metode Fuzzy Mamdani memungkinkan pemrosesan input kualitatif seperti tinggi, sedang, atau rendah ke dalam sistem evaluasi yang lebih fleksibel. Penelitian Inal dkk. (2022) menganalisis aksesibilitas 356 situs web pemerintah kota di Norwegia dengan menggunakan dua alat evaluasi otomatis, WAVE dan TAW, untuk memeriksa kepatuhan terhadap pedoman WCAG yang salah satunya menyoroti masalah visibilitas warna melalui pengecekan kontras yang sangat rendah. Penelitian Rifanti dkk. (2023) telah berhasil menerapkan metode fuzzy mamdani dalam melakukan penilaian kualitatif terhadap hardskill dan softskill mahasiswa pada program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Mamdani dalam mengevaluasi visibilitas warna dan keterbacaan teks pada design system berbasis prinsip WCAG 2.1. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan kerangka penilaian kualitatif yang lebih manusiawi, adaptif, dan mendukung desain digital yang inklusif.

METODE PENELITIAN

1. Teknik Pengumpulan Data

Sumber data aturan aksesibilitas dalam penelitian ini mengacu pada *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.1 yang diterbitkan oleh *World Wide Web Consortium* (W3C) sebagai standar internasional untuk membuat konten web yang dapat diakses oleh semua pengguna, termasuk penyandang disabilitas. Tahap awal dalam pengembangan sistem ini adalah analisis kebutuhan. Semua persyaratan fungsional dan non-fungsional dari sistem yang akan dikembangkan dikumpulkan yaitu

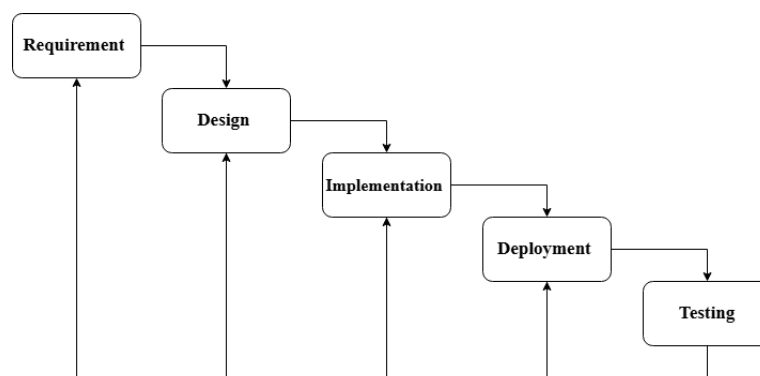




identifikasi fitur-fitur utama, alur kerja sistem, serta batasan-batasan teknis. Khususnya, persyaratan aksesibilitas akan menjadi fokus utama dengan mengacu pada prinsip-prinsip WCAG 2.1 (Fatimah dkk., 2023).

2. Metode Pengembangan

Metode pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan model *waterfall*. Metode *waterfall* adalah metode pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara berurutan dan terdiri dari 5 tahap yang saling berhubungan. Inti dari metode *waterfall* adalah bahwa setiap tahapan pekerjaan dilakukan secara bertahap atau linear. Para pengembang akan menulis kode berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan pada fase desain (Pujiady dkk., 2025). Alur *waterfall* dengan lengkap dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Waterfall* diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Requirement*

Sistem evaluasi aksesibilitas *website* berbasis *fuzzy logic* dirancang untuk menilai dan menganalisis tingkat aksesibilitas *website* secara otomatis menggunakan standar WCAG 2.1. Sistem ini membantu evaluasi aksesibilitas manual yang membutuhkan waktu lama dan keahlian khusus, memungkinkan evaluator melakukan penilaian melalui platform berbasis web yang dapat diakses melalui komputer atau gawai. Sistem dilengkapi dengan algoritma *fuzzy logic* yang memproses delapan variabel input meliputi lebar perangkat, tinggi perangkat, ukuran teks *heading*, ukuran teks *subheading*, luminositas latar belakang, saturasi latar belakang, luminositas teks, dan saturasi teks untuk menghasilkan skor aksesibilitas yang akurat. Detail rentang nilai dari masing-masing input sistem dapat dilihat pada tabel 1 hingga 5.





Input sistem

a) Lebar perangkat

Tabel 1. Lebar Perangkat

Kategori	Rentang Nilai	Puncak
Mobile	0 - 767 px	480 px
Tablet	361 - 1023 px	895 px
Desktop	769 - 1920 px	1440 px

b) Ukuran teks *heading*

Tabel 2. Ukuran Teks *Heading*

Kategori	Rentang Nilai	Puncak
Kecil	12 - 23 pt	16 pt
Normal	20 - 35 pt	24 pt
Besar	32 - 48 pt	40 pt

c) Ukuran teks subheading

Tabel 3. Ukuran Teks *Subheading*

Kategori	Rentang Nilai	Puncak
Kecil	10 - 17 pt	14 pt
Normal	16 - 23 pt	18 pt
Besar	22 - 36 pt	28 pt

d) Luminositas latar belakang & teks

Tabel 4. Luminositas Latar Belakang & Teks

Kategori	Rentang Nilai	Puncak
Hitam	0 - 10%	0%
Sangat Gelap	5 - 25%	15%
Gelap	20 - 40%	30%
Agak Gelap	35 - 55%	45%
Normal	50 - 70%	60%
Agak Terang	65 - 85%	75%
Terang	80 - 90%	85%
Sangat Terang	88 - 98%	93%
Putih	95 - 100%	100%





e) Saturasi Latar Belakang & Teks

Tabel 5. Saturasi Latar Belakang & Teks

Kategori	Rentang Nilai	Puncak
Pucat	0 - 30%	15%
Normal	25 - 75%	50%
Mencolok	70 - 100%	85%

Tabel aturan

a) Aturan Kontras WCAG

Tabel 6. Aturan Kontras WCAG

No	Kode Aturan	Kondisi IF	Output THEN
1	K1	Kontras Ekstrem	Skor Kontras = AAA
2	K2	Kontras Bagus AND Teks Besar	Skor Kontras = AAA
3	K3	Kontras Bagus AND Teks Normal AND Saturasi BG (Normal/Pucat)	Skor Kontras = AA
4	K4	Kontras Menengah AND Teks Besar	Skor Kontras = AA
5	K5	Kontras Menengah AND (Teks Normal OR Teks Kecil)	Skor Kontras = Gagal
6	K6	Kontras Bagus AND Teks Normal AND Saturasi BG Mencolok AND Saturasi FG Mencolok	Skor Kontras = Gagal
7	K7	Kontras Buruk	Skor Kontras = Gagal

b) Aturan Visibilitas Kontekstual

Tabel 7. Aturan Visibilitas Kontekstual

No	Kode Aturan	Kondisi IF	Output THEN
1	T1	Perangkat Desktop AND Teks Besar	Visibilitas = Sangat Bagus
2	T2	Perangkat Desktop AND Teks Normal	Visibilitas = Bagus
3	T3	Perangkat Tablet AND (Teks Besar OR Teks Normal)	Visibilitas = Bagus
4	T4	Perangkat Mobile AND (Teks Besar OR Teks Normal)	Visibilitas = Normal
5	T5	(Perangkat Desktop OR Tablet) AND Teks Kecil	Visibilitas = Normal
6	T6	Perangkat Mobile AND Teks Kecil	Visibilitas = Buruk

2. Design

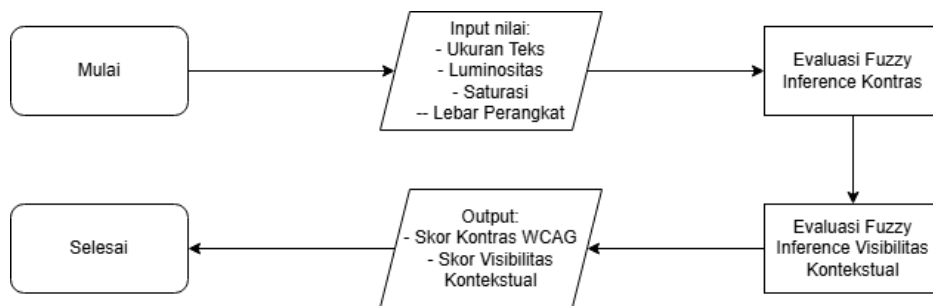
a) Flowchart

Use Case Diagram merupakan jenis diagram *Unified Modeling Language (UML)* yang mengilustrasikan interaksi antara pengguna dan sistem dalam konteks tertentu dengan melakukan visualisasi fungsionalitas sistem secara jelas, mempermudah komunikasi dan pemahaman antara pengembang perangkat lunak dengan pengguna (Pranoto et al., 2024). *Flowchart* menyajikan aliran





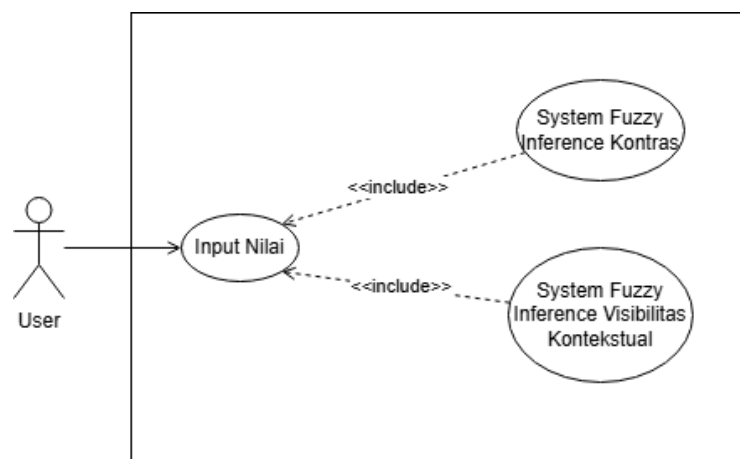
proses dalam bentuk langkah-langkah prosedural. Proses dimulai dari titik mulai, dilanjutkan dengan input nilai dari pengguna. Setelah itu, sistem menjalankan dua tahapan evaluasi fuzzy, yaitu evaluasi kontras dan evaluasi visibilitas kontekstual. Setelah kedua proses selesai, sistem menghasilkan output berupa dua skor yang ditampilkan kepada pengguna. *Flowchart* diagram dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Flowchart* diagram

b) *Use case* Diagram

Use Case Diagram adalah jenis diagram UML yang menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem dalam lingkungan tertentu (Pranoto et al., 2024). Dalam diagram ini, hanya terdapat satu aktor yaitu *User*, yang berperan dalam memberikan input berupa ukuran teks, luminositas, saturasi, dan lebar perangkat. Proses input ini kemudian mencakup dua use case tambahan melalui relasi *include*, yaitu sistem inferensi fuzzy kontras dan sistem inferensi fuzzy visibilitas kontekstual. *Use case* diagram dengan lengkap dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. *Use Case* Diagram

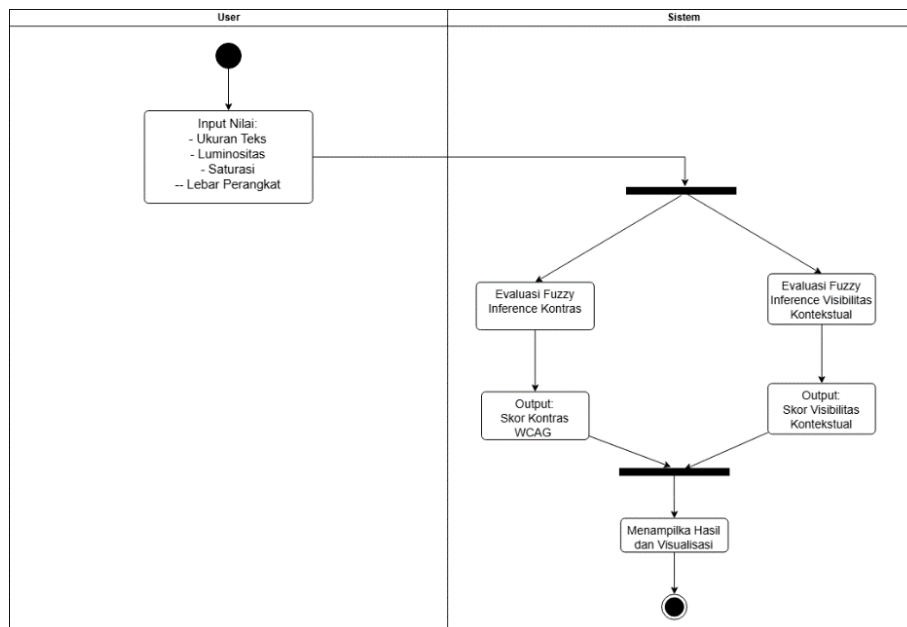
c) *Activity* Diagram

Activity Diagram adalah jenis diagram UML yang digunakan untuk mengilustrasikan alur proses bisnis atau aktivitas dalam suatu sistem. Diagram ini membantu pengembang perangkat lunak





memodelkan alur kerja atau proses bisnis secara terstruktur dan sistematis (Pranoto et al., 2024). Proses dimulai dari pengguna yang memasukkan nilai-nilai penting, seperti ukuran teks, luminositas, saturasi, dan lebar perangkat. Setelah data diterima, sistem menjalankan dua tahapan inferensi fuzzy. Pertama untuk mengevaluasi kontras berdasarkan standar WCAG, lalu yang kedua untuk mengevaluasi visibilitas kontekstual dengan mempertimbangkan kenyamanan visual pada kondisi perangkat yang digunakan. Hasil dari kedua evaluasi ini berupa dua skor, yaitu skor kontras WCAG dan skor visibilitas kontekstual, yang kemudian ditampilkan kepada pengguna. *Activity* diagram dengan lengkap dapat dilihat pada gambar 4.



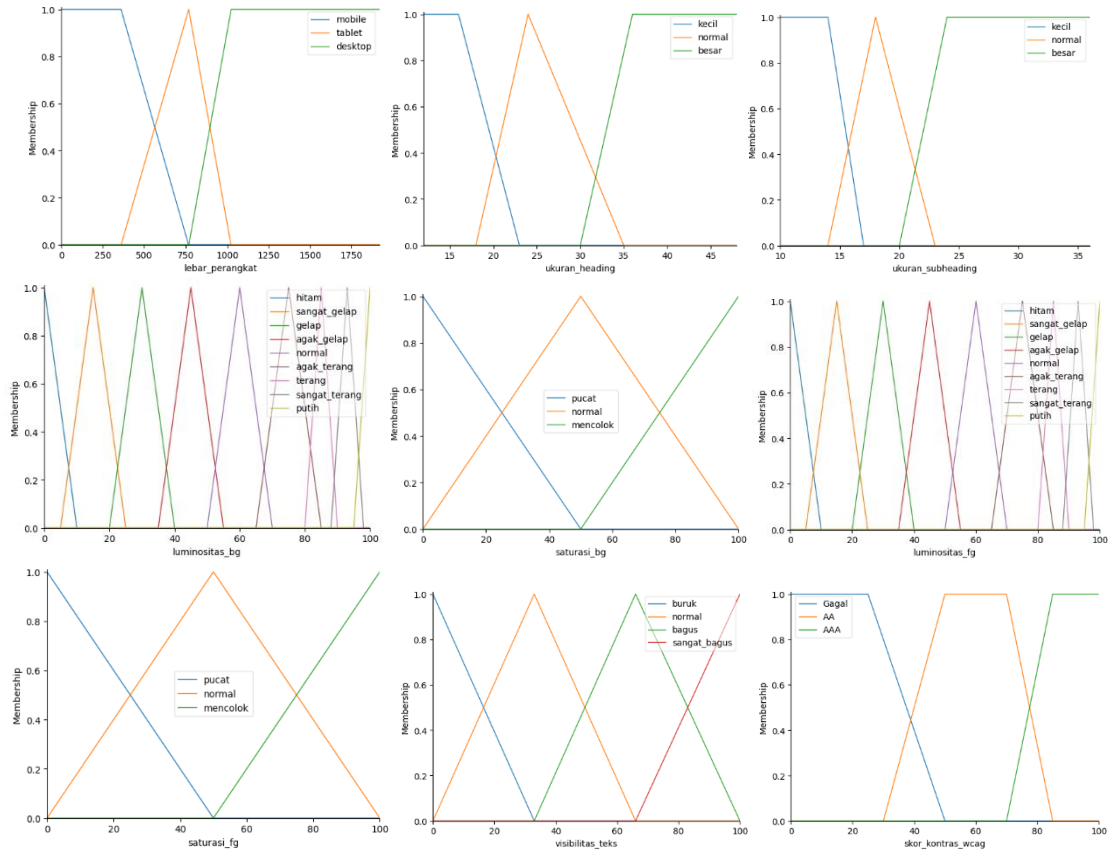
Gambar 4. *Activity Diagram*

3. Implementation

Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi mengkonversi nilai input *crisp* menjadi derajat keanggotaan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan secara empiris. Manfaat dari proses fuzzifikasi adalah untuk menghasilkan nilai yang lebih tepat dan akurat dengan mengonversi nilai linguistik menjadi bentuk numerik atau angka yang pasti (Jouhou et al., 2025). Penelitian ini mengimplementasikan dua jenis fungsi keanggotaan yaitu *triangular* dan *trapezoidal*, sesuai dengan karakteristik variabel linguistik yang dimodelkan. Derajat keanggotaan dari masing-masing input dapat dilihat pada gambar 5.





Gambar 5. Fungsi Keanggotaan

Fuzzifikasi mengubah input numerik (*crisp*) menjadi derajat keanggotaan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan *triangular* dan *trapezoidal*. Input sistem meliputi lebar perangkat, ukuran teks heading, ukuran teks subheading, luminositas, dan saturasi, yang didefinisikan dengan kategori linguistik seperti Mobile, Kecil, atau Hitam.

Fungsi keanggotaan *triangular* didefinisikan sebagai:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *trapezoidal* didefinisikan sebagai:





$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ x - a, & a < x \leq b \\ b - a, & \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d - x}{d - c}, & c < x < d \end{cases}$$

dengan a, b, c, d sebagai batas-batas *trapezoid* misalnya, untuk lebar perangkat mobile. Berikut contoh fuzzifikasi untuk input perangkat yang memiliki lebar 1200px, ukuran *heading* 32px, *subheading* 20px, latar belakang dengan luminositas 15% dan saturasi 30%, serta *foreground* dengan luminositas 90% dan saturasi 40%:

```

1. LEBAR PERANGKAT = 1200
-----
mu_mobile(1200) = trapmf(1200, [0, 0, 360, 767]) = 0.000
mu_tablet(1200) = trimf(1200, [361, 768, 1023]) = 0.000
mu_desktop(1200) = trapmf(1200, [769, 1024, 1920, 1920]) = 1.000

2. UKURAN HEADING = 32
-----
mu_kecil(32) = trapmf(32, [12, 12, 16, 23]) = 0.000
mu_normal(32) = trimf(32, [18, 24, 35]) = 0.273
mu_besar(32) = trapmf(32, [30, 36, 48, 48]) = 0.333

3. UKURAN SUBHEADING = 20
-----
mu_kecil(20) = trapmf(20, [10, 10, 14, 17]) = 0.000
mu_normal(20) = trimf(20, [14, 18, 23]) = 0.600
mu_besar(20) = trapmf(20, [20, 24, 36, 36]) = 0.000

4. LUMINOSITAS BACKGROUND = 15
-----
mu_hitam(15) = trimf(15, [0, 0, 10]) = 0.000
mu_sangat_gelap(15) = trimf(15, [5, 15, 25]) = 1.000
mu_gelap(15) = trimf(15, [20, 30, 40]) = 0.000
mu_agak_gelap(15) = trimf(15, [35, 45, 55]) = 0.000
mu_normal(15) = trimf(15, [50, 60, 70]) = 0.000
mu_agak_terang(15) = trimf(15, [65, 75, 85]) = 0.000
mu_terang(15) = trimf(15, [80, 85, 90]) = 0.000
mu_sangat_terang(15) = trimf(15, [88, 93, 98]) = 0.000
mu_putih(15) = trimf(15, [95, 100, 100]) = 0.000

5. SATURASI BACKGROUND = 30
-----
mu_pucat(30) = trimf(30, [0, 0, 50]) = 0.400
mu_normal(30) = trimf(30, [0, 50, 100]) = 0.600
mu_mencolok(30) = trimf(30, [50, 100, 100]) = 0.000

6. LUMINOSITAS FOREGROUND = 90
-----
mu_hitam(90) = trimf(90, [0, 0, 10]) = 0.000
mu_sangat_gelap(90) = trimf(90, [5, 15, 25]) = 0.000
mu_gelap(90) = trimf(90, [20, 30, 40]) = 0.000
mu_agak_gelap(90) = trimf(90, [35, 45, 55]) = 0.000
mu_normal(90) = trimf(90, [50, 60, 70]) = 0.000
mu_agak_terang(90) = trimf(90, [65, 75, 85]) = 0.000
mu_terang(90) = trimf(90, [80, 85, 90]) = 0.000
mu_sangat_terang(90) = trimf(90, [88, 93, 98]) = 0.400
mu_putih(90) = trimf(90, [95, 100, 100]) = 0.000

7. SATURASI FOREGROUND = 40
-----
mu_pucat(40) = trapmf(40, [0, 0, 25, 50]) = 0.200
mu_normal(40) = trimf(40, [25, 50, 75]) = 0.800
mu_mencolok(40) = trapmf(40, [50, 75, 100, 100]) = 0.000
    
```

Gambar 6. Fuzzifikasi

Evaluasi Aturan dan Agregasi

Evaluasi aturan menggunakan aturan fuzzy (*if-then*) untuk menghubungkan input fuzzy ke output fuzzy, seperti skor kontras WCAG (AAA, AA, Gagal) dan visibilitas teks (Sangat Bagus, Bagus, Normal, Buruk). Derajat keanggotaan output untuk aturan R_i : “Jika x_1 adalah A_{i1} DAN x_2 adalah A_{i2} MAKA y adalah B_i ” dihitung sebagai:

$$\mu_{R_i}(y) = \min(\mu_{A_{i1}}(x_1), \mu_{A_{i2}}(x_2), \dots, \mu_{A_{in}}(x_n))$$

Untuk aturan Jika luminositas latar belakang adalah hitam DAN luminositas teks adalah putih, MAKA skor kontras adalah AAA, jika $\mu_{hitam}(luminositas_{bg}) = 0.8$ dan $\mu_{putih}(luminositas_{fg}) = 0.9$, maka





$\mu_{R_1}(AAA) = \min(0.8, 0.9) = 0.8$. Agregasi menggabungkan output dari aturan aktif menggunakan operasi maksimum:

$$\mu_B(y) = \max(\mu_{R_1}(y), \mu_{R_2}(y), \dots, \mu_{R_m}(y))$$

Himpunan fuzzy output ini mewakili kombinasi kontribusi dari semua aturan, seperti kombinasi AAA dan AA untuk skor kontras. Berikut hasil evaluasi dan agregasi yang didapatkan dari input sebelumnya:

DETAIL PERHITUNGAN SETIAP RULE KONTRAS:

RULE 1: Kontras Ekstrem → AAA

BG gelap ekstrem = $\max(\mu_{\text{hitam}}=0.000, \mu_{\text{sangat gelap}}=1.000) = 1.000$
 FG terang ekstrem = $\max(\mu_{\text{putih}}=0.000, \mu_{\text{sangat terang}}=0.400) = 0.400$
 BG terang ekstrem = $\max(\mu_{\text{putih}}=0.000, \mu_{\text{sangat terang}}=0.000) = 0.000$
 FG gelap ekstrem = $\max(\mu_{\text{hitam}}=0.000, \mu_{\text{sangat gelap}}=0.000) = 0.000$

Kontras ekstrem = $\max(\min(\text{BG gelap ekstrem}, \text{FG terang ekstrem}) = \min(1.000, 0.400) = 0.400,$
 $\min(\text{BG terang ekstrem}, \text{FG gelap ekstrem}) = \min(0.000, 0.000) = 0.000)$
) = 0.400

Rule 1 AKTIF dengan strength 0.400 → AAA

DETAIL PERHITUNGAN SETIAP RULE VISIBILITAS:

Nilai membership teks:
 Teks besar: 0.333
 Teks normal: 0.600
 Teks kecil: 0.000

RULE T1: Desktop AND Teks Besar → Sangat Bagus

$\mu_{\text{desktop}} = 1.000$
 $\mu_{\text{teks besar}} = 0.333$
 Strength = $\min(1.000, 0.333) = 0.333$

Rule T1 AKTIF: 0.333 → sangat_bagus

RULE T2: Desktop AND Teks Normal → Bagus

$\mu_{\text{desktop}} = 1.000$
 $\mu_{\text{teks normal}} = 0.600$
 Strength = $\min(1.000, 0.600) = 0.600$

Rule T2 AKTIF: 0.600 → bagus

Gambar 7. Evaluasi aturan dan agregasi

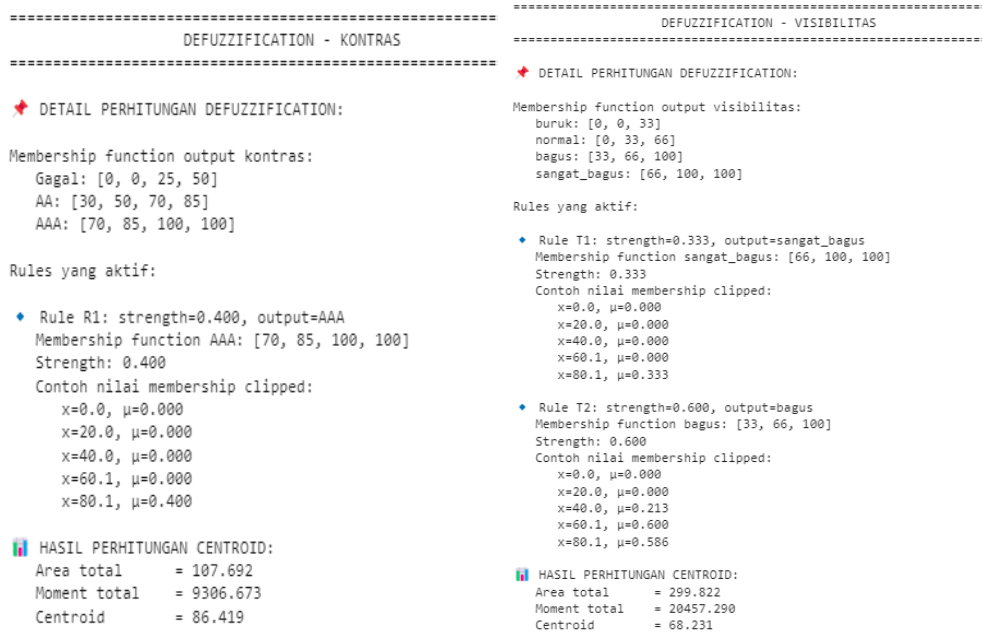
Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah keluaran fuzzy, yang berupa himpunan nilai dengan derajat keanggotaan, menjadi sebuah nilai tunggal yang pasti (*crisp*) (Anggari et al., 2025). Defuzzifikasi mengubah himpunan fuzzy output menjadi nilai numerik tunggal (*crisp*) menggunakan metode *centroid* (pusat massa):

$$y' = \frac{\int y \cdot \mu_B(y) dy}{\int \mu_B(y) dy}$$

dengan y' sebagai nilai crisp output dan $\mu_B(y)$ sebagai himpunan fuzzy output setelah agregasi. Berikut hasil defuzzifikasi dari proses sebelumnya:

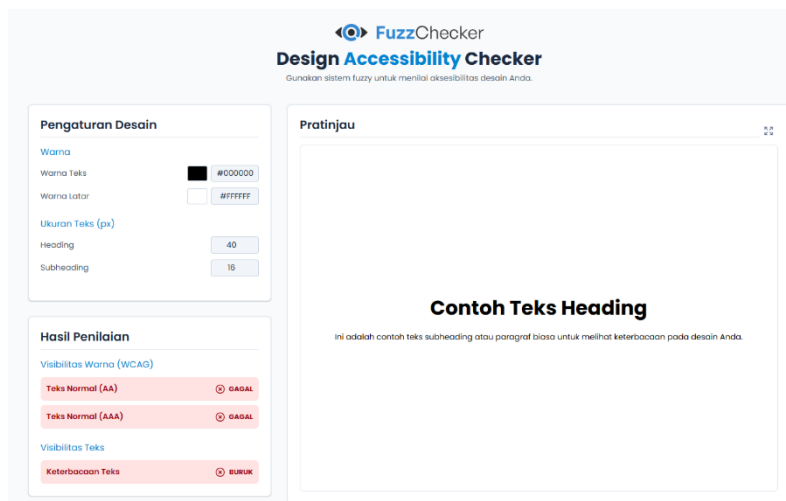




Gambar 8 Defuzzifikasi

Hasil Implementasi Program

Aplikasi berhasil diimplementasikan menggunakan sistem *fuzzy logic* untuk menilai aksesibilitas desain *website* secara otomatis. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengatur parameter desain seperti warna dan ukuran teks, kemudian memberikan evaluasi berdasarkan standar WCAG dengan hasil yang ditampilkan dalam bentuk status berbagai aspek aksesibilitas.



Gambar 9. Hasil Implementasi





4. Deployment

Aplikasi Fuzzy Mamdani untuk evaluasi aksesibilitas visual berbasis WCAG 2.1 telah *dideploy* di Vercel, memungkinkan penilaian visibilitas warna dan keterbacaan teks secara daring. Setelah pengujian dan validasi, aplikasi ini berjalan stabil di Vercel, *platform hosting* modern, mendukung desainer memperbaiki desain sistem secara praktis dan memfasilitasi validasi metode dengan cakupan lebih luas. Aplikasi ini juga meningkatkan aksesibilitas digital dengan antarmuka yang ramah pengguna.

5. Testing

Pengujian fokus pada hasil evaluasi yang dilakukan oleh sistem untuk memastikan bahwa proses pengambilan keputusan berjalan sesuai dengan aturan dan logika yang diterapkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah output klasifikasi telah sesuai dengan kondisi input yang diberikan dan kriteria yang telah ditetapkan. Proses ini penting untuk meminimalisir kesalahan dalam sistem dan memastikan bahwa hasil klasifikasi dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang akurat. Berikut pada Tabel ditampilkan bentuk pengujian hasil klasifikasi berdasarkan skenario input yang telah diuji:

Tabel 8. Hasil *Testing*

No	Warna Teks	Warna Latar	Ukuran Heading (px)	Ukuran Subheading (px)	Hasil Kontras	Hasil Visibilitas
1	#111827	#FFFFFF	36	26	AAA	Baik
2	#FF1E1E	#000000	48	16	AA	Baik
3	#0E2558	#FFFFFF	36	16	AAA	Normal
4	#6A7080	#FFFFFF	20	16	AA	Normal
5	#0052FF	#167050	19	15	Gagal	Buruk

6. Pembahasan

Keberhasilan *FuzzChecker* dalam mengintegrasikan standar WCAG 2.1 memungkinkan desainer dan pengembang untuk secara intuitif dan adaptif menciptakan desain digital yang inklusif, khususnya bagi pengguna dengan keterbatasan visual (Spyridonis & Zad, 2021). Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya mempermudah validasi kepatuhan aksesibilitas, tetapi juga dapat diterapkan secara luas untuk meningkatkan kualitas desain digital di berbagai proyek web, memastikan bahwa informasi dapat diterima dan diproses dengan baik oleh semua kalangan pengguna (Hakim dkk., 2025).





SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem evaluasi aksesibilitas website berbasis Fuzzy Mamdani yang menilai visibilitas warna dan keterbacaan teks sesuai standar WCAG 2.1. Sistem memproses tujuh variabel input melalui fuzzifikasi, evaluasi aturan, dan defuzzifikasi dengan metode centroid, menghasilkan aplikasi web *FuzzChecker* yang di-*deploy* di Vercel untuk evaluasi otomatis. Pendekatan fuzzy logic menawarkan penilaian yang lebih fleksibel dan humanis, mendukung desain digital inklusif bagi pengguna dengan keterbatasan visual. Sistem ini mempermudah desainer dan pengembang dalam memastikan kepatuhan aksesibilitas. Aplikasi ini juga memungkinkan pengujian skala besar untuk meningkatkan kualitas desain digital.

DAFTAR RUJUKAN

- Beier, S., Berlow, S., Boucaud, E., Bylinskii, Z., Cai, T., Cohn, J., Crowley, K., Day, S. L., Dingler, T., Dobres, J., Healey, J., Jain, R., Jordan, M., Kerr, B., Li, Q., Miller, D. B., Nobles, S., Papoutsaki, A., Qian, J., Wolfe, B. (2022). Readability Research: An Interdisciplinary Approach. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 16(4), 214–324. <https://doi.org/10.1561/11000000089>
- Cahyahadi, M., & Setiyawati, N. (2022). *Web Accessibility Testing for Visually Impaired People in Indonesia*. 72. <https://doi.org/10.3390/proceedings2022082072>
- Chrysafiadi, K., Virvou, M., & Tsihrintzis, G. A. (2023). A Fuzzy-Based Evaluation of E-Learning Acceptance and Effectiveness by Computer Science Students in Greece in the Period of COVID-19. *Electronics (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/electronics12020428>
- Fatimah, S., Hanafi, A., Kharisma, & Jannah, A. R. (2023). EVALUASI PADA WEBSITE SRAGENKAB.GO.ID MENGGUNAKAN METODE WEB USABILITY EVALUATION (WEBUSE) DAN WEB CONTENT ACCESSIBILITY GUIDELINES (WCAG) 2.1. *Teknomatika: Jurnal Informatika dan Komputer*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.30989/teknomatika.v16i1.1105>
- Fithriyaningrum, D., Kusumawardani, S. S., & Wibirama, S. (2022). Accessibility Analysis of Learning Management System Websites. *IJID (International Journal on Informatics for Development)*, 11(1), 162–171. <https://doi.org/10.14421/ijid.2022.3485>
- Hakim, H. Q. I., Bilqis, S. S., Ramadhani, R., & Vindua, R. (2025). TINJAUAN LITERATUR: EFEKTIVITAS SISTEM INFORMASI AKADEMIK BERBASIS WEB DI PERGURUAN TINGGI. *JUTECH: Journal Education and Technology*, 6(1), 74–86. <https://doi.org/10.31932/jutech.v6i1.4845>
- Inal, Y., Mishra, D., & Torkildsby, A. B. (2022). An Analysis of Web Content Accessibility of Municipality Websites for People with Disabilities in Norway: Web Accessibility of Norwegian Municipality Websites. *Nordic Human-Computer Interaction Conference*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3546155.3547272>





- Iskandar, R., Setiadi, R., Septiyanto, A., & Tuntinakhongul, A. (2023). Web Accessibility Analysis of Indonesia Inclusive Vocational High Schools. Dalam *Proceedings of the 4th Vocational Education International Conference (VEIC 2022)* (hlm. 355–367). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-494069-47-3_41
- Paul, S. (2023). Accessibility analysis using WCAG 2.1: Evidence from Indian e-government websites. *Universal Access in the Information Society*, 22(2), 663–669. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00861-9>
- Pujiady, E. N. F., Prasetya, A. D., & Andria, A. (2025). Rancang Bangun Sistem Informasi Arsip Digital Catatan Sipil Kabupaten Magetan Berbasis Website Menggunakan Metode Waterfall. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, 4(1), 25–48. <https://doi.org/10.56211/helloworld.v4i1.705>
- Putra, A. P., Fiolana, F. A., & Kusumastutie, D. A. W. (2021). Penerapan Koreksi Warna Pada Citra Bagi Penyandang Buta Warna Parsial. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 8(1), 26–29. <https://doi.org/10.21107/triac.v8i1.10246>
- Putri, S. N., & Saputro, D. R. S. (2021). Construction fuzzy logic with curve shoulder in inference system mamdani. *Journal of Physics: Conference Series*, 1776(1), 012060. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1776/1/012060>
- Rafiqh, M., & Ismail, &. (2023). *Perancangan UI & UX Aplikasi Pariwisata Kota Berbasis Android Di Kota Dki Jakarta* (Vol. 4, Nomor 2).
- Rifanti, U. M., Pujiharsono, H., & Pradana, Z. H. (2023). Implementasi Logika Fuzzy Pada Penilaian Kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM). *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 12(1), 250–260. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i1.50057>
- Simhadri, N., & K, C. (2023). *Web accessibility Evaluation of private and government websites for people with Disabilities through Fuzzy Classifier in USA*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2829103/v1>
- Spyridonis, F., & Zad, D. D. (2021). A serious game to improve engagement with web accessibility guidelines. *Behaviour & Information Technology*, 40(6), 578–596. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1711453>
- Tri Lestari, D., Hafiar, H., Chandratama Priyatna, C., Studi Hubungan Masyarakat, P., Ilmu Komunikasi, F., & Padjajaran, U. (2024). *Analisis Aksesibilitas Website Kementerian di Indonesia Sebagai Implementasi dari E-Government*. 2(1), 2024.
- WebAIM. (2025). *WebAIM: The WebAIM Million—The 2025 report on the accessibility of the top 1,000,000 home pages*. The WebAIM Million. <https://webaim.org/projects/million/>

