

PENGEMBANGAN MODEL DETEKSI POLA KARAKTER BAHASA ARAB PADA CITRA AL-QUR'AN MENGGUNAKAN PENDEKATAN HYBRID TRANSFORMASI SLANT DAN ADABOOST

Development Of A Model For Detecting Arabic Character Patterns In Quranic Images Using A Hybrid Slant Transform And Adaboost Approach

Juanda Nargaza¹, Rizka Albar², Nurul Hamdi³, Rizki Julia Utama⁴, Zuhar Musliyana⁵

^{1,2,3,4,5}Dosen Universitas Ubudiyah Indonesia

Program Studi Sistem Informasi^{1,2}, Program Studi Informatika³, Fakultas Ilmu Komputer⁴, Universitas Ubudiyah Indonesia

E-mail: juandanurgaza@uui.ac.id.1, albar@uui.ac.id.2, rizki_julia@uui.ac.id.4, ,

*Corresponding author: juandanurgaza@uui.ac.id

Abstrak

Perkembangan computer vision dan machine learning telah memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem cerdas untuk analisis teks digital, termasuk pengenalan aksara Arab pada citra Al-Qur'an. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model hybrid dalam mendeteksi pola karakter Bahasa Arab, khususnya Dhamir Raf'a Munfasil (kata ganti terpisah dalam posisi nominatif), pada citra Al-Qur'an digital menggunakan kombinasi Transformasi Slant dan algoritma AdaBoost. Model yang diusulkan mengintegrasikan ekstraksi fitur menggunakan Transformasi Slant untuk menangkap karakteristik domain frekuensi dari pola karakter, kemudian dilanjutkan dengan proses klasifikasi menggunakan algoritma ensemble learning AdaBoost guna meningkatkan kinerja pendeteksian. Sistem diuji menggunakan 150 baris teks Al-Qur'an yang memuat 14 pola. Pengukuran kinerja dilakukan menggunakan metrik precision dan recall. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model hybrid Slant-AdaBoost memberikan performa yang lebih baik dibandingkan metode tunggal, dengan nilai precision sebesar 86% dan recall sebesar 93%, yang menunjukkan peningkatan akurasi dan keandalan dalam pendeteksian pola. Temuan penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi transformasi fitur dan klasifikasi berbasis boosting mampu meningkatkan kinerja sistem pengenalan pola karakter Bahasa Arab secara signifikan. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem informasi cerdas untuk analisis teks Al-Qur'an digital dan pengenalan aksara Arab.

Kata Kunci: Pengenalan Karakter Arab, Transformasi Slant, AdaBoost, Model Hybrid, Computer Vision, Deteksi Pola

Abstract

The advancement of computer vision and machine learning has significantly contributed to the development of intelligent systems for digital text analysis, including Arabic script recognition in Quranic images. This study aims to develop a hybrid model for detecting Arabic character patterns, specifically Dhamir Raf'a Munfasil (independent nominative pronouns), in digital Quranic images using a combination of Slant Transform and AdaBoost algorithms. The proposed model integrates feature extraction through the Slant Transform to capture frequency-domain characteristics of character patterns, followed by classification using the AdaBoost ensemble learning algorithm to enhance detection performance. The system was evaluated using 150 lines of Quranic text containing 14 pronoun patterns. Performance measurement was conducted using precision and recall metrics. Experimental results indicate that the hybrid Slant-AdaBoost model outperforms individual methods, achieving a precision of 86% and recall of 93%, demonstrating improved accuracy and robustness in pattern detection. The findings confirm that combining feature transformation and boosting-based classification can significantly enhance the reliability of Arabic character pattern recognition systems. This research contributes to the development of intelligent information systems for digital Quranic text analysis and Arabic script recognition.

Keywords: Arabic Character Recognition, Slant Transform, AdaBoost, Hybrid Model, Computer Vision, Pattern Detection

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi, khususnya dalam bidang *computer vision* dan *machine learning*, telah mendorong transformasi signifikan dalam sistem pengolahan citra dan pengenalan pola digital. Pengolahan citra digital memungkinkan ekstraksi informasi dari dokumen teks berbasis gambar melalui tahapan praproses, ekstraksi fitur, dan klasifikasi [1]. [1] Salah satu bidang yang terus berkembang adalah pengenalan karakter berbasis citra (*character recognition*), yang menjadi fondasi dalam sistem dokumentasi digital, arsip elektronik, serta analisis teks otomatis.

Pengenalan karakter Arab memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan karakter Latin karena bentuk huruf yang kontekstual, bersambung, serta memiliki variasi berdasarkan posisi (awal, tengah, akhir, dan terpisah) [2][2]. Selain itu, keberadaan tanda baca (harakat) dan kemiripan struktur visual antar huruf menambah tingkat kesulitan dalam proses ekstraksi fitur dan klasifikasi [3][2]. Oleh karena itu, pengembangan metode yang robust dan adaptif sangat diperlukan dalam sistem pengenalan aksara Arab.

Dalam konteks teks Al-Qur'an digital, salah satu unsur linguistik penting yang menarik untuk dianalisis adalah *Dhamir Raf'a Munfasil* (DRM), yaitu kata ganti yang berdiri sendiri dalam posisi nominatif dalam struktur sintaksis bahasa Arab. Deteksi pola DRM dalam citra Al-Qur'an digital bukan hanya berkontribusi pada kajian linguistik komputasional, tetapi juga mendukung pengembangan sistem informasi cerdas untuk analisis teks keagamaan berbasis citra.

Berbagai pendekatan telah digunakan dalam pengenalan karakter Arab, mulai dari metode transformasi matematis, jaringan saraf tiruan, hingga teknik *ensemble learning*. Transformasi Slant merupakan salah satu teknik ekstraksi fitur berbasis domain frekuensi yang mampu merepresentasikan karakteristik pola citra secara efektif melalui transformasi baris dan kolom yang bersifat *separable* [4][5]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa transformasi Slant dapat meningkatkan performa pengenalan pola tulisan tangan dan citra wajah karena kemampuannya menangkap struktur global pola [6].

Di sisi lain, algoritma AdaBoost sebagai metode *adaptive boosting* telah banyak digunakan dalam sistem klasifikasi karena kemampuannya menggabungkan beberapa *weak learner* menjadi satu *strong classifier* [7]. AdaBoost terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi deteksi objek dan pengenalan pola pada berbagai aplikasi *computer vision* [8]. Keunggulan utama AdaBoost terletak pada mekanisme pembobotan adaptif yang menekankan sampel dengan tingkat kesalahan tinggi pada iterasi sebelumnya sehingga meningkatkan performa klasifikasi secara bertahap.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas metode transformasi fitur maupun boosting secara terpisah, penggunaan metode tunggal sering kali belum memberikan tingkat akurasi optimal pada teks Arab yang kompleks. Oleh karena itu, pendekatan hybrid yang mengombinasikan ekstraksi fitur berbasis Transformasi Slant dengan klasifikasi berbasis AdaBoost berpotensi meningkatkan performa sistem pendeteksian pola secara signifikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model deteksi pola karakter Bahasa Arab pada citra Al-Qur'an digital menggunakan pendekatan hybrid Transformasi Slant dan AdaBoost. Model yang diusulkan mengintegrasikan tahapan prapengolahan citra, ekstraksi fitur domain frekuensi, serta klasifikasi berbasis boosting untuk menghasilkan sistem yang lebih akurat dan andal. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan model hybrid yang mampu meningkatkan nilai precision dan recall dalam pendeteksian DRM dibandingkan metode tunggal, serta memberikan kontribusi pada pengembangan sistem informasi cerdas berbasis analisis citra teks Arab

2. METODE PENELITIAN

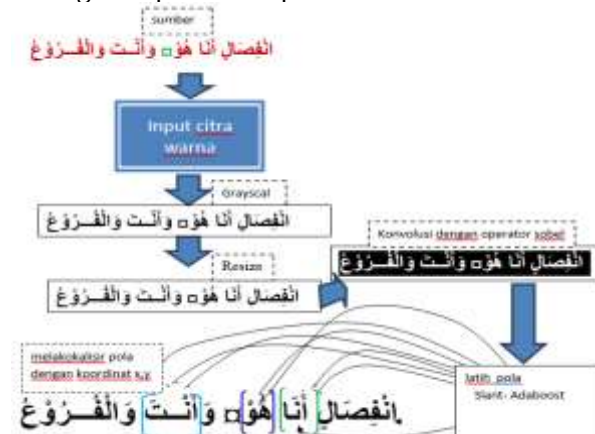
2.1 Tahap Penelitian

Penelitian ini menggunakan studi literatur, studi pustaka dan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan tujuan mengembangkan dan menguji model hybrid deteksi pola karakter Bahasa Arab pada citra Al-Qur'an digital. Model yang dikembangkan mengintegrasikan metode ekstraksi fitur menggunakan Transformasi Slant

dan metode klasifikasi menggunakan algoritma AdaBoost.

2.2 Rancangan simulasi Sistem

untuk sebuah rancangan Simulasi pelatihan yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 3.1

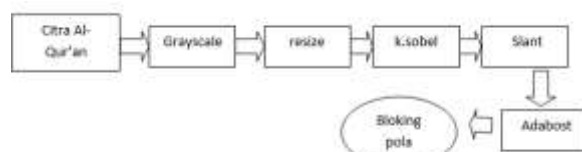


Gambar 3.1 rancangan simulasi sistem

Gambar diatas menggambarkan proses bekerja secara bertahap dari penginputan citra warna hingga proses Slant adaboost.

2.2.1 Bloking puola

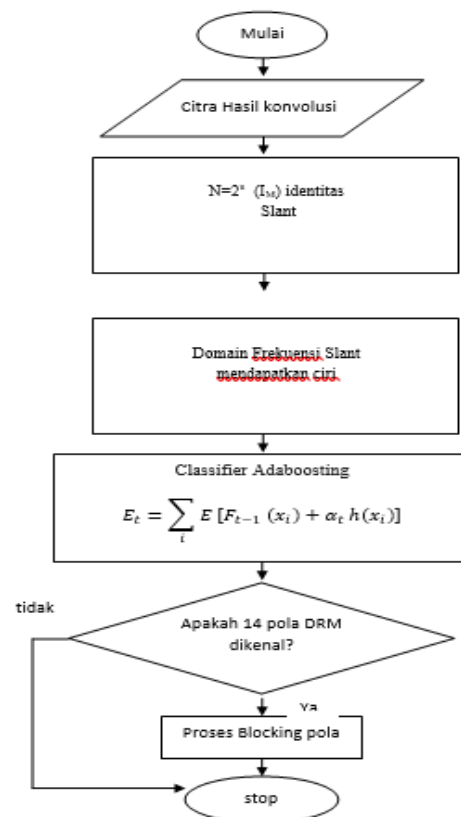
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan tujuan mengembangkan dan menguji model hybrid deteksi pola karakter Bahasa Arab pada citra Al-Qur'an digital. Model yang dikembangkan mengintegrasikan metode ekstraksi fitur menggunakan Transformasi Slant dan metode klasifikasi menggunakan algoritma AdaBoost seperti gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar.2.2.1 proses bloking pola

2.2.2 Skema Diagram Alir Slant-adaboost.

Diagram Alir Gabungan Transformasi Slant-Adaboosting juga melibatkan hasil konvolusi sebelumnya dimana perhitungan gabungan Algoritma tersebut dapat dilihat pada pada gambar berikut ini.



Gambar.32 diagram alir haybrid slant-adaboost

2.3 Pengumpulan Sample data

Pada penelitian ini Data latih dan data yang diuji bersumber dari Al-Qur'an digital.

2.3.1 Sampel pelatihan



Gambar 2.3.1 Contoh sampel citra Al-Qur'an yang digunakan sebagai pelatihan.

Untuk melakukan pelatihan sampel yang digunakan berupa citra Al-Qur'an digital dari baris 1 sampai dengan baris 15 setiap lembarnya dengan total 150 baris ayat yang diuji. Tahapan prapengolahan meliputi:

1. Konversi Grayscale

Citra berwarna (RGB) dikonversi menjadi citra grayscale untuk menyederhanakan informasi piksel dan mengurangi kompleksitas komputasi.

2. Resize (Normalisasi Ukuran)

Seluruh citra dinormalisasi ke ukuran tertentu agar memiliki dimensi seragam sehingga memudahkan ekstraksi fitur dan pelatihan.

3. Konvolusi (Filtering)

Proses konvolusi diterapkan untuk meningkatkan ketajaman pola karakter serta mengurangi noise pada citra. Tahapan ini membantu memperjelas struktur huruf sebelum dilakukan transformasi fitur.

2.4 Uji Coba Sistem

Pengujian merupakan tahap akhir dari desain sistem yang telah dibangun setelah sistem selesai, setelah tahapan pelatihan DRM dilakukan selanjutnya dilakukan proses pengujian untuk mengetahui parameter dari Algoritma yang dibangun. Pengukuran pendeteksian pola pada umumnya

menggunakan dua parameter yaitu *true detection* dan *false detection* yang akan diterapkan pada pola karakter DRM nantinya. Parameter yang sering digunakan adalah Presision dan recall dengan rumus perhitungan parameter sebagai berikut.

Nilai prediksi	Nilai sebenarnya		
		True	False
	True	TP	FP
	False	FN	TN

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} = \text{hasil}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} = \text{hasil}$$

Dalam evaluasi kinerja sistem deteksi pola, digunakan empat parameter utama, yaitu **True Positive (TP)** yang merujuk pada jumlah pola DRM yang berhasil dikenali secara tepat oleh sistem; **False Positive (FP)**, yaitu jumlah deteksi yang keliru di mana sistem mengidentifikasi pola DRM padahal sebenarnya bukan; **False Negative**

(FN) mengacu pada kasus ketika sistem gagal mengenali pola DRM yang sebenarnya ada; dan **True Negative (TN)** adalah jumlah kasus yang dengan benar tidak terklasifikasi sebagai pola DRM karena memang tidak termasuk dalam kategori tersebut.

Adapun **True Detection** didefinisikan sebagai persentase jumlah pola DRM yang berhasil dideteksi dengan benar dibandingkan dengan total pola DRM yang tersedia dalam data uji. Sementara itu, **False Detection** menggambarkan proporsi kesalahan sistem dalam mendeteksi bagian teks yang bukan merupakan pola DRM namun secara keliru dikenali sebagai bagian dari pola tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang akan dibahas meliputi pendeteksian sample Al-quraan yang terfokus pada huruf arab pada Al-Quraan. Hasil merupakan citra Al-Qur'an digital untuk mendeteksi pola DRM yang telah dibloking berdasarkan 14 sensitivitas citra DRM, untuk melihat pendeteksian Algoritma tersebut tingkat keakurasiannya maka digunakan dua parameter *True detection* dan *false detection*.

3.1 Pola DRM yang dilatih dan diuji

Pola pola Dhamir Rafa Munfasil (DRM) terdiri atas 14 huruf Dhamir, dari 14 DRM tersebut hanya 12 Sampel pelatihan pola DRM yang digunakan dalam penelitian ini yang mewakili pola karakter yang berbeda. Gambar 4.2 melampirkan 14 sampel pola huruf DRM yang digunakan sebagai pelatihan.

هو, هما, هم, هي, هما, هن, أنت, أنتما, أنتم, أنتِ, أنتم, أنتن, أنا, نحن

Gambar 4.1 Sampel Pelatihan pola DRM yang digunakan

Pada setiap pola DRM yang dideteksi masing-masing memiliki karakter dan ciri yang berbeda dari 14 DRM yang didipelajari dalam ilmu Nahwu hanya 12 DRM yang dikenal dalam bahasa Arab yaitu هُو (hua), هُما (huma), هُم (hum), هِيَ (hiya), هُنَّ (hunna), أَنْت (Anta), أَنْتُمْ (antuma), أَنْتِ (anti), أَنْتُمْ (antuma), أَنْتُنَّ (antunna), أَنَا (ana), نَحْنُ (nahnu), sedangkan أَنْتُمْ dan هُما kedua pola tersebut memiliki maksud dan arti yang sama. Sehingga untuk pengenalan polanya hanya 12 DRM yang dapat dideteksi dan dikenal berdasarkan kaidah bahasa Arab yang ada dalam Alqur'an.

3.2 Hasil deteksi

Hasil deteksi adalah 14 dhamir rafa munfasil pada citra Al-quran, 14 dhamir tersebut meliputi , هو (menyatakan dia seorang laki), هما (menyatakan dua orang laki-laki), هم (menyatakan dia laki-laki lebih dari tiga), هي (menyatakan dia seorang perempuan), هما (menyatakan dia dua orang perempuan), هنّ (menyatakan mereka perempuan lebih dari tiga), أنت (kamu seorang laki), أنتما (kamu dua orang laki-laki), انتم (kamu tiga laki-laki lebih), أنتِ (kamu seorang perempuan), أنتنّ (menyatakan kalian perempuan lebih dari tiga orang), أنا (menyatakan saya sendiri), نحن (menyatakan kami) . hasil deteksi yang berhasil akan terbloking pola karakter DRM dengan warna berbeda.

3.3 Rancangan Algoritma Hybrid

Hasil gabungan Transformasi Slant dan Adaboosting Mendapatkan Algoritma baru untuk mendeteksi 14 pola karakter DRM berdasarkan 14 warna berbeda. Dengan menggabungkan metode Adaboost dengan Transformasi Slant maka hasil akhirnya Algoritma baru akan mengeluarkan hasil yang lebih baik.

3.4 Melihat akurasi gabungan Hybrid

Pada tahapan ini Algoritma baru akan diuji keakurasiannya dalam mendeteksi 14 pola karakter DRM berdasarkan warna berbeda.

dilakukan untuk menetapkan nilai kedekatan ciri sebagai acuan supaya dapat mengidentifikasi suatu pola karakter DRM. Sedangkan pengujian dilakukan untuk membandingkan bobot ciri pola yang dijadikan acuan dengan kedekatan ciri pola yang diinputkan sebelumnya, apakah kedekatan tersebut dapat dikenali sebagai suatu ciri atau tidak.

3.5 Hasil deteksi haybird menggunakan Gabungan Slant-Adaboosting

Uji coba menggunakan gabungan kedua Algoritma Transformasi Slant dan Adaboosting pada proses ini juga dilakukan bloking pola hasil deteksi, Berikut hasil uji coba kombinasi Slant-Adaboosting pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboosting

Pada gambar 3.1 Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboosting menunjukkan ada 7 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adaboosting. Ada 4 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan 3 pola yang salah dalam pengenalan



Gambar 3.2 Sampel hasil bloking pola Slant

Pada gambar 3.1 Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboosting menunjukkan ada 5 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adaboosting. Ada 4 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan 1 pola yang salah dalam pengenalan



Gambar 3.3 Sampel hasil bloking pola Slant

Pada gambar 3.3 Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboosting menunjukkan ada 5 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adaboosting. Ada 4 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan 1 pola yang salah dalam pengenalan



Gambar 3.4 Sampel hasil bloking pola Slant

Pada gambar 3.4 *Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboot* menunjukkan ada 2 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adabooting. Ada 2 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan tidak ada pola yang salah dalam pengenalan



Pada gambar 3.5 *Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboot* menunjukkan ada 5 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adabooting. Ada 4 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan 1 pola yang salah dalam pengenalan



Gambar 3.6 Sampel hasil bloking pola Slant

Pada gambar 3.6 *Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboot* menunjukkan ada 4 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adabooting. Ada 4 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan tidak ada pola yang salah dalam pengenalan.



Pada gambar 3.7 *Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboot* menunjukkan ada 1 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adabooting. Ada 1 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan tidak ada pola yang salah dalam pengenalan



Gambar 3.8 Sampel hasil bloking pola Slant

Pada gambar 3.8 *Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboot* menunjukkan ada 7 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adabooting. Ada 7 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan tidak ada pola yang salah dalam pengenalan.



Gambar 3.9 Sampel hasil bloking pola Slant-Adabooting

Pada gambar 3.9 *Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboot* menunjukkan ada 3 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi. Ada 3 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan 0 pola yang salah dalam pengenalan.



Gambar 3.10 Sampel hasil bloking pola Slant

Pada gambar 3.10 *Sampel hasil bloking pola Slant-Adaboot* menunjukkan ada 6 pola dhamir Rafa munfasil yang dideteksi oleh Adaboot. Ada 6 pola yang berhasil dikenal dengan benar dan tidak ada pola yang salah dalam pengenalan.

Dari hasil diatas banyaknya pola yang dibloking secara acak dalam arti kata hasil deteksi berhasil dilakukan namun masih kurang akurat dalam pendeteksian.

4.1.1 Tabel Hasil deteksi Gabungan Transformasi Slant - Adaboot

Pada Algoritma gabungan ini akan diuji 150 baris ayat yang menjadi Perbandingan pada penelitian yang sama dengan Ayat yang diuji oleh Transformasi Slant maupun Adaboot. Berikut table 4.5 hasil kerja sistem Transformasi Slant - Adaboot.

Tabel 3.1 Hasil deteksi Metode gabungan Slant-Adabooting

N o	Nama ayat	Jumlah sebenarnya	Jumlah pola Pengujian	DR M False	D R M True	Per sentas e benar	No gam bar
1	halaman 1 Baris ayat 1-15	5	7	3	4	57	4.22
2	halaman 2 Baris ayat 1-15	4	5	1	4	80	4.23
3	halaman 3 Baris ayat 1-15	4	5	1	4	80	4.24
4	halaman 4 Baris ayat 1-15	2	2	0	2	100	4.25

5	halaman 5 Baris ayat 1-15	5	5	1	4	80	4.26
6	halaman 6 Baris ayat 1-15	4	4	0	4	100	4.27
7	halaman 7 Baris ayat 1-15	1	1	0	1	100	4.28
8	halaman 8 Baris ayat 1-15	7	7	0	7	100	4.29
9	halaman 9 Baris ayat 1-15	3	3	0	3	100	4.30
10	halaman 10 Baris ayat 1-15	7	6	0	6	100	4.31
t o t a l	Rata-rata	42	45	6	39	86	

Dari table diatas dapat dijelaskan dari 150 baris ayat yang diuji ada 45 ayat dikenal sebagai Dhamir rafa munfasil dengan False detection 14% atau 6 ayat bukan DRM dan True detection 86% dengan 39 ayat benar DRM, keberhasilan menggunakan Hybrid Slant-Adabooting. hasil pengukuran menggunakan precision dan recall dapat dilihat berdasarkan table :

Tabel 4.6. table precision dan recall Slant-Adaboost

Nilai pendeteksian		Nilai adaboost sebenarnya	
		True	false
	True	39	6
	false	3	102

Precision =

$\frac{\text{jumlah DRM yang dipisahkan dengan benar}}{\text{jumlah DRM yang dipisahkan}} = \text{hasil}$

$$\text{Precision} = \frac{39}{39+6} = \frac{39}{45} = 0.86 = 86\%$$

Recall = $\frac{\text{jumlah DRM yang dipisahkan dengan benar}}{\text{jumlah DRM yang sebenarnya}}$

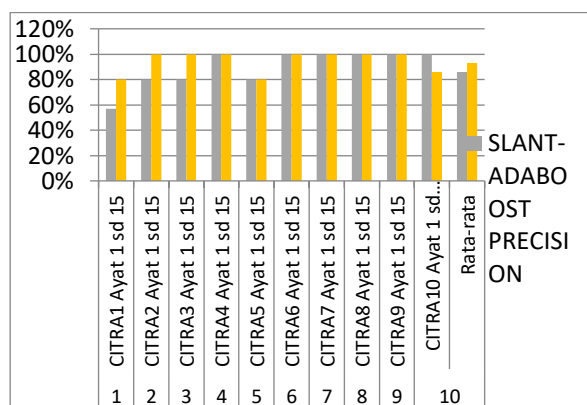
$$\text{Recall} = \frac{39}{39+3} = \frac{39}{42} = 0.93 = 93\%$$

4.2 Grafik perbandingan hasil deteksi Slant-Adaboot

Grafik perbandingan hasil deteksi Hasil deteksi Metode Haybrd Slant-Adabooting menunjukkan presentase mencapai 86% hasil yang terbaik dari kombinasi Algoritma slant-Adabooting,.untuk melihat perbandingan presision dan recall Haybird Slant-Adaboot dapat dilihat pada table 3.1 perbandingan hasil deteksi dengan precision dan Recall sebagai berikut:

Tabel 3.1 Perbandingan hasil deteksi dengan precision dan Recall sebagai berikut

N O	CITRA	SLANT- ADABOOST	
		PRESISI ON	RECA LL
1	CITRA1 Ayat 1 sd 15	57%	80%
2	CITRA2 Ayat 1 sd 15	80%	100%
3	CITRA3 Ayat 1 sd 15	80%	100%
4	CITRA4 Ayat 1 sd 15	100%	100%
5	CITRA5 Ayat 1 sd 15	80%	80%
6	CITRA6 Ayat 1 sd 15	100%	100%
7	CITRA7 Ayat 1 sd 15	100%	100%
8	CITRA8 Ayat 1 sd 15	100%	100%
9	CITRA9 Ayat 1 sd 15	100%	100%
10	CITRA10 Ayat 1 sd 15	100%	86%
	Rata-rata	86%	93%



Gambar 3.11 Grafik Precision dan Recall

Hasil perbandingan pada grafik Gambar 3.11 Grafik pendeteksian Dhamir Raf'a Munfasil pada citra Al-Qur'an menunjukkan Precision dan Recall Algoritma Haybrid Memiliki precision 86% dan recall 93%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, model hybrid yang menggabungkan Transformasi Slant dan algoritma AdaBoost terbukti mampu meningkatkan kinerja pendeteksian pola karakter pada citra Al-Qur'an digital. Integrasi Transformasi Slant sebagai metode ekstraksi fitur berbasis domain frekuensi dengan AdaBoost sebagai algoritma klasifikasi berbasis *ensemble learning* menghasilkan sistem yang lebih akurat dan adaptif dalam mengenali pola karakter Bahasa Arab.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model hybrid Slant-AdaBoost mencapai nilai *true detection* sebesar 86% dan *false detection* sebesar 14% dari 150 baris ayat yang diuji. Model ini berhasil mendeteksi 39 pola DRM dengan benar dari 42 pola DRM yang sebenarnya, dengan tingkat kesalahan deteksi yang relatif rendah yaitu sebanyak 6 pola. Dari parameter evaluasi, model hybrid memperoleh nilai **Precision sebesar 86%** dan **Recall sebesar 93%**.

Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan hybrid mampu mengoptimalkan representasi fitur sekaligus meningkatkan kemampuan klasifikasi dibandingkan penggunaan metode tunggal. Dengan demikian, penggabungan Transformasi Slant dan AdaBoost dapat disimpulkan sebagai pendekatan yang efektif dalam pengembangan sistem deteksi pola karakter Bahasa Arab berbasis citra digital, khususnya untuk analisis teks Al-Qur'an.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonzalez, R. and Woods, R. Digital Image Processing. Wesley publishing company. USA. 1992
- [2] Arsyad, Azhar, Bahasa Arab dan Metode Pengajarannya, beberapa pokok pikiran, Pustaka Pelajar: Yogyakarta, 2003
- [3] Darma Putra, Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta, Andy, 2010.
- [4] Rizal & Fadlisyah. Detection System Tajwid Al Quran on Image Using Bray Curtis Distance. IJCAT - International Journal of Computing and Technology, Volume 2, Issue . 2015
- [5] Azizah, U.N. Perbandingan Detektor Tepi Prewit dan Detektor Tepi Laplacian Berdasarkan Kompleksitas Waktu dan Citra Hasil, Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia, 2013.
- [6] Fadlisyah. Sistem Pendeteksian Wajah Pada Video Menggunakan Jaringan Adaptive Linear Neuron (Adaline). Tesis S2 Program Magister Teknik Elektro. Universitas Sumatera Utara, Sumatra Utara, Indonesia, 2013.
- [7] Fadlisyah & Rizal. Pemograman Computer Vision Menggunakan Delphi + Vision Lab VCL 4.0.1. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2011.
- [8] Kuniyiko Fukushima and Nobuaki Wake, Handwritten Alphanumeric Character Recognition by The Neocognitron, IEEE Transaction on Neural Networks, Vol 2 No. 3. 1991.
- [9] Fukushima, K., S., Miyake & T. Ito, "Neocognitron : A Neural Network Model for a Mechanism of Visual Pattern Recognition" IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 13:826-834. 1983 Reprinted in Anderson & Reosenfeld pp. 526-534, 1988.
- [10] Rasheed, N.A. Neural Network Based Segmentation Algorithm For Arabic Characters Recognition", Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences, No. 3, Vol. 19. 2011
- [11] Fadlisyah, S.Si. Computer Vision & Pengolahan Citra., Penerbit Andi Yogyakarta, 2007
- [12] Fadlisyah, dkk. Pengolahan Citra Menggunakan Delphi., Penerbit Graha Ilmu Yogyakarta, 2008
- [13] Zulhanif, Algoritma Transformasi slant Dalam Pengklasifikasian, *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UMS*, FMIPA, Bandung, Indonesia, 2015.
- [14] H. Amroeni Drajat, Ulumul Qur'an Pengantar Ilmu-Ilmu Al-Qur'an., Kencana, Depok, 2017.
- [15] Abu Razin & Ummu Razin. Ilmu Sharaf untuk Pemula. Biasa.id .indonesia 2014
- [16] As-suyuthi, asbabun nuzul, sebabnya turun ayat Al-Qur'an, gema insani Jakarta, 2008
- [17] Rojas, R. transformasi slant and the super bowl of classifiers a tutorial introduction to adaptive boosting, freie university, berlin, 2009.
- [18] Maryana, Fadlisyah, dan Alfi Fauzi, `` Sistem Pengenalan Ayat Al-Qur'an Surah Al-Muthaffifin Ayat 1-5 Melalui Suara Menggunakan Ada-Boost," *e-Jurnal TECHISI*, vol. 10, no.1, 83,84,85 April 2018.
- [19] kumar And Pradeep, "Facerecognitionbasedonsubpatternmethodus ingslant Transform " Globaljournal Of engineering science And researches,vol 81-82 januari 2016
- [20] K.Veearaswamy, M.Koteswara.R, K.Anithasheela, and C.Himabindu "HVS Based Face Recognition Using Slant Transform" International Journal of Engineering & Technology 7 (3.34) 313-315, 2018
- [21] J. Nargaza and S. Asyura, "PENDETEKSAN DHAMIR RAF'A MUNFASIL PADA CITRA AL-QUR'AN MENGGUNAKAN ALGORITMA ADABOOSTING UNTUK MENGUKUR AKURASI PENDETEKSAN DETECTION OF DHAMIR RAFA MUNFASHIL IN THE IMAGE OF THE QURAN USING THE ADABOOSTING ALGORITHM TO MEASURE THE ACCURACY OF DETECTION," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 10, no. 2, p. 12, 2311.
- [22] J. Nargaza, R. Albar, N. Hamdi, and R. J. Utama, "IMPLEMENTASI TRANSFORMASI SLANT DALAM PENGENALAN POLA TULISAN ARAB PADA MANUSKRIP ARAB KUNO Implementation Of Slant Transformation In Recognizing Arabic Script Patterns In Ancient Arabic Manuscripts," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 11, no. 1, 2025.