



SISTEM PENGUJIAN HAFALAN AL-QUR'AN SURAH AL-A'LA MELALUI SUARA MENGGUNAKAN TRANSFORMASI HAAR WAVELET

Nurul Izza¹, Zuraida², Fajriana³

Teknik Informatika Universitas Malikussaleh Lhokseumawe
Jl. Kampus Unimal BI Blang Pulo, Aceh Utara, Indonesia
Email: nurul.200170006@mhs.unimal.ac.id

ABSTRAK

Minat terhadap hafalan Al-Qur'an saat ini semakin meningkat, dan metode pendekatan dalam menghafal pun mengalami perkembangan pesat. Hal ini ditandai dengan bertambahnya jumlah lembaga tahfidz Al-Qur'an. Namun, dengan jumlah peserta yang besar dan keterbatasan waktu serta kapasitas pengajar, proses pengujian hafalan sering kali menjadi kurang optimal. Keterbatasan kemampuan pendengaran penguji juga dapat menyebabkan kesalahan dalam menilai akurasi tajwid dan pelafalan hafalan. Masalah ini sering kali membuat proses penilaian hafalan menjadi kurang akurat dan objektif. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi berbasis teknologi yang dapat mendukung pengujian hafalan secara lebih efisien, akurat, dan objektif. Penelitian ini menggunakan pendekatan Transformasi *Haar Wavelet* untuk mengembangkan sistem pengujian hafalan surah Al-A'la melalui analisis suara. Sistem ini bertujuan mengevaluasi kesalahan atau kebenaran hafalan dengan membandingkan kemiripan antara suara latih dan suara uji. Pengujian dilakukan dengan menggunakan empat konstanta probabilitas yang berbeda ($\alpha = 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$), serta melibatkan 10 sampel suara latih dan 25 sampel suara uji. Hasil penelitian menunjukkan *detection rate* yang bervariasi: $\alpha = 0,3$ menghasilkan 40%, $\alpha = 0,4$ sebesar 56%, $\alpha = 0,5$ mencapai 88%, dan $\alpha = 0,6$ memberikan hasil tertinggi sebesar 96%, dengan total akurasi mencapai 70%. Meskipun sistem ini efektif untuk pengujian hafalan secara *real time*, kelemahan utama terletak pada sensitivitas terhadap *noise*, yang membuatnya kurang ideal untuk digunakan di lingkungan yang ramai.

Kata Kunci: *Transformasi Haar Wavelet, detection rate, real time, hafalan.*

Pendahuluan

Dengan meningkatnya minat terhadap hafalan Al-Qur'an, berbagai metode dan pendekatan pengajaran hafalan pun berkembang pesat. Hal ini terlihat dari bertambahnya jumlah lembaga tahfidz Al-Qur'an di berbagai tempat, yang berfungsi sebagai sarana bagi umat Islam untuk mempelajari dan menghafal Al-Qur'an secara intensif. Namun, meskipun minat masyarakat untuk menghafal Al-Qur'an semakin meningkat, terdapat sejumlah tantangan yang dihadapi dalam proses pengajaran dan pengujian hafalan, terutama terkait keterbatasan sumber daya manusia, seperti guru atau pembimbing tahfidz. Jumlah peserta yang besar sering kali tidak sebanding dengan jumlah pengajar yang tersedia, sehingga proses pembelajaran dan pengujian hafalan menjadi kurang optimal. Selain itu, pengujian hafalan Al-Qur'an secara manual

oleh guru sering kali bergantung pada kemampuan pendengaran dan penilaian subjektif, yang dapat menyebabkan adanya kesalahan dalam menilai akurasi tajwid dan pelafalan. Kesalahan ini bisa terjadi karena keterbatasan pendengaran manusia atau kurangnya waktu yang cukup untuk menguji seluruh hafalan dengan teliti. Akibatnya, penilaian terhadap hafalan sering kali menjadi kurang akurat dan objektif. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan solusi berbasis teknologi yang dapat membantu proses pengujian hafalan secara lebih efisien, akurat, dan objektif. Teknologi yang dapat melakukan pengujian secara otomatis dengan bantuan kecerdasan buatan atau analisis suara menjadi salah satu alternatif solusi yang menjanjikan. Sistem pengujian yang berbasis teknologi tidak hanya dapat mengurangi ketergantungan pada penilaian subjektif penguji, tetapi juga mampu mempercepat proses evaluasi hafalan serta memberikan hasil yang lebih akurat [1].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengujian hafalan Al-Qur'an yang memanfaatkan Transformasi *Haar Wavelet*. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menganalisis sinyal suara dan mendeteksi pola-pola tertentu. Sistem ini akan diaplikasikan pada pengujian hafalan surah Al-A'la, di mana proses pengujian dilakukan dengan cara membandingkan kemiripan antara suara lath dan suara uji. Dengan demikian, diharapkan sistem ini mampu memberikan solusi yang lebih efisien dan akurat dalam proses pengujian hafalan Al-Qur'an, terutama dalam memastikan kebenaran pelafalan dan tajwid.

Al-Qur'an

Al-Qur'an adalah kitab suci bagi umat Islam yang memuat firman Allah, diturunkan kepada Nabi Muhammad SAW melalui Malaikat Jibril. Tujuan diturunkannya Al-Qur'an adalah untuk dibaca, dipahami, dan diterapkan sebagai petunjuk serta pedoman hidup bagi seluruh umat manusia. Ketika wahyu tersebut sampai kepada Rasulullah, beliau segera menyampaikannya kepada para sahabat utama, kemudian ditulis oleh sahabat-sahabat lainnya. Al-Qur'an merupakan sistem operasional bagi kecerdasan manusia [2]. Dengan cakupan tema yang sangat luas, serta metodologi dan gaya bahasa yang menarik, Al-Qur'an membuka peluang untuk pengembangan kecerdasan dalam kerangka tema-tema yang konsisten, luas, mendalam, dan kuat [3].

Secara bahasa, AL-Qur'an berasal dari bahasa Arab, yaitu *qaraa-yaqrau-quraanan* yang berarti bacaan atau sesuatu yang dapat dibaca secara berulang-ulang [4]. Sebagai umat Islam dianjurkan untuk menghafal ayat suci Al-Qur'an, dikarenakan dengan menghafalnya dapat membantu melestarikan keaslian ayat suci Al-Qur'an tersebut. Menghafal Al-Qur'an adalah aktivitas mendalami dan meresapi bacaan-bacaan Al-Qur'an hingga tertanam dalam ingatan. Aktivitas ini memiliki kedudukan tertinggi dibandingkan dengan hanya membaca atau mendengarkan, karena menghafal melibatkan tiga proses sekaligus, yaitu membaca, mengulang bacaan, dan menyimpannya dalam memori otak [5].

Surah Al-A'la

Surah Al-A'la adalah surah ke-87 dalam Al-Qur'an yang tergolong sebagai surah Makkiyah, yaitu surah yang diturunkan di kota Makkah. Surah ini terdiri dari 19 ayat dan memiliki makna yang lebih tinggi dibandingkan dengan segala sesuatu, baik dalam khayalan maupun dugaan manusia. Surah ini mengandung perintah untuk bertasbih kepada Allah SWT artinya menyucikan zat Allah SWT dari segala keadaan dan sebutan yang tidak pantas kepada-Nya karena tidak ada kekurangan dan keterbasan dalam wujud pada-Nya [6].

Melalui surah Al-A'la, Allah SWT memuji setiap orang yang mensucikan diri, serta mencela setiap orang yang mengotori jiwa dan ruhaninya, seperti orang yang mengikuti hawa nafsunya, dikarenakan orang tersebut cenderung berlebihan pada perkara duniawi. Seluruh ibadah yang kita kerjakan akan menjadi cara untuk membersihkan diri kita dari segala macam dosa, baik dosa besar (*alkabair*) maupun dosa-dosa kecil (*ash-shagair*) [7].

Suara

Suara dihasilkan dari getaran suatu objek yang berbentuk sinyal analog, dengan amplitudo yang dapat berubah secara kontinu seiring waktu, dan merambat melalui udara. Selama proses getaran, terjadi perbedaan tekanan di sekitar udara. Pola osilasi yang terbentuk disebut sebagai gelombang [8]. Gelombang memiliki pola yang sama yang berulang pada interval tertentu, yang dikenal sebagai periode. Dengan demikian, suara adalah hasil dari getaran yang menciptakan gelombang melalui perubahan tekanan udara secara cepat. Getaran ini membentuk pola gelombang tertentu yang dikenal sebagai *waveform*. Bunyi yang dihasilkan juga dapat berasal dari alat ucap manusia, seperti pita suara, lidah, dan bibir [9].

Sinyal dan Suara

Sinyal adalah fenomena fisika yang salah satu atau beberapa karakteristiknya merepresentasikan informasi. Berdasarkan sifatnya, sinyal dibagi menjadi dua jenis, yaitu sinyal analog dan sinyal diskrit [10]. Suara adalah sinyal yang sangat dipengaruhi oleh waktu. Bunyi dihasilkan dari getaran yang menciptakan gelombang akibat perubahan cepat pada tekanan udara [9]. Sinyal suara merupakan sinyal yang merepresentasikan suara dan terdiri dari kombinasi berbagai frekuensi, amplitudo, serta fasa. Dalam domain waktu, sinyal suara ditunjukkan dalam bentuk tegangan atau arus yang berubah seiring waktu [11].

Gelombang suara atau sinyal audio adalah gelombang yang dihasilkan ketika suatu objek bergetar dalam rentang frekuensi yang dapat didengar oleh manusia. Gelombang ini memiliki puncak dan lembah, di mana kombinasi satu puncak dan satu lembah membentuk satu siklus yang berulang, sehingga menghasilkan konsep frekuensi. Frekuensi didefinisikan sebagai jumlah siklus yang terjadi dalam satu detik, yang diukur dalam satuan Hertz (Hz). Sinyal audio dirancang agar dapat didengar oleh

telinga manusia, yang mampu mendeteksi suara dalam rentang frekuensi antara 20 Hz hingga 20 kHz (20.000 Hz). Frekuensi terendah yang bisa didengar oleh manusia adalah 20 Hz, sementara frekuensi tertinggi adalah 20 kHz [12].

Sinyal dan Sistem

Sinyal adalah fungsi $f(t)$ yang mewakili informasi. Sinyal dalam kehidupan sehari-hari dapat berupa sinyal ucapan, dimana variabel bebasnya adalah waktu. Sinyal dapat dikategorikan menjadi sinyal *deterministik*, yaitu seluruh bentuk gelombang diketahui dan dapat dituliskan sebagai suatu fungsi, selanjutnya sinyal *stokastik*, yaitu bergantung pada variabel *independent*, misalnya jika sinyal dirusak oleh *noise*. Sinyal diproses dalam perangkat, yang diabstraksikan sebagai sistem. Sistem memiliki sinyal sebagai masukan dan keluaran. Di dalam sistem, sifat-sifat sinyal diubah atau sinyal-sinyal saling berhubungan satu sama lain [13]. Konsep dan pemahaman tentang sinyal dan sistem banyak diterapkan di berbagai sektor, termasuk elektronik, telekomunikasi, penerbangan, eksplorasi luar angkasa, kedokteran, dan pengolahan suara.

Sinyal umumnya direpresentasikan secara matematis sebagai fungsi dari satu atau lebih variabel. Sinyal yang memiliki satu variabel saja disebut sebagai sinyal satu dimensi (1-D), contohnya adalah sinyal suara, di mana amplitudonya hanya tergantung pada satu variabel, yaitu waktu. Dalam hal ini, variabel bebas untuk sinyal satu dimensi adalah waktu. Sebaliknya, sinyal multi dimensi (M-D) memiliki fungsi dengan dua variabel ruang, yaitu koordinat x dan y , contohnya sinyal gambar (*image*) [11].

Transformasi Haar Wavelet

Haar Wavelet adalah koefisien *Wavelet* yang paling tua dan paling sederhana, diperkenalkan oleh Alfred Haar pada tahun 1909 [14]. *Haar* telah menjadi sumber ide bagi munculnya keluarga *Wavelet* lainnya seperti *Daubechies* dan lain sebagainya. Transformasi *Haar Wavelet* dapat diterapkan dalam pemrosesan sinyal suara untuk menganalisis dan merepresentasikan informasi frekuensi serta waktu dalam suara.

Pada *Haar Wavelet*, *Wavelet function* didefinisikan dalam persamaan (1) [15]:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & 0 < t < 0.5 \\ -1 & 0.5 < t < 1 \\ 0 & \text{selainnya} \end{cases} \quad (1)$$

Untuk scaling function pada *Haar Wavelet* didefinisikan dalam persamaan (2):

$$\varphi(t) = \begin{cases} 1 & 0 < t < 1 \\ 0 & \text{selainnya} \end{cases} \quad (2)$$

Dalam perhitungan Transformasi *Haar Wavelet*, sinyal dibagi menjadi dua bagian, yaitu koefisien *aproksimasi* (*low-pass filter*) dan koefisien *detail* (*high-pass filter*). Koefisien *aproksimasi* fokus pada struktur jangka panjang dan ritme, yang bisa digunakan untuk menilai kemiripan umum dalam irama dan nada. Koefisien *detail* mengungkapkan informasi tentang variasi cepat atau transien dalam sinyal, seperti

kesalahan pengucapan spesifik, hentian, atau perubahan nada. *Aproksimasi* dan *detail* didefinisikan dalam persamaan (3) dan (4) :

$$a = \frac{x+y}{2} \quad (3)$$

$$d = \frac{x-y}{2} \quad (4)$$

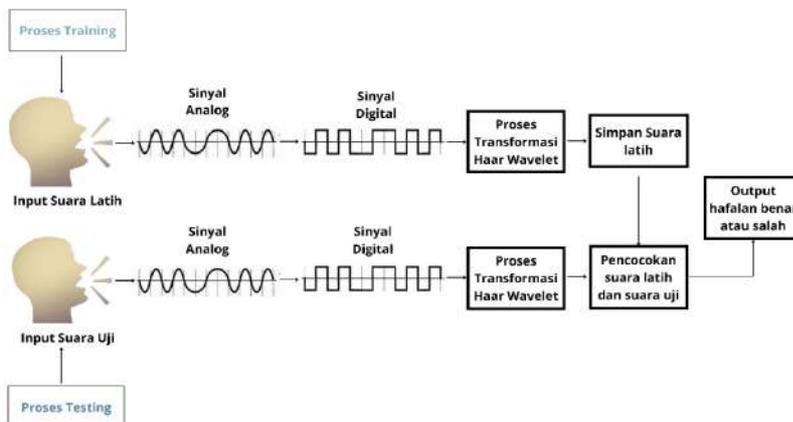
a merupakan nilai *aproksimasi* (*average*), sedangkan d merupakan nilai *detail* (*difference*), x mendeskripsikan nilai sinyal digital berturut-turut pertama, dan y mendeskripsikan nilai sinyal digital berturut-turut kedua.

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan transformasi *Haar Wavelet* adalah sebagai berikut [16]:

1. Persiapan sinyal, sinyal yang akan diolah sudah dalam bentuk digital.
2. Menghitung rata-rata setiap pasangan sampel (*average*).
3. Menghitung perbedaan tiap pasangan sampel (*differences*).
4. Tuliskan bagian pertama dari array dengan rata-rata (*average*).
5. Menulis paruh kedua array dengan perbedaan (*differences*).
6. Ulangi proses pada paruh pertama dari array. Sementara melakukan ini ukuran array harus dibagi dua pada setiap langkah.
7. Setelah semua level diproses, urutkan rata-rata terakhir dan perbedaan setiap level.

Skema Sistem

Skema sistem adalah kerangka kerja dan mekanisme yang menghubungkan berbagai unsur atau elemen yang saling berinteraksi, dengan tujuan untuk melaksanakan kegiatan secara kolaboratif dalam mencapai suatu sasaran. Berikut skema sistem untuk pengujian hafalan Al-Qur'an surah Al-A'la menggunakan transformasi *Haar Wavelet* diilustrasikan pada gambar dibawah ini:



Berdasarkan skema sistem di atas, sumber suara yang berupa bacaan Surah Al-A'la ayat 1-19 yang awalnya dalam bentuk sinyal analog akan diinput, kemudian sinyal tersebut akan diubah menjadi sinyal digital. Selanjutnya, nilai sinyal suara akan diproses menggunakan transformasi *Haar Wavelet*, yang pada akhirnya menghasilkan output berupa penilaian benar atau salah yang akan menentukan lulus atau tidak lulus hafalan berdasarkan kesamaan antara suara pelatihan dan suara pengujian.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menguji penerapan metode tranformasi *Haar Wavelet* untuk menguji hafalan Al-Qur'an pada surah Al-A'la. Penelitian ini akan menghasilkan output berupa sebuah sistem pengujian hafalan Al-Qur'an surah Al-A'la secara *real-time*.

Data yang digunakan

Dalam penelitian ini, data yang digunakan berupa rekaman suara dari bacaan ayat-ayat Al-Qur'an Surah Al-A'la, khususnya ayat 1 hingga 19. Data tersebut dibagi menjadi dua kategori, yaitu 10 sampel suara yang akan digunakan sebagai data pelatihan (*training data set*) untuk melatih sistem dalam mengenali pola suara dan 25 sampel suara yang akan digunakan sebagai data pengujian (*testing data set*) untuk mengevaluasi kinerja sistem setelah dilatih. Pengelompokan data ini penting agar sistem dapat belajar secara efektif dari data pelatihan dan kemudian diuji keakuratannya menggunakan data pengujian. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan konstanta probabilitas (tingkat *error* sistem) pengujian, yaitu $\alpha = 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$. Dalam konteks tingkat *error* ini, nilai yang lebih rendah menunjukkan bahwa sistem lebih valid dalam mengenali hafalan yang benar, sedangkan nilai yang lebih tinggi menunjukkan bahwa sistem kurang valid atau lebih sering melakukan kesalahan dalam mengenali hafalan yang benar.

Perhitungan Manual Data Latih

Berikut implementasi algoritma *Haar Wavelet* pada 14 nilai sinyal data latih:

710	-1,16226783968719
711	0,30791788856305
712	-2,15151515151515
713	1,64125122189638
714	5,9921798631476
715	0,437927663734115
716	0,510263929618768
717	-1,31378299120235
718	-9,93646138807429
719	5,25024437927664
720	-0,641251221896383
721	0,055718475073313
722	-0,100684261974585
723	0,044965786901270

Gambar 2 Sample sinyal digital latih

- a) Persiapan sinyal, sinyal yang akan diolah sudah dalam bentuk digital

Dik: $f(x) = [-1,16, 0,31, -2,15, 1,64, 5,99, 0,44, 0,51, -1,31, -9,94, 5,25, -0,64, 0,06, -0,10, 0,04]$

- b) Menghitung rata-rata tiap pasangan sampel (*average*)

- Level 1

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 1)}$$

$$\begin{aligned} a &= [(-1,16 + 0,31) / 2, (-2,15 + 1,64) / 2, (5,99 + 0,44) / 2, (0,51 + -1,31) / 2, \\ &\quad (-9,94 + 5,25) / 2, (0,64 + 0,06) / 2, (-0,10 + 0,04) / 2] \\ &= [-0,43, -0,26, 3,22, -0,40, -2,34, -0,29, -0,03] \end{aligned}$$

- c) Menghitung perbedaan tiap pasangan sampel (*differences*)

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 1)}$$

$$\begin{aligned} d &= [(-1,16 - 0,31) / 2, (-2,15 - 1,64) / 2, (5,99 - 0,44) / 2, (0,51 - (-1,31)) / 2, \\ &\quad (-9,94 - 5,25) / 2, (0,64 - 0,06) / 2, (-0,10 - 0,04) / 2] \\ &= [-0,74, -1,90, 2,78, 0,91, -7,59, -0,35, -0,07] \end{aligned}$$

- d) Tuliskan bagian pertama dari array dengan rata-rata (*average*)

$$[-0,43, -0,26, 3,22, -0,40, -2,34, -0,29, -0,03]$$

- e) Menulis paruh (bagian) kedua dari array dengan perbedaan (*differences*)

$$[-0,43, -0,26, 3,22, -0,40, -2,34, -0,29, -0,03, -0,74, -1,90, 2,78, 0,91, -7,59, -0,35, -0,07]$$

- f) Ulangi proses pada bagian pertama dari array. Ukuran array tetap harus dibagi dua pada setiap langkah.

- Level 2, ambil rata-rata / aproksimasi level 1

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 2)}$$

$$\begin{aligned} a &= [(-0,43 + (-0,26)) / 2, (3,22 + (-0,40)) / 2, (-2,34 + (-0,29)) / 2, (-0,03 + 0) / \\ &\quad 2] \\ &= [-0,34, 1,41, -1,32, -0,01] \end{aligned}$$

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 2)}$$

$$\begin{aligned} d &= [(-0,43 - (-0,26)) / 2, (3,22 - (-0,40)) / 2, (-2,34 - (-0,29)) / 2, (-0,03 - 0) / 2] \\ &= [-0,09, 1,81, -1,03, -0,01] \end{aligned}$$

- Level 3, ambil rata-rata / aproksimasi level 2

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 3)}$$

$$\begin{aligned} a &= [(-0,34 + 1,41) / 2, (-1,32 + (-0,01)) / 2] \\ &= [0,53, -0,67] \end{aligned}$$

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 3)}$$

$$d = [(-0,34 - 1,41) / 2, (-1,32 - (-0,01)) / 2]$$

$$= [-0,87, -0,65]$$

- Level 4, ambil rata-rata / aproksimasi level 3

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 4)}$$

$$a = [(0,53 + (-0,67)) / 2]$$

$$= [-0,07]$$

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 4)}$$

$$d = [(0,53 - (-0,67)) / 2]$$

$$= [0,60]$$

- g) Setelah semua level diproses, urutkan rata-rata terakhir dan perbedaan setiap level dari yang paling terakhir sampai yang paling awal.

$$= [a_i1, d_i1, d_i2, d_i3, d_i4, d_i5, d_i6, d_i7, d_i8, d_i9, d_i10, d_i11, d_i12, d_i13, d_i14]$$

$$= [-0,07, 0,60, -0,87, -0,65, -0,09, 1,81, -1,03, -0,01, -0,74, -1,90, 2,78, 0,91, -7,59, -0,35, -0,07]$$

Perhitungan Manual Data Uji

Berikut implementasi algoritma *Haar Wavelet* pada 14 nilai sinyal data uji:

710 -1,16226783968719	617 -7,90029325513197	+
711 0,30791788856305	618 10,5219941348974	+
712 -2,15151515151515	619 -8,11925708699902	+
713 1,64125122189638	620 0,328445747800586	-
714 5,9321798631476	621 0,001955034213098	-
715 0,437927663734115	622 0,021505376344086	-
716 0,510263929618768	623 0,015640273704769	+
717 -1,31378299120235	624 -0,42130967292277E	-
718 -9,93646138807429	625 0,108504398826979	-
719 5,25024437927664	626 -3,39784946236559	-
720 -0,64125122189638	627 4,20641251221896	+
721 0,055718475073313	628 -0,72238514173998	-
722 -0,10068426197458E	629 -0,255131964809384	+
723 0,044965786901270	630 0,242424242424242	-

Gambar 3 Sample sinyal digital uji

- a) Persiapan sinyal, sinyal yang akan diolah sudah dalam bentuk digital

$$\text{Dik: } f(x) = [-7,90, 10,52, -8,12, 0,33, 0,00, 0,02, 0,02, -0,42, 0,11, -3,40, 4,29, -0,72, -0,26, 0,24]$$

- b) Menghitung rata-rata tiap pasangan sampel (*average*)

- Level 1

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 1)}$$

$$a = [(-7,90 + 10,52) / 2, (-8,12 + 0,33) / 2, (0,00 + 0,02) / 2, (0,02 + (-0,42)) / 2, (0,11 + (-3,40)) / 2, (4,29 + (-0,72)) / 2, (-0,26 + 0,24) / 2]$$

$$= [1,31, -3,90, 0,01, -0,20, -1,64, 1,78, -0,01]$$

- c) Menghitung perbedaan tiap pasangan sampel (*differences*)

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 1)}$$

$$d = [(-7,90 - 10,52) / 2, (-8,12 - 0,33) / 2, (0,00 - 0,02) / 2, (0,02 - (-0,42)) / 2, \\ (0,11 - (-3,40)) / 2, (4,29 - (-0,72)) / 2, (-0,26 - 0,24) / 2] \\ = [-9,21, -4,22, -0,01, 0,22, 1,75, 2,50, -0,25]$$

- d) Tuliskan bagian pertama dari array dengan rata-rata (*average*)

$$[1,31, -3,90, 0,01, -0,20, -1,64, 1,78, -0,01]$$

- e) Menulis paruh (bagian) kedua dari array dengan perbedaan (*differences*)

$$[1,31, -3,90, 0,01, -0,20, -1,64, 1,78, -0,01, -9,21, -4,22, -0,01, 0,22, 1,75, \\ 2,50, -0,25]$$

- f) Ulangi proses pada bagian pertama dari array. Ukuran array tetap harus dibagi dua pada setiap langkah.

- Level 2, ambil rata-rata / aproksimasi level 1

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 2)}$$

$$a = [(1,31 + (-3,90)) / 2, (0,01 + (-0,20)) / 2, (-1,64 + 1,78) / 2, (-0,01 + 0) / 2] \\ = [-1,29, -0,10, 0,07, 0,00]$$

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 2)}$$

$$d = [(1,31 - (-3,90)) / 2, (0,01 - (-0,20)) / 2, (-1,64 - 1,78) / 2, (-0,01 - 0) / 2] \\ = [2,60, 0,11, -1,71, 0,00]$$

- Level 3, ambil rata-rata / aproksimasi level 2

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 3)}$$

$$a = [(-1,29 + (-0,10)) / 2, (0,07 + (0,00)) / 2] \\ = [-0,69, 0,03]$$

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 3)}$$

$$d = [(-1,29 - (-0,10)) / 2, (0,07 - (0,00)) / 2] \\ = [-0,60, 0,04]$$

- Level 4, ambil rata-rata / aproksimasi level 3

$$a = \frac{x+y}{2} \text{ (level 4)}$$

$$a = [(-0,69 + 0,03) / 2] \\ = [-0,33]$$

$$d = \frac{x-y}{2} \text{ (level 4)}$$

$$d = [(-0,69 - 0,03) / 2]$$

$$= [-0,36]$$

- g) Setelah semua level diproses, urutkan rata-rata terakhir dan perbedaan setiap level dari yang paling terakhir sampai yang paling awal.
- $$= [a_{i1}, d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}, d_{i4}, d_{i5}, d_{i6}, d_{i7}, d_{i8}, d_{i9}, d_{i10}, d_{i11}, d_{i12}, d_{i13}, d_{i14}]$$
- $$= [-0,33, -0,36, -0,60, 0,04, 2,60, 0,11, -1,71, 0,00, -9,21, -4,22, -0,01, 0,22, 1,75, 2,50, -0,25].$$

Perbandingan Data Latih dan Data Uji

Pada tahap ini, data latih dan data uji yang telah melalui proses transformasi akan dibandingkan kecocokannya pada range tertentu. Dalam implementasi sistem, range yang digunakan adalah 0,5. Perhitungan dimulai dengan membagi antara satu nilai data latih dengan satu nilai data uji secara berturut. Jika hasilnya lebih dari 0,5 maka nilai tersebut dianggap lulus, jika kurang atau sama dengan 0,5 maka dianggap tidak lulus.

Tabel 1 Hasil Perbandingan

No	Sinyal Latih	Sinyal Uji	L / U	L & TL
1	-0,07 (a_{i1})	-0,33 (a_{i1})	0,20	TL
2	0,60 (d_{i1})	-0,36 (d_{i1})	-1,65	TL
3	-0,87 (d_{i2})	-0,60 (d_{i2})	1,46	L
4	-0,65 (d_{i3})	0,04 (d_{i3})	-18,15	TL
5	-0,09 (d_{i4})	2,60 (d_{i4})	-0,03	TL
6	1,81 (d_{i5})	0,11 (d_{i5})	16,86	L
7	-1,03 (d_{i6})	-1,71 (d_{i6})	0,60	L
8	-0,01 (d_{i7})	0,00 (d_{i7})	4,38	L
9	-0,74 (d_{i8})	-9,21 (d_{i8})	0,08	TL
10	-1,90 (d_{i9})	-4,22 (d_{i9})	0,45	TL
11	2,78 (d_{i10})	-0,01 (d_{i10})	-284,10	TL
12	0,91 (d_{i11})	0,22 (d_{i11})	4,17	L
13	-7,59 (d_{i12})	1,75 (d_{i12})	-4,33	TL
14	-0,35 (d_{i13})	2,50 (d_{i13})	-0,14	TL
15	-0,07 (d_{i14})	-0,25 (d_{i14})	0,29	TL

Selanjutnya dilakukan perhitungan cek untuk *alpha*. Perhitungan cek untuk *alpha* dilakukan untuk merepresentasikan seberapa baik kinerja model atau sistem dalam mengenali pola berdasarkan perbandingan dengan *alpha*. *Alpha* merupakan nilai karakteristik yang telah ditentukan pada program yaitu 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6. Jika hasil perhitungan *alpha* cek lebih kecil dari nilai *alpha* yang telah ditentukan, maka sistem dianggap berhasil. Namun, jika hasil perhitungan *alpha* cek lebih besar atau sama dengan *alpha*, maka sistem dianggap tidak berhasil. Perhitungan dilakukan dengan membagi jumlah data yang tidak lulus dengan jumlah data yang lulus, lalu dibandingkan dengan *alpha*. Berikut contoh implementasi

$$\begin{aligned} \text{Dik: } \alpha &= 0,5 \\ &= 10 / 5 \\ &= 2 \end{aligned}$$

Hasil diatas menunjukkan $2 > 0,5$. Karena *alpha* cek $> \alpha$, maka pengujian ini dianggap tidak berhasil/ tidak lulus.

Tahap terakhir yaitu menghitung persentase kelulusan suatu pengujian. Persentase kelulusan dihitung untuk mengetahui berapa persen nilai lulus atau tidak lulus pengujian. Berdasarkan range yang telah ditentukan, nilai kelulusan berada diatas 50%, berikut perhitungannya:

$$\text{Persentase Kelulusan} = \frac{\text{Jumlah lulus}}{\text{Total Data}} \times 100$$

$$\text{Persentase Kelulusan} = \frac{5}{15} \times 100$$

$$= (5/15) \times 100$$

$$= 0,3 \times 100$$

$$= 30$$

Hasil perhitungan persentase kelulusan di atas menunjukkan bahwa tingkat kelulusan berada pada 30%. Ini berarti bahwa pengujian ini dianggap tidak lulus karena tidak memenuhi kriteria kelulusan.

Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap di mana sistem sudah siap untuk dioperasikan dalam kondisi nyata, sehingga dapat dievaluasi apakah sistem yang telah dibangun sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Dalam tahap implementasi ini, akan dijelaskan cara kerja sistem pengujian hafalan Al-Qur'an.

Form Menu Utama (Main Menu)

Menu utama berfungsi untuk menampilkan halaman yang berisi *form* pelatihan dan pengujian.



Gambar 4 *Form* Menu Utama

Gambar diatas merupakan tampilan awal dari aplikasi yang telah dibuat dari berbagai tahapan-tahapan yang sudah terlaksana sebelumnya. Tampilan *form* ini menunjukkan tampilan utama dari aplikasi yang sudah dibangun.

***Form* Deteksi**

Form ini digunakan untuk melakukan pelatihan dan pengujian suara secara *real time* dengan studi kasus surah Al-A'la. Menu ini terdiri dari *submenu* untuk suara latih dan suara uji bacaan surah Al-A'la yang akan dibacakan secara *real time*.



Gambar 5 *Form* Deteksi

Gambar diatas merupakan tempat untuk suara latih (kiri) dan suara uji (kanan). Pelatihan dimulai dengan menekan tombol "Baca", lalu baca surah Al-A'la secara real time dan untuk berhenti tekan tombol "Berhenti". Pengujian dilakukan dengan menekan tombol "Hafal" dan setelah selesai tekan tombol "Akhir" maka kolom "Hasil Uji Hafalan" akan mengeluarkan pernyataan LULUS atau TIDAK LULUS dengan jumlah nilai kelulusan suara yang benar dan salah. Selanjutnya ada kolom "Skor" yang akan menampilkan persentase kecocokan suara latih dengan suara uji. Kolom skor hanya menampilkan persentase kecocokan untuk hafalan yang benar saja.

Unjuk Kerja Sistem

Pengukuran unjuk kerja sistem dilakukan secara bertahap berdasarkan karakteristik sampel dengan jumlah data latih yang sama yaitu 10. Hasil pengukuran unjuk kerja sistem terhadap sampel yang di uji direpresentasikan pada tabel berikut:

Tabel 2 Unjuk Kerja Sistem

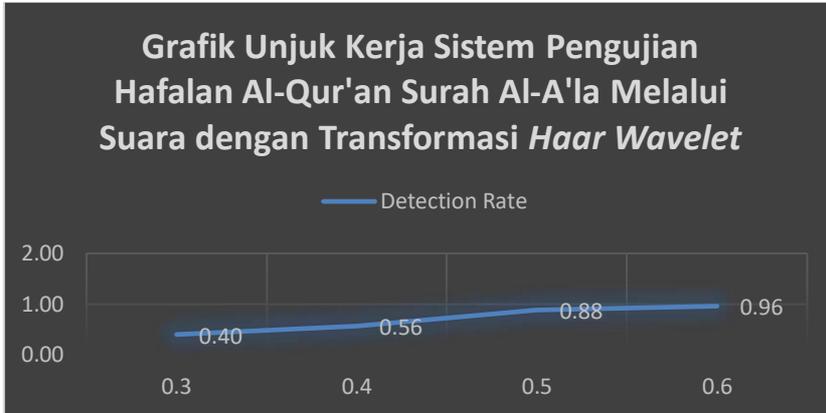
Jumlah Pelatihan	Jumlah Pengujian	k	Detection Rate	Persentase Kebenaran	False Identification	Persentase Kesalahan
10	25	0,3	10	40%	15	60%
10	25	0,4	14	56%	11	44%
10	25	0,5	22	88%	3	12%
10	25	0,6	24	96%	1	4%

Berdasarkan tabel di atas, untuk sampel yang mengandung informasi sinyal dengan karakteristik 0,3 (k_1), sistem pengujian hafalan Al-Qur'an menghasilkan persentase kebenaran sebesar 0,40 atau 40%. Pada sampel dengan karakteristik 0,4 (k_2), persentase kebenaran sistem pengujian hafalan Al-Qur'an meningkat menjadi 0,56 atau 56%. Untuk sampel dengan karakteristik 0,5 (k_3), persentase kebenaran mencapai 0,88 atau 88%. Terakhir, pada sampel yang memiliki karakteristik 0,6 (k_4), sistem ini menunjukkan persentase kebenaran sebesar 0,96 atau 96%. Untuk menghitung keakuratan sistem, jumlah semua persentase kebenaran dibagi dengan jumlah karakteristik sampel

$$\begin{aligned}
 \text{Keakuratan total} &= \frac{DR k_1 + DR k_2 + DR k_3 + DR k_4}{4} \\
 &= 40 + 56 + 88 + 96 / 4 \\
 &= 280 / 4 \\
 &= 70
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa tingkat deteksi (*detection rate*) dipengaruhi oleh jumlah data pelatihan dan karakteristik sampel yang digunakan. Semakin tinggi nilai karakteristik, semakin meningkat identifikasi hafalan yang benar tetapi tidak valid. Dengan jumlah pelatihan yang konsisten, hasil kinerja *detection rate*

yang diperoleh adalah $(k_1) < (k_2) < (k_3) < (k_4)$. Gambar 6 menampilkan grafik kinerja sistem pengujian hafalan Al-Qur'an berdasarkan karakteristik (k_1) , (k_2) , (k_3) , dan (k_4) .



Gambar 6 Grafik Unjuk Kerja Sistem

Grafik di atas menggambarkan hasil unjuk kerja sistem, dimana terdapat empat karakteristik sampel suara, yaitu karakteristik $(k_1 = 0,3)$, $(k_2 = 0,4)$, $(k_3 = 0,5)$, dan $(k_4 = 0,6)$. Setiap karakteristik menghasilkan *detection rate* yang berbeda-beda, untuk $k_1 = 0,40$ atau 40%, $k_2 = 0,56$ atau 56%, $k_3 = 0,88$ atau 88%, dan $k_4 = 0,96$ atau 96%.

Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pengujian hafalan Al-Qur'an dengan menggunakan transformasi *Haar Wavelet* mampu memiliki *detection rate* hingga 70%, sehingga persentase tingkat deteksi ini menunjukkan bahwa transformasi *Haar Wavelet* dapat digunakan sebagai metode yang efektif untuk sistem pengujian suara secara *real-time*. Kelebihan dari transformasi *Haar Wavelet* adalah kemampuannya untuk mengenali pola suara meskipun hanya menggunakan data pelatihan yang terbatas. Oleh karena itu, metode ini sangat cocok untuk diterapkan dalam sistem lanjutan yang memerlukan proses pengujian hafalan Al-Qur'an. Namun, dengan jumlah pelatihan yang banyak akan memberikan pengujian yang lebih baik. Sistem pengujian suara yang menggunakan transformasi *Haar Wavelet* dapat berfungsi dengan baik pada sampel yang memiliki karakteristik yang jelas dan memenuhi standar yang dikenali oleh sistem. Pada sampel yang terdistrosi atau yang waktu pengujian mengalami gangguan berupa *noise* dan sebagainya, informasi dalam suara tersebut tidak sesuai dengan standar yang dikenal sistem dan ketika hal itu terjadi, sistem cenderung akan membuat kesalahan.

Daftar Pustaka

- [1] Zuraida, Maryana, and Safwandi, "Sistem Pengenalan Hafalan Al-Qur'an Surah Al-'Adiyat melalui Suara menggunakan Transformasi Kosinus Diskrit," *J. Teknol. Terap. Sains 4.0*, vol. 5, 2024.
- [2] T. Basri, S. Rizki, Hartini, D. Sari, Nurnila, and Fadlisyah, "Sistem Pengenalan Ayat Al-Qur'an Surah Al-Jumu'ah Melalui Suara Menggunakan Ada-Boost," 2020.
- [3] E. Saffiana, "Al-Qur'an sebagai pedoman hidup manusia," *JIHAFAS*, vol. 3, no. 2, pp. 70–85, 2020.
- [4] Fadlisyah, "Sistem Pengenalan Ayat Al-Qur'an Melalui Suara Menggunakan Ada-Boost," 2021.
- [5] A. Kosasih, "Implementasi Metode Talaqqi dalam Menghafal Alquran," vol. 2, no. 1, pp. 88–95, 2022.
- [6] M. Nur Fuad, "Studi Surah Al- A'la tentang Materi dan Metode Dakwah dalam Kitab Al-Tafsir Al-Munir Karya Wahbah Al- Zuhaili," vol. XI, pp. 1–23, 2023.
- [7] H. Purnama, "Kumpulan Qultum dan Ceramah Agama Islam : Tafsir Q.S Al-A'la : Memaknai Ulang Kemenangan Hari Raya Idul Fitri." 2020.
- [8] I. Febriana, "Simulasi Akuisisi Sinyal Suara Dengan Menggunakan Matlab," *Semin. Nas. Forte Reg. 7*, pp. 209–213, 2021.
- [9] M. Ula, Risawandi, and Rosdian, "Sistem Pengenalan Dan Penerjemahan Al-Qur'an Surah Al –Waqi' Ah Melalui Suara Menggunakan Transformasi Sumudu," *TECHSI - J. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 1, p. 97, 2019, doi: 10.29103/techsi.v11i1.1294.
- [10] C. Zefanya and B. S. Panca, "Deteksi Blind Spot pada Sinyal Access Point menggunakan Metode Site Survey," vol. 1, pp. 261–270, 2019.
- [11] A. Novira, "Filtering Sinyal Menggunakan Band Pass Filter," *JTIM J. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 1, no. 1, pp. 66–69, 2019, doi: 10.35746/jtim.v1i1.16.
- [12] A. Purnama, "Sinyal Audio (Gelombang Suara)." [Online]. Available: <https://elektronika-dasar.web.id/sinyal-audio-gelombang-suara/>
- [13] Bernecker David, "Image processing." *Medical Imaging Systems*. 2018. doi: 10.1007/978-3-319-96520-8.
- [14] N. Anastasya, A. W. Widodo, and M. A. Rahman, "Pengelompokan Musik berdasarkan Emosi menggunakan Metode Transformasi Haar Wavelet," *J. Pengemb. Teknol. Infromasi dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 11, pp. 10524–10530, 2019.
- [15] R. S. Berutu, "Perancangan Aplikasi Deteksi Citra Mentimun yang Berkualitas dengan Metode Transformasi Haar Wavelet," *Pelita Inform.*, vol. 8, no. April, pp. 457–460, 2020.
- [16] L. Novamizanti and A. Kurnia, "Analisis Perbandingan Kompresi Haar Wavelet Transform dengan Embedded Zerotree Wavelet pada Citra," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 3, no. 2, p. 161, 2015, doi: 10.26760/elkomika.v3i2.161.