



SISTEM PENGENALAN HAFALAN AL-QUR'AN SURAH AL-BALAD MELALUI SUARA MENGGUNAKAN TRANSFORMASI FOURIER DISKRIT

Zarkasyi¹, Fadlisyah²

¹Teknik Logistik Universitas Malikussaleh Lhokseumawe

²Teknik Informatika Universitas Malikussaleh Lhokseumawe

Jl. Kampus Unimal BI Blang Pulo, Aceh Utara, Indonesia

Email: ffadlisyah@gmail.com

ABSTRAK

Prinsip pengembangan perangkat lunak otomatisasi adalah selaras dengan prinsip-prinsip yang ditekankan pada era revolusi industri 4.0., artinya perangkat lunak pada era 4.0 sudah mampu meminimisir peran manusia baik dalam pengembangannya, kemampuan belajar, ataupun operasional-operasional teknis lainnya. Untuk menjawab tantangan model 4.0, maka penelitian ini mengajukan sebuah algoritma yang *robust* dalam menguji hafalan-hafalan Qur'an secara digital. Pendekatan yang digunakan mewakili fungsi basis eksponensial yaitu Transformasi Fourier. Pengujian melibatkan 100 sampel para penghafal Qur'an. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengujian hafalan Al Qur'an menggunakan pendekatan transformasi Fourier mampu mengenali atau memiliki *detection rate* berkisar 95% pola suara. Persentase *detection rate* tersebut menunjukkan bahwa model transformasi sinyal tersebut dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk sistem pengujian suara waktu-nyata.

Keyword : Transformasi Fourier.

Pendahuluan

Tidak dipungkiri lagi, bahwa peminatan terhadap hafalan Al Qur'an semakin banyak secara kuantitas dan mengalami perkembangan secara pesat dalam metode pendekatan hafalannya. hal ini dapat dilihat dengan tumbuh suburnya secara mudah lembaga-lembaga tahfidz Qur'an. Setiap lembaga tahfidz Qur'an memiliki cara-cara sendiri dalam menerapkan praktek hafalan Qur'an kepada para santrinya, dan pastinya mereka dibimbing oleh seorang guru yang sudah menguasai Qur'an secara hafalan. Dengan peserta hafalan Qur'an yang cukup besar dan keterbatasan kemampuan pelayanan guru dalam waktu yang singkat, maka telah munculah permasalahan baru yang menarik untuk diangkat dan dicari solusi terapanannya secara efisien dan hemat waktu. Maka penelitian yang diajukan adalah bagaimana membangun sebuah sistem pengujian hafalan Qur'an yang mengadopsi kemampuan hafalan guru untuk diterapkan sebagai pengawasan dan pengujian hafalan para peserta hafalan Qur'an [1].

Pada sistem waktu-nyata, pengujian suara harus dibangun berdasarkan spesifikasi berikut:

1. Penggunaan komputasi yang efisien, hal ini mutlak diperlukan pada sistem untuk pengembangan lanjut seperti pendeteksian secara spesifik kesalahan-kesalahan yang terjadi pada proses pembacaan, pengenalan pola-pola hukum tajwid, pengenalan pola-pola yang termasuk kajian nahwu-sharaf dan lain-lain. Penggunaan komputasi yang terlalu kompleks pada sistem pengenalan dan pengujian suara akan sangat berpengaruh kepada kecepatan kinerja dalam interpretasi pola-pola suara.
2. Tingkat keakuratan pendeteksian sistem yang tinggi. Di dalam penelitian ini parameter *detection rate* digunakan sebagai acuan pengukuran unjuk kerja sistem [2].

Untuk membangun sebuah sistem pengujian hafalan Qur'an yang handal yang memenuhi kriteria di atas secara waktu-nyata maka diperlukan satu atau lebih algoritma. Beberapa algoritma yang umum yang sering digunakan dalam pengolahan suara antara lain : transformasi Fourier, Wavelet, DCT (*Discrete Cosine Transform*), transformasi Hartley, transformasi Slant, dan lain-lain. Keseluruhan algoritma memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. Sebuah algoritma yang memiliki tingkat uji yang akurat umumnya memiliki kekompleksitasan komputasi yang rumit, dan begitu juga sebaliknya, sebuah algoritma yang sederhana atau tidak terlalu melibatkan kekompleksitasan yang tinggi, umumnya sulit mendapatkan tingkat akurasi yang memuaskan, atau dengan kata lain sistem akan memiliki resiko kesalahan yang tidak kecil [3].

Permasalahan yang muncul dalam pemilihan algoritma yang diujicobakan ke dalam sistem pengujian suara secara waktu-nyata harus memiliki dua syarat : (1) efisien secara komputasi, dan (2) memiliki tingkat keakuratan yang handal, dan untuk itu, dalam penelitian yang diajukan pada kesempatan ini, peneliti menggunakan Transformasi Fourier.

Al-Qur'an

Al-Qur'an adalah kitab suci bagi umat Islam. Selain kitab suci, Al-Qur'an juga merupakan sumber hukum utama dalam ajaran agama Islam. Al-Qur'an berisi tentang aturan-aturan kehidupan manusia di dunia yang diturunkan kepada nabi Muhammad SAW lewat perantaraan malaikat Jibril.

Secara bahasa (etimologi), Al-Qur'an berasal dari bahasa Arab yaitu qur'an, dimana kata "qur'an" sendiri merupakan akar kata dari قرأنا – يقرأ. Kata قرأنا secara bahasa berarti bacaan karena seluruh isi dalam Al-Qur'an adalah ayat-ayat firman Allah dalam bentuk bacaan yang berbahasa Arab. Sedangkan pengertian Al-Qur'an menurut istilah (terminologi) ialah firman Allah yang berbentuk mukjizat, diturunkan kepada nabi Muhammad SAW, melalui malaikat Jibril yang tertulis dalam di dalam mushahif, yang diriwayatkan kepada kita dengan mutawatir, merupakan ibadah bila membacanya, dimulai dengan surat Al-Fatihah dan diakhiri dengan surat An-Naas.

Ada juga menurut pendapat ahli yang berpendapat paling kuat yang dikemukakan Dr. Subhi Al Salih berarti Bacaanasal kata Al-Qur'an, qur'an itu berbentuk masdar dengan arti Islam maful yaitu maqru(dibaca).

Konsep pemakaian kata ini dapat juga dijumpai pada salah satu surat Al-Qur'an sendiri yakni pada ayat 17 dan 18 Surah Al-Qiyamah yang artinya:

“Sesungguhnya mengumpulkan Al-Qur'an (di dalam dadamu) dan (menetapkan) bacaannya (pada lidahmu) itu adalah tanggungan Kami. (Karena itu,) jika Kami telah membacakannya, hendaklah kamu ikuti {amalkan} bacaannya”.

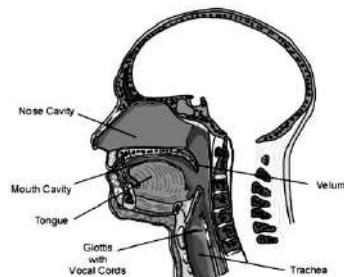
Definisi atau pengertian Al-Quran menurut bahasa dan istilah di atas merupakan kata sepakat antara ulama dan para ahli ushul. Al-Qur'an diturunkan oleh Allah SWT sebagai tata aturan bagi kehidupan semua bangsa, petunjuk yang benar untuk semua makhluk, tanda bukti atas kebenaran rasulullah Muhammad SAW, dalil yang qot'ie atas kenabian dan risalahnya. Dan sebagai hujjah yang tetap tegak hingga hari kemudian [4].

Sinyal dan Suara (Speech)

Sinyal adalah besaran fisis yang berubah menurut waktu, ruang, atau variabel-variabel bebas lainnya. Contoh sinyal: sinyal ucapan, ECG, dan EEG. Secara matematis, sinyal adalah fungsi dari satu atau lebih variabel independen. Proses ini dilakukan melalui pemodelan sinyal. Contoh fungsi matematis dari sinyal adalah:

$$f_s(t) = \sin(t)$$

Speech (wicara) dihasilkan dari sebuah kerjasama antara *lungs*(paru-paru), *glottis* (dengan *vocal cords*) dan *articulation tract* (*mouth*/mulut dan *nose cavity*/rongga hidung). Gambar 1 menunjukkan penampang melintang dari organ wicara manusia. Untuk menghasilkan sebuah *voiced sounds* (suara ucapan), paru-paru lungs menekan udara melalui *epiglottis*, *vocal cords* bergetar, menginterupt udara melalui aliran udara dan menghasilkan sebuah gelombang tekanan *quasi-periodic* [5][6][7].

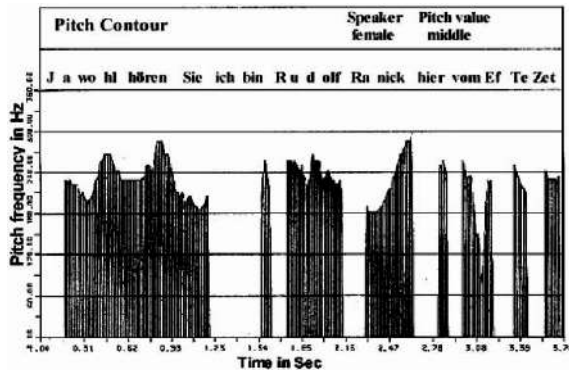


Gambar 1 Organ wicara manusia

Impuls tekanan pada umumnya disebut sebagai *pitch impulses* dan frekuensi sinyal tekanan adalah *pitch frequency* atau *fundamental frequency*. Di dalam Gambar 2 sederetan impuls (fungsi tekanan suara) dihasilkan oleh *vocal cords* untuk sebuah suara. Ini merupakan bagian dari sinyal voice (suara) yang mendefinisikan *speech melody* (melodi wicara). Ketika kita berbicara dengan sebuah frekuensi *pitch* konstan, suara sinyal wicara *monotonous* tetapi dalam kasus normal sebuah perubahan permanen pada frekuensi terjadi. Variasi frekuensi *pitch* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



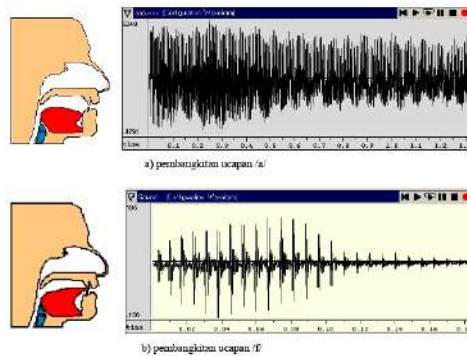
Gambar 2 Sederetan impuls (fungsi tekanan suara) yang sama



Gambar 3 Variasi pada frekuensi pitch

Impuls *pitch* merangsang udara di dalam mulut, dan untuk suara tertentu (nasals) juga merangsang *nasal cavity* (rongga hidung). Ketika rongga beresonansi, akan menimbulkan radiasi sebuah gelombang suara yang mana merupakan sinyal wicara. Kedua rongga beraksi sebagai resonators dengan karakteristik frekuensi resonansi masing-masing, yang disebut *formant frequencies*. Pada saat rongga mulut dapat mengalami perubahan besar, kita mampu untuk menghasilkan beragam pola ucapan suara yang berbeda [5][6][7].

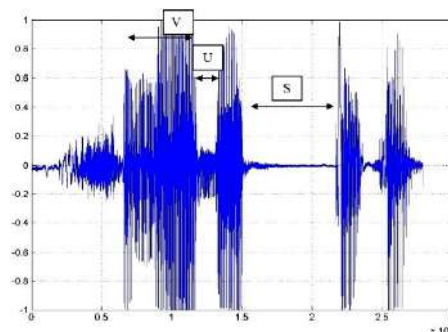
Di dalam kasus *unvoiced sounds* (suara tak terucap), exitasi pada *vocal tract* lebih menyerupai *noise* (derau). Gambar 4 menampilkan proses produksi suara-suara /a/, dan /f/. Untuk sementara perbedaan bentuk dan posisi pada organ *articulation* diabaikan saja.



Gambar 4 Proses produksi suara

Sinyal wicara merupakan sinyal yang bervariasi lambat sebagai fungsi waktu, dalam hal ini ketika diamati pada durasi yang sangat pendek (5 sampai 100 mili detik) karakteristiknya masih stasioner. Tetapi bilamana diamati dalam durasi yang lebih panjang ($> 1/5$ detik) karakteristik sinyalnya berubah untuk merefleksikan suara ucapan yang keluar dari pembicara.

Salah satu cara dalam menyajikan sebuah sinyal wicara adalah dengan menampilkannya dalam tiga kondisi dasar, yaitu *silence* (S) atau keadaan tenang dimana sinyal wicara tidak diproduksi, *unvoice* (U) dimana *vocal cord* tidak berfibrasi, dan yang ketiga adalah *voiced* (V) dimana *vocal cord* bervibrasi secara periodik sehingga menggerakkan udara ke kerongkongan melalui mekanisme akustik sampai keluar dari mulut dan menghasilkan sinyal wicara [5][6][7].



Gambar 5 Contoh sinyal wicara ucapan "Selamat Datang"

Transformasi Fourier

Transformasi Fourier pada sinyal 1 dimensi $f(x) = \{f(0), f(1), f(2), \dots, f(N-1)\}$ berukuran N , dengan indeks x bernilai dari 0 hingga $N-1$, akan menghasilkan sinyal 1 dimensi $F(u) = \{F(0), F(1), F(2), \dots, F(N-1)\}$, dengan $F(u)$ dinyatakan sebagai :

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-jut} dt$$

Dimana $F(u)$ adalah fungsi dalam domain frekwensi dan u adalah frekwensi radial $0-2\pi$ atau dapat dituliskan bahwa $u = 2\pi f$, dan $j = \sqrt{-1}$ merupakan bilangan kompleks.

Dengan memanfaatkan persamaan Euler :

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

maka persamaan Fourier dapat dinyatakan dalam bentuk trigonometri sebagai berikut :

$$F(u) = \frac{1}{N} \left(\sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos(2\pi x u / N) - j \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \sin(2\pi x u / N) \right) \text{ atau}$$

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \left[\cos\left(\frac{2\pi x u}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi x u}{N}\right) \right]$$

Hasil dari Transformasi Fourier mengandung nilai riil $R(u)$ dan imajiner $I(u)$, dan untuk menghilangkan nilai imajiner tersebut maka perlu perhitungan Magnitudo (Spektrum) dan sudut (phase). Adapun Magnitudo dapat dihitung dengan cara [7]:

$$|F(u)| = \sqrt{R(u)^2 + I(u)^2}$$

Sedangkan phase dapat dihitung dengan persamaan :

$$\theta(u) = \tan^{-1} \frac{I(u)}{R(u)}$$

Sebagai contoh, ambil kasus, diketahui sebuah sinyal $f(x) = (3, 4, 4, 5)$, maka Transformasi Fourier Diskrit – nya dapat dihitung sebagai berikut :

$$F(0), N=4, u=0$$

$$3 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 0}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 0}{4}\right) \right] \quad 3$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 1}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 1}{4}\right) \right] \quad 4$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 2}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 2}{4}\right) \right] \quad 4$$

$$5 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 3}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 0 \cdot 3}{4}\right) \right] \quad 5$$

$$F(0) = \frac{1}{4}(3 + 4 + 4 + 5) = 4$$

$$F(1), N=4, u=0$$

$$3 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 0}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 0}{4}\right) \right] \quad 3$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 1}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 1}{4}\right) \right] \quad -4j$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 2}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 2}{4}\right) \right] \quad -4$$

$$5 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 3}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 3}{4}\right) \right] \quad 5j$$

$$F(1) = \frac{1}{4}(3 - 4j - 4 + 5j) = -0,25 + 0,25j$$

$$F(2), N=4, u=0$$

$$3 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 0}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 0}{4}\right) \right] \quad 3$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 1}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 1}{4}\right) \right] \quad -4$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 2}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 2}{4}\right) \right] \quad 4$$

$$5 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 3}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 3}{4}\right) \right] \quad -5$$

$$F(2) = \frac{1}{4}(3 - 4 + 4 - 5) = -0,5$$

$$F(3), N=4, u=0$$

$$3 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 0}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 0}{4}\right) \right] \quad 3$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 1}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 1}{4}\right) \right] \quad 4j$$

$$4 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 2}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 2}{4}\right) \right] \quad -4$$

$$5 \left[\cos\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 3}{4}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi \cdot 3 \cdot 3}{4}\right) \right] \quad -5j$$

$$F(3) = \frac{1}{4}(3 + 4j - 4 - 5j) = -0,25 - 0,25j$$

Spektrum atau magnitudo dari hasil di atas berturut-turut adalah :

$$|F(u)| = \sqrt{R(u)^2 + I(u)^2}$$

$$|F(0)| = 4$$

$$|F(1)| = \sqrt{-0,25^2 + 0,25^2} = 0,35$$

$$|F(2)| = 0,5$$

$$|F(3)| = \sqrt{-0,25^2 + -0,25^2} = 0,35$$

dan phase-nya adalah :

$$\theta(u) = \tan^{-1} \frac{I(u)}{R(u)}$$

$$\theta(0) = \tan^{-1} \frac{0}{4} = \tan^{-1}(0)$$

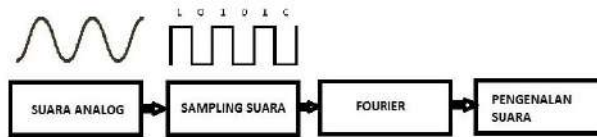
$$\theta(1) = \tan^{-1} \frac{0,25}{-0,25} = \tan^{-1}(-1)$$

$$\theta(2) = \tan^{-1} \frac{0}{-0,5} = \tan^{-1}(0)$$

$$\theta(3) = \tan^{-1} \frac{-0,25}{-0,25} = \tan^{-1}(1)$$

Skema Sistem

Skema sistem pengujian hafalan Al Qur'an yang dibangun dalam penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 6.

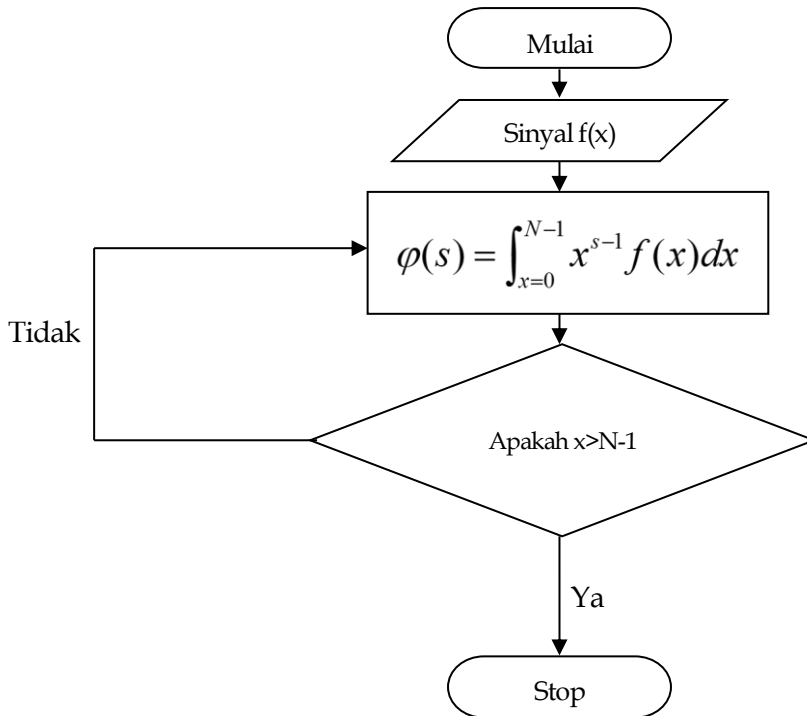


Gambar 6 Skema sistem pengujian hafalan Al Qur'an

Adapun tahapan yang dilakukan setelah sistem pengujian hafalan Al Qur'an, pertama-tama sistem akan mentransformasikan sinyal analog pada domain waktu menjadi sinyal digital pada domain frekuensi. Sinyal-sinyal analog direkam dan ditransformasikan menggunakan transformasi Fourier. Selanjutnya sistem akan melakukan komputasi magnitudo/spektrum, dan hasil dari komputasi spektrum ini dijadikan acuan kedekatan dengan berbagai sinyal-sinyal pengujian.

Diagram alir untuk pentransformasian sinyal domain waktu (analog) menjadi sinyal domain frekuensi (digital) menggunakan transformasi Fourier dibangun berdasarkan Gambar 7:

Transformasi Fourier adalah sebuah model transformasi sinyal yang memiliki komputasi yang efisien. Sebarisan sinyal-sinyal analog ditampung secara tidak permanen di dalam memori, dan ditransformasikan menjadi nilai-nilai frekuensi. Sinyal-sinyal di transformasikan per segmen memori, yang bertujuan agar informasi-informasi atau ciri-ciri sinyal tidak hilang.

Gambar 7 Diagram alir transformasi *Fourier*

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran unjuk kerja sistem dilakukan dengan pelatihan bertahap. Pada sampel yang memuat informasi sinyal-sinyal yang memiliki $\alpha=0,3 (k_1)$, sistem pengujian hafalan Al Qur'an memiliki tingkat keakuratan sebesar 65%. Tabel 1 mengilustrasikan beberapa hasil pengukuran unjuk kerja sistem pengujian suara (k_1) . Hasil evaluasi sistem menunjukkan bahwa peningkatan *Detection Rate* sangat terkait dengan peningkatan jumlah pelatihan. Pada sampel yang memuat informasi sinyal-sinyal yang memiliki $\alpha=0,4 (k_2)$, sistem pengujian hafalan Al Qur'an memiliki tingkat keakuratan sebesar 70%. Tabel 2 mengilustrasikan beberapa hasil pengukuran unjuk kerja sistem pengujian suara (k_2) .

Tabel 1. Hasil unjuk kerja sistem pengujian hafalan Al Qur'an (k_1).

Jumlah Sampel Pelatihan	Jumlah Sampel Pengujian	Jumlah Pendeteksian yang benar	False Positive Rate	Detection Rate
25	100	40	0,6	0,4
50	100	49	0,51	0,49
75	100	55	0,35	0,55
100	100	65	0,25	0,65

Tabel 2. Hasil unjuk kerja sistem pengujian hafalan Al Qur'an (k_2).

Jumlah Sampel Pelatihan	Jumlah Sampel Pengujian	Jumlah Pendeteksian yang benar	False Positive Rate	Detection Rate
25	100	45	0,55	0,45
50	100	52	0,48	0,52
75	100	61	0,39	0,61
100	100	70	0,3	0,7

Pada sampel yang memuat informasi sinyal-sinyal yang memiliki $\alpha=0,5$ (k_3), sistem pengujian hafalan Al Qur'an memiliki tingkat keakuratan sebesar 82%. Tabel 3 mengilustrasikan beberapa hasil pengukuran unjuk kerja sistem pengujian suara (k_3).

Pada sampel yang memuat informasi sinyal-sinyal yang memiliki $\alpha=0,6$ (k_4), sistem pengujian hafalan Al Qur'an memiliki tingkat keakuratan sebesar 90%. Tabel 4 mengilustrasikan beberapa hasil pengukuran unjuk kerja sistem pengujian suara kategori (k_4).

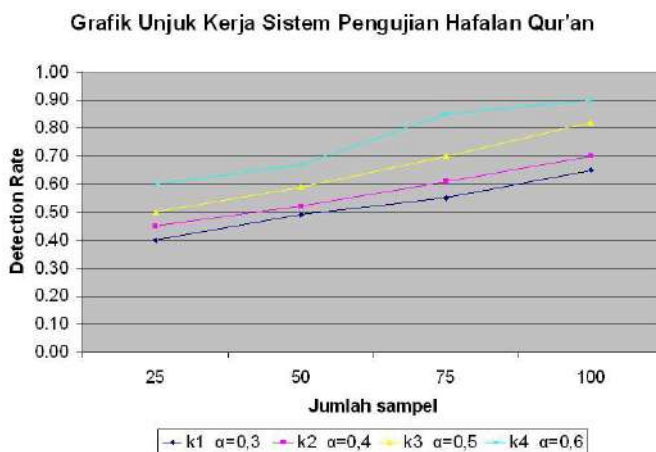
Tabel 3. Hasil unjuk kerja sistem pengujian hafalan Al Qur'an (k_3).

Jumlah Sampel Pelatihan	Jumlah Sampel Pengujian	Jumlah Pendeteksian yang benar	False Positive Rate	Detection Rate
25	100	50	0,5	0,5
50	100	59	0,41	0,59
75	100	70	0,3	0,7
100	100	82	0,18	0,82

Tabel 4. Hasil unjuk kerja sistem pengujian hafalan Al Qur'an (k_4).

Jumlah Sampel Pelatihan	Jumlah Sampel Pengujian	Jumlah Pendeteksian yang benar	False Positive Rate	Detection Rate
25	100	60	0,4	0,6
50	100	67	0,33	0,67
75	100	85	0,15	0,85
100	100	90	0,1	0,9

Hasil pengujian untuk (k_1) , (k_2) , (k_3) , dan (k_4) , menunjukkan bahwa *detection rate* sangat dipengaruhi oleh kekompleksitasan sampel. Untuk jumlah sampel pelatihan yang sama, maka hasil unjuk kerja *detection rate* yang diperoleh adalah $(k_1) < (k_2) < (k_3) < (k_4)$. Gambar 8 menunjukkan grafik hasil unjuk kerja sistem pengujian hafalan Al Qur'an (k_1) , (k_2) , (k_3) , dan (k_4) .



Gambar 8 Grafik unjuk kerja transformasi Fourier terhadap sistem pengujian hafalan Al Qur'an (k_1) , (k_2) , (k_3) , dan (k_4) .

Pada Gambar 8, grafik mengilustrasikan pengujian dan pengukuran unjuk kerja dilakukan setelah 25 vektor pola suara hafalan Al Qur'an dilatih untuk keseluruhan karakteristik sampel (k_1) , (k_2) , (k_3) , dan (k_4) . Jumlah sampel pengujian adalah sebanyak 100 vektor pola suara hafalan Al Qur'an, untuk seluruh tahap pelatihan. Pada tahap awal pengujian dilakukan pada sistem yang telah dilatih 25 vektor pola suara, dan diperoleh berturut-turut nilai *detection rate* untuk $k_1 = 0,4$ atau 40%, $k_2 = 0,45$ atau 45%, $k_3 = 0,50$ atau 50%, dan $k_4 = 0,6$ atau 60%. Pada tahap kedua pengujian dilakukan pada sistem yang telah dilatih 50 vektor pola suara, dan diperoleh berturut-turut nilai *detection rate* untuk $k_1 = 0,49$ atau 49%, $k_2 = 0,52$ atau 52%, $k_3 = 0,59$ atau 59%, dan $k_4 = 0,67$ atau 67%. Pada tahap ketiga pengujian dilakukan pada sistem yang telah dilatih 75 vektor pola suara, dan diperoleh berturut-turut nilai *detection rate* untuk $k_1 = 0,55$ atau 55%, $k_2 = 0,61$ atau 61%, $k_3 = 0,70$ atau 70%, dan $k_4 = 0,85$ atau 85%. Dan Pada tahap akhir pengujian dilakukan pada sistem yang telah dilatih 100

vektor pola suara, dan diperoleh berturut-turut nilai *detection rate* untuk $k_1 = 0,65$ atau 65%, $k_2 = 0,70$ atau 70%, $k_3 = 0,82$ atau 82%, dan $k_4 = 0,90$ atau 90%.

Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengujian hafalan Al Qur'an menggunakan pendekatan transformasi Fourier mampu mengenali atau memiliki *detection rate* berkisar 95% pola suara. Persentase *detection rate* tersebut menunjukkan bahwa model transformasi sinyal tersebut dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk sistem pengujian suara waktu-nyata. Keunggulan transformasi Fourier adalah kemampuan pengenalan pola suara dengan jumlah data pelatihan yang tidak terlalu besar, sangat tepat untuk diterapkan pada sistem lanjutan yang membutuhkan proses pengujian hafalan Al Qur'an.

Sistem pengujian suara menggunakan transformasi Fourier mampu bekerja dengan baik pada sampel yang memiliki informasi ciri standar, sebaliknya pada sampel yang memuat informasi ciri yang terdistorsi, sistem pengujian suara memiliki *false positive rate* yang tinggi, atau memiliki peluang error besar.

Daftar Pustaka

- [1] Fadlisyah, 2020. *Sistem Waktu Nyata Pengujian Hafalan Ayat-Ayat Suci Al Qur'an Secara Eksponensial Dan Nonsinusoidal*. Jurnal TECHSI Informatika.
- [2] Fadlisyah. 2014. Sistem Pendeteksian Wajah Pada Video Menggunakan Jaringan Adaptive Linear Neuron (ADALINE). Tesis. Universitas Sumatra Utara..
- [3] Fadlisyah. 2020. *Pengolahan Citra dan Suara*, Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta
- [4] Zarkasyi. 2011. *Pengantar ilmu Qur'an*, Penerbit TASTAFI. Lhokseumawe
- [5] Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [6] Fadlisyah. 2022. *Qur'an Memory Testing System Through Voice Using Mellin And Walsh Transformation*. International Journal of Mechanical Engineering Vol. 7 No. 1 (January, 2022) SCOPUS Q-4. ISSN: 0974-5823. https://kalaharijournals.com/resources/141-160/IJME_Vol7.1_149.pdf
- [7] Fadlisyah, Bustami, dan Ikhwanus. 2013. *Pengolahan Suara*, Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta. (978-979-756-929-7)