Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN: 2548-964X
Vol. 4, No. 4, April 2020, hlm. 1160-1167 http://j-ptiik.ub.ac.id

Deteksi Pergerakan Bola Mata untuk Pemilihan Empat Menu Menggunakan Metode *Facial Landmark* dengan Ekstraksi Fitur LBP dan Klasifikasi K-NN

Rhaka Gemilang Sentosa[1], Fitri Utaminingrum[2], Eko Setiawan[3]

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: [1]rhakagesa@student.ub.ac.id, [2]f3_ningrum@ub.ac.id, [3]ekosetiawan@ub.ac.id

Abstrak

Semakin canggihnya teknologi membuat semua perangkat elektronik dapat dikendalikan melalui perantara seperti *joystick*, *remote control*, dan lain sebagainya. Hal ini merupakan permasalahan bagi penderita stroke karena keterbatasan mereka untuk menggerakkan anggota tubuhnya sehingga tidak dapat mengedalikan perangkat tersebut. Maka perlu dibuat sistem pemilihan menu pada *display* yang mampu mengeluarkan *output* suara untuk memudahkan penderita stroke dalam melakukan komunikasi. Penderita stroke memiliki keterbatasan untuk menggerakkan anggota tubuhnya namun mereka masih dapat menggerakkan kedua bola matanya. Penelitian ini dibuat untuk mengatasi keterbatasan mereka dengan memanfaatkan metode klasifikasi K-Nearest Neighbor untuk mengklasifikasi nilai fitur yang dihasilkan dari deteksi pergerakan bola mata menggunakan pengolahan citra digital dengan metode facial landmark untuk mendeteksi area mata dan menggunakan metode LBP untuk ekstraksi fitur pada area mata. Sistem ini menghasilkan akurasi deteksi pergerakan bola mata pada pencahayaan terang sebesar 100% dan pada pencahayaan redup menghasilkan akurasi sebesar 60%, 20%, 100%, dan 100% untuk pergerakan bola mata ke depan, ke kanan, ke kiri, dan ke atas. Hasil akurasi integrasi pergerakan bola mata terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara menghasilkan akurasi sebesar 100%. Hasil waktu komputasi sistem adalah 399,7 ms, 398,4 ms, 398,4 ms, 396,8 ms untuk pergerakan bola mata ke depan, ke kanan, ke kiri, dan ke atas.

Kata Kunci: stroke, facial landmark, local binary pattern, k-nearest neighbor, menu, pergerakan bola mata, display.

Abstract

The more sophisticated technology makes all electronic devices can be made through joysticks, remote controls, and so on. This is a challenge for stroke sufferers because it limits them to move the member must make it able to rotate the device. Then the menu selection system needs to be made on the display that is able to make a sound to facilitate sufferers in communicating. Stroke sufferers have limitations to move members but can still move the two balls. This research was made to overcome their limitations by using the K-Nearest Neighbor classification method to classify the value of features resulting from ball motion detection using digital image processing with the face landmark method to convert eye areas and using the LBP method to extract features in the eye area. This system produces an accuracy of 100% and in dim lighting produces an accuracy of 60%, 20%, 100%, and 100% for moving the eyeball forward, right, left, and up. 100% accuracy results. The results of computational time are 399.7 ms, 398.4 ms, 398.4 ms, 396.8 ms for moving the eyeball forward, right, left, and up.

Keywords*: stroke, facial landmark, local binary pattern, k-nearest neighbor, menu, eyeball movement, display.*

1. PENDAHULUAN

Komunikasi nonverbal merupakan cara komunikasi yang pengiriman pesannya tidak melalui ucapan melainkan menggunakan gerakan tubuh seperti memberi isyarat melalui ekspresi wajah, menggerakkan tangan dan lain sebagainya. Komunikasi nonverbal biasanya digunakan oleh seseorang yang menderita penyakit pada rongga mulutnya sehingga menyebabkan seseorang tersebut bisu. Salah satu penyakit yang banyak dialami oleh

seseorang sehingga menyebabkan seseorang tersebut tidak dapat melakukan komunikasi nonverbal adalah stroke.

Stroke adalah penyakit yang menyerang otak. Penyakit stroke disebabkan kekurangan pasokan darah yang mengalir ke otak sehingga menyebabkan koneksi antara sel saraf hilang dikarenakan sel saraf pada otak tersebut mati. Kondisi tersebut mengakibatkan otak tidak dapat mengendalikan bagian tubuh secara normal. Dampak dari penyakit stroke adalah tubuh mengalami kelumpuhan sehingga lidah pun juga mengalami kelumpuhan. Kelumpuhan tersebut mengakibatkan seseorang yang menderita penyakit stroke mengalami kesusahan untuk berbicara (Indah, 2011). Kondisi tersebut menjadi masalah bagi seseorang yang menderita penyakit stoke karena mereka tidak dapat berkomunikasi dengan orang disekitarnya.

Semakin canggihnya teknologi membuat semua perangkat elektronik dapat dikendalikan melalui perantara seperti *joystick*, *remote control*, dan lain sebagainya. Hal ini merupakan permasalahan bagi para penderita stroke karena keterbatasan mereka untuk menggerakkan anggota tubuhnya sehingga tidak dapat mengendalikan perangkat tersebut. Dari permasalahan yang dialami para penderita stroke tersebut maka perlu dibuat sistem yang mampu untuk memilih menu pada *display*. Menu tersebut memiliki empat pilihan yang sesuai dengan kebutuhan umum para penderita stroke. Masing - masing empat menu tersebut dapat mengeluarkan *output* suara yang berfungsi untuk memudahkan penderita stroke berkomunikasi dengan sekitarnya. Pada umumnya penderita stroke mengalami kelumpuhan pada hampir seluruh anggota badannya sehingga anggota badan tersebut tidak dapat digerakkan secara normal. Hal ini menjadi permasalahan besar bagi para penderita stroke dalam melakukan aktivitasnya sehari - hari. Meskipun demikian, para penderita stroke masih dapat menggerakkan kedua bola matanya.

Pengolahan citra digital dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengambilan gambar bola mata pada penderita stroke. Pengolahan citra digital adalah sebuah proses yang digunakan untuk mengolah gambar, gambar yang diproses objeknya adalah wajah yang difokuskan pada bola mata para penderita stroke. Gambar yang dihasilkan menyediakan informasi mengenai pergerakan bola mata dari deteksi perubahan posisi bola mata. Hasil dari pengolahan citra digital ini dapat dimanfaatkan untuk membantu mengatasi keterbatasan mereka.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Satriyanto, et al., (2010) memanfaatkan pengolahan citra digital untuk mengendalikan pointer dengan menggunakan gerakan mata. Deteksi pergerakan bola mata tersebut menggunakan metode *Haar Classifier*. Namun, sistem dalam penelitian ini memilki kelemahan yaitu ketika sistem diimplementasikan objek harus berada pada jarak yang dekat dengan kamera. Jarak maksimal agar sistem dapat mendeteksi bola mata adalah 40cm.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Purwanto (2019) memanfaatkan metode *facial landmark* untuk mendeteksi pergerakan mata. Sistem pada penelitian ini menghasilkan akurasi sebesar 91% pada jarak 50cm dengan menggunakan metode *facial landmark* untuk deteksi pergerakan mata. Metode *facial landmark* dapat melakukan deteksi objek berupa wajah manusia. Deteksi objek wajah manusia tersebut mengandung informasi titik koordinat wajah. Titik koordinat wajah tersebut dapat dimanfaatkan untuk deteksi area mata. Hasil deteksi area mata perlu diolah untuk mendapatkan fiturnya. Penelitian yang dilakukan oleh Retnoningrum (2019) memanfaatkan metode *local binary pattern* (LBP) untuk mengekstraksi fitur dari suatu objek yaitu tangan manusia. Metode LBP mampu mengekstraksi fitur terhadap objek seperti benda ataupun objek anggota tubuh manusia. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk melakukan ekstraksi fitur pada area bola mata untuk mendapatkan fitur bola mata tersebut. Hasil ekstraksi fitur bola mata bervariasi sehingga perlu klasifikasi untuk mengolah fitur tersebut. Klasifikasi fitur tersebut menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Penelitian yang dilakukan oleh Tristianti (2017) memanfaatkan K-NN untuk mengklasifikasi sinyal *Electromyogram* (EMG) pada otot lengan. Kelebihan metode klasifikasi K-NN yaitu efektif pada data yang besar dan tangguh terhadap data yang memiliki noise.

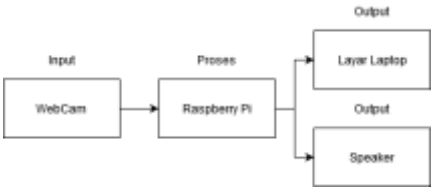
Berdasarkan dari uraian permasalahan, untuk mengatasi masalah maka peneliti membuat sebuah penelitian dengan judul "Deteksi Pergerakan Bola Mata Untuk Pemilihan Empat Menu Menggunakan Metode Facial Landmark Dengan Ekstraksi Fitur LBP

Dan Klasifikasi K-NN". Penelitian ini memanfaatkan metode klasifikasi K-NN untuk mengklasifikasi nilai fitur yang dihasilkan dari deteksi pergerakan bola mata pada penderita stroke menggunakan pengolahan komputasi citra dengan metode *facial landmark* untuk mendeteksi area mata dan menggunakan metode LBP untuk ekstraksi fitur pada area mata. Hasil dari klasifikasi *k-nearest neighbor* dapat menghasilkan keluaran sistem berupa pemilihan empat menu dan suara. Sehingga dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu para penderita stroke untuk mengatasi keterbatasannya dalam berkomunikasi dengan orang disekitarnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem ini dapat menghasilkan suara dan memilih menu pada *display* berdasarkan pergerakan bola mata. Sistem ini terdiri dari beberapa alat yaitu Raspberry Pi 3, kamera WebCam, *speaker*, dan perangkat komputer. Cara kerja sistem ini adalah dengan memanfaatkan kamera WebCam yang berfungsi untuk menangkap citra wajah manusia kemudian citra wajah manusia menjadi *input* pada Raspberry Pi 3. Citra wajah manusia tersebut akan diproses menggunakan menggunakan metode *facial landmark* sehingga akan dihasilkan deteksi citra bola mata. Citra bola mata akan diproses menggunakan metode *Local Binary Pattern (LBP)* untuk ekstraksi fitur pada bola mata tersebut. Hasil ekstrasi fitur bola mata akan dijadikan sebagai parameter klasifikasi pergerakan bola mata dengan menggunakan metode *klasifikasi K-Nearest Neighbour (K-NN).* Diagram blok sistem seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem

2.2 Perancangan Perangkat Keras

Sistem dirancang dengan menggunakan beberapa alat perangkat keras diantaranya adalah kamera webcam sebagai input sistem, Raspberry Pi untuk memproses perintah berupa source code atau kode program, speaker sebagai output yang dapat mengeluarkan suara, dan monitor laptop sebagai output untuk menampilkan tampilan menu. Gambar 2. adalah desain perancangan perangkat keras pada sistem. Laptop, Raspberry Pi, dan speaker diletakkan di atas meja sedangkan kamera diletakkan diatas laptop tepatnya pada posisi tengah dengan cara diapitkan pada layar laptop. Posisi kamera webcam berada di depan pengguna dengan jarak sekitar 40 hingga 100 cm. Sistem menggunakan Raspberry Pi yang dihubungkan dengan adaptor 5V melalui port power, kamera webcam melalui port USB, speaker dihubungkan melalui port jack audio 3.5mm dan port USB untuk power speaker agar menyala. Kemudian Raspberry PI disambungkan dengan menggunakan koneksi hotspot agar dapat terhubung dengan laptop.

Gambar 2. Desain perancangan perangkat keras sistem

Gambar 3. Implementasi perangkat keras sistem

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pertama sistem mengambil citra wajah menggunakan kamera webcam untuk dijadikan input sistem. Kemudian input citra wajah diproses dengan menggunakan metode facial landmark untuk diambil citra area mata saja. Hasil deteksi citra area mata diproses menggunakan local binary pattern (LBP) untuk dilakukan ekstraksi fitur pada citra bola mata. Kemudian hasil dari ekstraksi fitur citra bola mata dijadikan acuan untuk melakukan klasifikasi pergerakan bola mata ke kanan, kiri, atas, dan depan menggunakan metode K-Nearest Neighbor (K-NN). Output yang dihasilkan oleh sistem ini berupa pemilihan menu display dan

suara berdasarkan hasil klasifikasi pergerakan bola mata. Gambar 3. merupakan flowchart proses utama pada sistem.

Gambar 4. Flowchart proses utama pada sistem

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

3.1 Pengujian Nilai Akurasi Deteksi Pergerakan Bola Mata pada Pencahayaan Yang Bervariatif (Terang dan Redup)

Sub bab ini melakukan pengujian terhadap deteksi masing - masing pergerakan bola mata yaitu pergerakan ke kanan, ke kiri, ke atas, dan ke depan pada pencahayaan yang bervariatif (terang dan redup) untuk mengetahui berapa nilai akurasi yang dihasilkan dari deteksi masing - masing pergerakan tersebut.

Pengujian dilakukan terhadap sepuluh orang yang diambil citra matanya yang digerakkan ke kanan, kiri, atas, depan, dan berkedip. Subjek pengujian terdiri dari delapan orang dewasa dan dua orang anak - anak dengan *gender* laki - laki.

Hasil pengujian nilai akurasi terhadap deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) pada pencahayaan yang bervariatif (terang dan redup) pada Tabel 1 menghasilkan nilai akurasi sebesar 100% pada tiap masing - masing pergerakan bola mata tersebut. Sedangkan pada Tabel 2 untuk kondisi pencahayaan redup menghasilkan akurasi sebesar 60% pada kondisi pergerakan bola mata ke depan dan untuk kondisi pergerakan bola mata ke kanan menghasilkan akurasi sebesar 20%. Kemudian pada kondisi pergerakan bola mata ke kiri dan kondisi pergerakan bola mata ke atas tiap pergerakan menghasilkan nilai akurasi sebesar 100%. Hal ini membuktikan bahwa sistem ini dapat bekerja dan menghasilkan akurasi tertinggi pada kondisi pencahayaan yang terang sedangkan ketika sistem bekerja pada kondisi pencahayaan yang redup maka akurasi dari sistem ini berkurang.

Tabel 1. Pengujian nilai akurasi hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) pada pencahayaan terang

Kondisi Pergerakan Bola Mata	Pengujian	Hasil Deteksi	Hasil Sistem	Akurasi (%)
Depan	Pengguna 1	Depan	Benar	100%
	Pengguna 2	Depan	Benar	100%
	Pengguna 3	Depan	Benar	100%
	Pengguna 4	Depan	Benar	100%
	Pengguna 5	Depan	Benar	100%
	Pengguna 6	Depan	Benar	100%
	Pengguna 7	Depan	Benar	100%
	Pengguna 8	Depan	Benar	100%
	Pengguna 9	Depan	Benar	100%
	Pengguna 10	Depan	Benar	100%
Rata – Rata Akurasi (%)				100%
Kanan	Pengguna 1	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 2	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 3	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 4	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 5	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 6	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 7	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 8	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 9	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 10	Kanan	Benar	100%
Rata – Rata Akurasi (%)				100%
Kiri	Pengguna 1	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 2	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 3	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 4	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 5	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 6	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 7	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 8	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 9	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 10	Kiri	Benar	100%
Rata – Rata Akurasi (%)				100%
Atas	Pengguna 1	Atas	Benar	100%
	Pengguna 2	Atas	Benar	100%
	Pengguna 3	Atas	Benar	100%

	Pengguna 4	Atas	Benar	100%
	Pengguna 5	Atas	Benar	100%
	Pengguna 6	Atas	Benar	100%
	Pengguna 7	Atas	Benar	100%
	Pengguna 8	Atas	Benar	100%
	Pengguna 9	Atas	Benar	100%
	Pengguna 10	Atas	Benar	100%
Rata – Rata Akurasi (%)				100%

Tabel 2. Pengujian nilai akurasi hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) pada pencahayaan redup

Kondisi Pergerakan Bola Mata	Pengujian	Hasil Deteksi	Hasil Sistem	Akurasi (%)
Depan	Pengguna 1	Depan	Benar	100%
	Pengguna 2	Atas	Salah	0%
	Pengguna 3	Depan	Benar	100%
	Pengguna 4	Depan	Benar	100%
	Pengguna 5	Atas	Salah	0%
	Pengguna 6	Kanan	Salah	0%
	Pengguna 7	Depan	Benar	100%
	Pengguna 8	Atas	Salah	0%
	Pengguna 9	Depan	Benar	100%
	Pengguna 10	Depan	Benar	100%
Rata – Rata Akurasi (%)				60%
Kanan	Pengguna 1	Kiri	Salah	0%
	Pengguna 2	Atas	Salah	0%
	Pengguna 3	Atas	Salah	0%
	Pengguna 4	Kiri	Salah	0%
	Pengguna 5	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 6	Kiri	Salah	0%
	Pengguna 7	Atas	Salah	0%
	Pengguna 8	Kanan	Benar	100%
	Pengguna 9	Kiri	Salah	0%
	Pengguna 10	Kiri	Salah	0%
Rata – Rata Akurasi (%)				20%
Kiri	Pengguna 1	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 2	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 3	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 4	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 5	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 6	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 7	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 8	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 9	Kiri	Benar	100%
	Pengguna 10	Kiri	Benar	100%
Rata – Rata Akurasi (%)				100%
Atas	Pengguna 1	Depan	Salah	0%
	Pengguna 2	Atas	Benar	100%
	Pengguna 3	Atas	Benar	100%
	Pengguna 4	Atas	Benar	100%
	Pengguna 5	Atas	Benar	100%
	Pengguna 6	Kiri	Salah	0%
	Pengguna 7	Atas	Benar	100%
	Pengguna 8	Atas	Benar	100%
	Pengguna 9	Atas	Benar	100%
	Pengguna 10	Atas	Benar	100%
Rata – Rata Akurasi (%)				80%

Gambar 5. Hasil pengujian nilai akurasi hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) pada pencahayaan yang terang

Gambar 6. Hasil pengujian nilai akurasi hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) pada pencahayaan yang redup

3.2 Pengujian Nilai Akurasi Integrasi Masing - Masing Pergerakan Bola Mata Terhadap Pemilihan Empat Menu Berbasiskan Suara

Pengujian nilai akurasi integrasi masing - masing pergerakan bola mata terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara dilakukan untuk menguji mengetahui berapa nilai akurasi yang dihasilkan dari masing - masing pergerakan bola mata terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara tersebut.

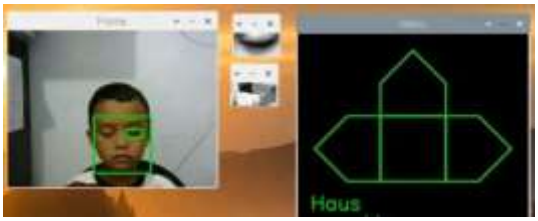
Pengujian nilai akurasi integrasi masing - masing pergerakan bola mata terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui keakuratan sistem berdasarkan nilai yang didapatkan dari pengujian nilai akurasi integrasi masing - masing pergerakan bola mata terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara tersebut. Pengujian integrasi masing - masing pergerakan bola mata terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara ini dilakukan untuk menguji seberapa akurat sistem ini ketika sistem dapat memilih empat menu berbasiskan suara berdasarkan dari klasifikasi pergerakan bola mata.

Hasil pengujian nilai akurasi integrasi masing - masing pergerakan bola mata terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara pada

Tabel 3 menghasilkan akurasi sebesar 100% pada tiap masing - masing pergerakan bola yaitu kanan, kiri, atas dan depan. Berdasarkan hasil nilai akurasi tersebut sistem ini dapat melakukan pemilihan empat menu display berbasiskan suara berdasarkan klasifikasi pergerakan bola mata dengan sangat baik.

Tabel 3. Pengujian Integrasi Masing - Masing Pergerakan Bola Mata Terhadap Pemilihan Empat Menu Berbasiskan Suara Pada Pencahayaan Terang

Kondisi Pergerakan Bola Mata	Pengujian	Hasil Deteksi	Hasil Integrasi Menu		Akurasi (%)
			Memilih Menu	Eksekusi	
Depan	Pengguna 1	Depan			100%
	Pengguna 2	Depan			
	Pengguna 3	Depan			
	Pengguna 4	Depan			
	Pengguna 5	Depan			
	Pengguna 6	Depan			
	Pengguna 7	Depan			
	Pengguna 8	Depan			
	Pengguna 9	Depan			
	Pengguna 10	Depan			
Rata – Rata Akurasi (%)					100%
Kanan	Pengguna 1	Kanan			100%
	Pengguna 2	Kanan			
	Pengguna 3	Kanan			
	Pengguna 4	Kanan			
	Pengguna 5	Kanan			
	Pengguna 6	Kanan			
	Pengguna 7	Kanan			
	Pengguna 8	Kanan			
	Pengguna 9	Kanan			
	Pengguna 10	Kanan			
Rata – Rata Akurasi (%)					100%
Kiri	Pengguna 1	Kiri			100%
	Pengguna 2	Kiri			
	Pengguna 3	Kiri			
	Pengguna 4	Kiri			
	Pengguna 5	Kiri			
	Pengguna 6	Kiri			
	Pengguna 7	Kiri			
	Pengguna 8	Kiri			
	Pengguna 9	Kiri			
	Pengguna 10	Kiri			
Rata – Rata Akurasi (%)					100%
Atas	Pengguna 1	Atas			100%
	Pengguna 2	Atas			
	Pengguna 3	Atas			
	Pengguna 4	Atas			
	Pengguna 5	Atas			
	Pengguna 6	Atas			
	Pengguna 7	Atas			
	Pengguna 8	Atas			
	Pengguna 9	Atas			
	Pengguna 10	Atas			
Rata – Rata Akurasi (%)					100%



Gambar 7. Pengujian Integrasi Masing - Masing Pergerakan Bola Mata Terhadap Pemilihan Empat Menu Berbasiskan Suara Pada Pencahayaan Terang

3.3 Pengujian Waktu Komputasi untuk Masing - Masing Hasil Deteksi Pergerakan Bola Mata (Kanan, Kiri, Atas, Depan) Terhadap Pemilihan Empat Menu Berbasiskan Suara

Sub bab ini melakukan pengujian untuk mendapatkan hasil nilai rata - rata waktu komputasi untuk masing - masing hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara.

Pengujian nilai rata - rata waktu komputasi untuk masing - masing hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan oleh sistem serta bagaimana kecepatan sistem ini dalam memproses data untuk melakukan proses pemilihan empat menu berbasiskan suara berdasarkan dari pergerakan bola mata tersebut.

Pengujian nilai rata - rata waktu komputasi untuk hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara telah dilakukan dengan mendapatkan hasil nilai rata - rata waktu komputasi seperti pada Tabel 4. Nilai rata - rata waktu komputasi yang dihasilkan oleh sistem sebesar 399,7 ms untuk kondisi pergerakan bola mata ke depan, ketika kondisi pergerakan bola mata ke kanan adalah sebesar 398,4, kemudian pada saat kondisi pergerakan bola mata ke kiri adalah sebesar 400,1 ms, dan ketika kondisi pergerakan bola mata ke atas adalah sebesar 396,8 ms. Hal ini membuktikan bahwa sistem ini memiliki waktu komputasi yang cenderung lama dalam melakukan proses

pemilihan empat menu display berbasiskan suara.

Tabel 4. Pengujian nilai rata - rata waktu komputasi untuk masing - masing hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara

Kondisi Pergerakan Bola Mata	Pengujian	Waktu Komputasi (ms)	Rata – Rata Waktu Komputasi (ms)
Depan	Pengguna 1	374	399,7
	Pengguna 2	386	
	Pengguna 3	417	
	Pengguna 4	411	
	Pengguna 5	410	
	Pengguna 6	386	
	Pengguna 7	383	
	Pengguna 8	419	
	Pengguna 9	410	
	Pengguna 10	401	
Kanan	Pengguna 1	375	398,4
	Pengguna 2	370	
	Pengguna 3	413	
	Pengguna 4	411	
	Pengguna 5	412	
	Pengguna 6	387	
	Pengguna 7	391	
	Pengguna 8	409	
	Pengguna 9	411	
	Pengguna 10	405	
Kiri	Pengguna 1	374	400,1
	Pengguna 2	370	
	Pengguna 3	411	
	Pengguna 4	413	
	Pengguna 5	412	
	Pengguna 6	385	
	Pengguna 7	393	
	Pengguna 8	404	
	Pengguna 9	410	
	Pengguna 10	429	
Atas	Pengguna 1	375	396,8
	Pengguna 2	365	
	Pengguna 3	413	
	Pengguna 4	411	
	Pengguna 5	410	
	Pengguna 6	386	
	Pengguna 7	390	
	Pengguna 8	408	
	Pengguna 9	409	
	Pengguna 10	401	

Gambar 8. Hasil pengujian nilai rata - rata waktu komputasi untuk masing - masing hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara ini

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan berisi uraian singkat mengenai hasil dari skripsi ini. Kesimpulan ini dibuat berdasarkan dari rumusan masalah yang telah dibuat pada bab pendahuluan. Kesimpulan yang dapat diambil dari skripsi ini adalah nilai akurasi hasil deteksi pada masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) pada pencahayaan terang sebesar 100%. Sedangkan untuk pencahayaan redup menghasilkan akurasi sebesar 60% pada kondisi pergerakan bola mata ke depan dan pada kondisi pergerakan bola mata ke kanan menghasilkan akurasi sebesar 20%. Kemudian akurasi yang dihasilkan pada kondisi pergerakan bola mata ke kiri dan pergerakan bola mata ke atas sebesar 100%. Kemudian nilai akurasi integrasi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara sebesar 100%. Lalu nilai rata - rata waktu komputasi untuk masing - masing hasil deteksi masing - masing pergerakan bola mata (kanan, kiri, atas, depan) terhadap pemilihan empat menu berbasiskan suara adalah ketika kondisi pergerakan bola mata ke depan menghasilkan nilai akurasi sebesar 399,7 ms, ketika kondisi pergerakan bola mata ke kanan menghasilkan nilai akurasi sebesar 398,4 ms, ketika kondisi pergerakan bola mata ke kiri menghasilkan nilai akurasi sebesar 400,1 ms, dan ketika kondisi pergerakan bola mata ke atas menghasilkan nilai akurasi sebesar 396,8 ms.

Adapun saran dari peneliti untuk pengembangan penelitian yang serupa dengan penelitian pada skripsi ini yaitu, sistem menggunakan *hardware* yang memiliki waktu komputasi yang lebih cepat, sistem ditambahkan dengan metode lain agar sistem dapat membaca gerakan mata ke bawah tidak sama seperti gerakan mata berkedip, variasi pergerakan bola mata ditambah seperti gerakan mata diagonal

(melihat ke arah kanan atas, kiri atas, kanan bawah, kiri bawah) agar dapat memilih menu lebih banyak, sistem ditambahkan dengan metode lain agar sistem ini dapat menghasilkan akurasi yang baik ketika diujikan pada keadaan kondisi pencahayaan redup.

5. DAFTAR PUSTAKA

Indah., R., N. 2011. Gangguan Berbahasa. Malang : UIN Press.

Purwanto, Akbar Dicky, Fitri Utaminingrum., 2019. Deteksi Pergerakan Mata dan Kedipan Untuk Memilih Empat Menu Display Menggunakan Probabilitas Berdasarkan Facial Landmark. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Vol 3 No 10.

Retnoningrum, Dwi, et al., 2019. Ekstraksi Ciri Pada Telapak Tangan dengan Metode Local Binary Pattern (LBP). Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Vol 3 No 3.

Satriyanto, Edi, et al., 2010. Pengendali Pointer Dengan Gaze Tracking Menggunakan Metode Haar Classifier Sebagai Alat Bantu Presentasi (Eye Pointer). Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi, Volume 11, Nomor 2.

Tristianti, Novita. 2017. Klasifikasi Gerakan Otot Lengan Bawah pada Penderita Stroke Berdasarkan Sinyal EMG Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.