

Robot Ekspresi Ucapan dan Mimik Wajah Manusia

Steven Kimsha

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia
E-Mail: m23411027@john.petra.ac.id

Abstrak— Robot ekspresi ucapan dan mimik wajah manusia ini adalah robot yang dapat menghasilkan ekspresi dan mimik wajah manusia seperti manusia pada umumnya. Ekspresi dan mimik wajah robot akan difokuskan pada gerakan alis, mata, dan juga mulut. Pergerakan alis, mata dan mulut robot akan disesuaikan dengan *database* yang dimiliki oleh sistem. Alis robot akan membentuk ekspresi wajah manusia ketika mengalami kondisi tertentu. Mata robot akan dapat bergerak sesuai gerakan mata pada umumnya. Mulut robot akan dapat bergerak sesuai gerakan manusia ketika berbicara suku kata sebanyak 2 huruf.

Sistem ini menggunakan *text file* sebagai *input* dari sistem. *Text file* akan kemudian dibaca oleh *platform* Processing. Selagi *platform* Processing membaca data, ia juga akan membagi data tersebut menjadi *array* dan akan mengirimkan data berurutan sesuai urutan *array*. Processing akan mengirimkan data ke *platform* Arduino. Data akan dikirimkan melalui kabel serial Arduino. Setelah menerima data, Arduino akan membandingkan data dengan *database* yang dimiliki lalu menggerakkan bagian yang dimaksud.

Robot ini diuji dengan membandingkan ukuran gerakan robot dengan ukuran gerakan referensi yang dimiliki. Saat pengujian, diperoleh tingkat keberhasilan robot untuk menghasilkan gerakan alis yang sesuai adalah 60%, dan tingkat keberhasilan robot untuk menghasilkan gerakan mata yang sesuai adalah 100%. Sedangkan mayoritas gerakan mulut robot memiliki *error rate* tidak lebih dari $\pm 10\%$.

Kata Kunci— Kepala robot, Arduino, Processing, *text file*, motor servo

I. PENDAHULUAN

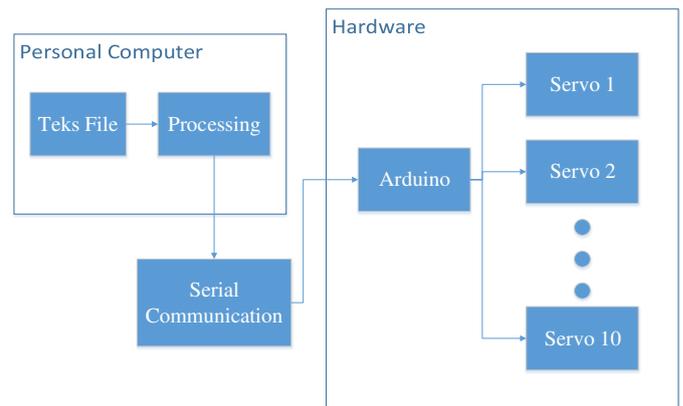
Dengan semakin berkembangnya teknologi dunia, maka kebutuhan akan hiburan juga semakin meningkat pula. Salah satu yang paling berkembang pada saat ini adalah visualisasi dari berbagai macam hiburan. Contohnya, sebagai visualisasi dari sebuah cerita maka dibutuhkan *pupeetry* untuk membantu penikmat untuk membayangkan cerita tersebut. Dengan banyaknya *demand* tersebut, maka peneliti terus mengembangkan teknologi yang ada.

Starbot adalah sebuah kepala robot, yang memiliki 3 motor servo dan *microcontroller arduino* sebagai kontrolnya. Robot ini diprogram sehingga dapat digunakan sesuai dengan keinginan pengguna [1]. Pada saat ini *starbot* digunakan sebagai metoda pembelajaran dan permainan oleh anak – anak sehingga mereka dapat berinovasi dan berkreasi. Selain itu, *starbot* juga digunakan sebagai alat bantu di dalam bidang *pupeetry*. Apabila terus dikembangkan, *starbot* dapat menjadi salah satu terobosan baru dalam dalam bidang *entertainment*.

Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian untuk mengembangkan teknologi kepala robot sehingga dapat menjadi suatu terobosan baru dalam bidang robotika, dan dapat menjadi lebih menarik pada fungsinya ataupun di bidang *entertainment*.

II. PERANCANGAN SISTEM

A. Gambaran Umum Sistem



Gambar 1. Blok diagram sistem

Sistem yang didesain adalah sistem kepala robot yang dapat menirukan gerakan alis, mata, dan mulut manusia untuk menirukan mimik dan ekspresi muka manusia pada umumnya. Sistem ini adalah sistem berbasis Arduino, yaitu menggunakan Arduino sebagai kontrol utama sistem. Program pada Arduino akan mengolah data eksternal berupa *text file* (.txt), dan menggunakannya sebagai acuan untuk menggerakkan motor servo pada bagian alis, mata, dan mulut robot.

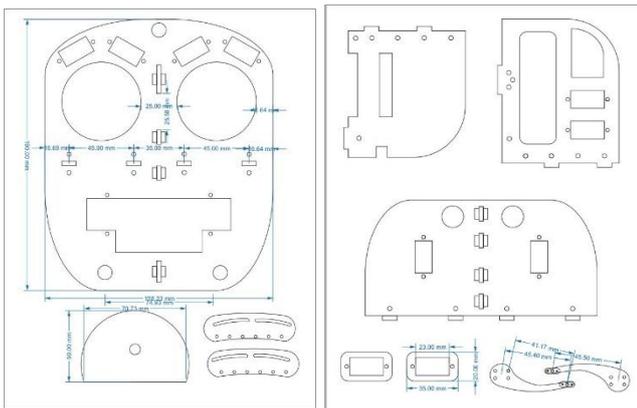
Sistem ini memiliki 2 bagian penting, yaitu *Personal Computer* (PC) dan *hardware* sistem. Di dalam *Personal Computer*, sistem membutuhkan teks file yang akan digunakan sebagai *input* sistem, serta program Processing. Setelah file *input* dibaca oleh Processing, Processing akan mengirimkan data kepada Arduino melalui kabel serial milik Arduino. Lalu Arduino akan menggerakkan motor sesuai dengan input yang dimiliki. Akan ada 10 motor yang digunakan untuk menggerakkan sistem. 4 buah motor untuk mekanisme alis, 2 buah motor pada alis kiri dan 2 buah motor pada alis kanan. 4 buah motor untuk mekanisme mata, 2 buah motor pada mata kiri dan 2 buah motor pada mata kanan. 2 buah motor untuk mekanisme mulut, 1 buah motor untuk menggerakkan mulut bagian atas dan 1 buah motor untuk menggerakkan mulut bagian bawah. Semua motor akan mendapatkan sinyal input dari pin pada arduino. Semua motor akan diberikan input tegangan eksternal sebesar 5V dari *external power supply*. Hal ini dilakukan karena walaupun Arduino sudah diberikan input daya langsung 12V dari *supply*, arus untuk mengontrol motor masih belum memadai.

B. Desain Mekanik Sistem



Gambar 2. Realisasi muka

Robot kepala ini dibuat dengan baha acrylic 3 mm. Bola mata robot berbahan plastik dan dibuat dengan menggunakan 3D printer. Untuk memberikan visual yang lebih menarik, kepala robot dipasangkan topeng pada mata dan mulutnya. Gambar diatas merupakan hasil realisasi desain kepala robot. Desain kepala robot ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu: tengkorak wajah, tengkorak horizontal, tengkorak vertikal atas, tengkorak vertikal bawah, mekanisme alis, mekanisme mata, mekanisme mulut, komponen hidung, komponen alas, dan komponen pembantu. Gambar – gambar dibawah ini merupakan hasil desain sebelum direalisasikan.



Gambar 3. Hasil desain kepala robot

C. Desain Input Teks Sistem

Sistem ini memiliki teks file sebagai input sistem. Teks ini akan diproses oleh Processing, lalu Processing akan mengirimkan datanya ke Arduino. Arduino lalu akan menggerakkan motor sesuai dengan database nya.

```
M,!!!,1000
M,see,1000
M,laa,1000
M,maa,0800
M,ttt,0200
M,maa,1000
M,kaa,0500
M,nnn,0500
M,!!!,1000
```

Gambar 4. Desain teks file sebagai input sistem

Dapat dilihat pada gambar diatas, terdapat 3 variabel yang dipisahkan dengan simbol “,”. 3 variabel yang digunakan adalah pembagi bagian, gerakan, dan waktu. Dapat dilihat, baris pertama berisikan “M,!!!,1000”. Dalam baris pertama ini, variabel pembagi bagian adalah “M”, sedangkan variabel gerakan adalah “!!!”, dan variable waktu adalah “1000”.

Variabel pembagi bagian ini digunakan untuk membedakan bagian apa saja yang dapat digerakkan oleh sistem. Variabel gerakan digunakan untuk memberikan perintah bagian yang akan digerakan untuk bergerak. Variabel gerakan ini harus sesuai dengan parameter yang disediakan pada database gerakan. Variabel waktu digunakan untuk memberikan delay kepada perintah, sehingga perintah akan bertahan selama beberapa detik. Untuk waktu, dibatasi maksimal 4 variabel, yaitu “9999”.

D. Desain Database Sistem

Dalam sistem kepala robot ini, memerlukan database yang digunakan sebagai acuan gerakan dari motor. Database ini berupa program yang disimpan pada memory Arduino. Dalam program Arduino, terdapat 3 database, yaitu database gerakan alis, database gerakan mata, dan database gerakan mulut.

Gerakan alis yang akan ditirukan merupakan gerakan yang merepresentasikan emosi pada umumnya. Bentuk alis yang akan ditirukan ini merupakan representasi emosi yang dapat kita lihat pada emoticon dan juga animasi. Database ini memiliki 5 jenis gerakan yang akan ditirukan.

Table 1 Database perintah gerakan mekanisme alis

Kondisi	Perintah
Marah	‘mrh’
Sedih	‘sdh’
Normal	‘nml’
Bingung	‘bgg’
Terkejut	‘kgt’

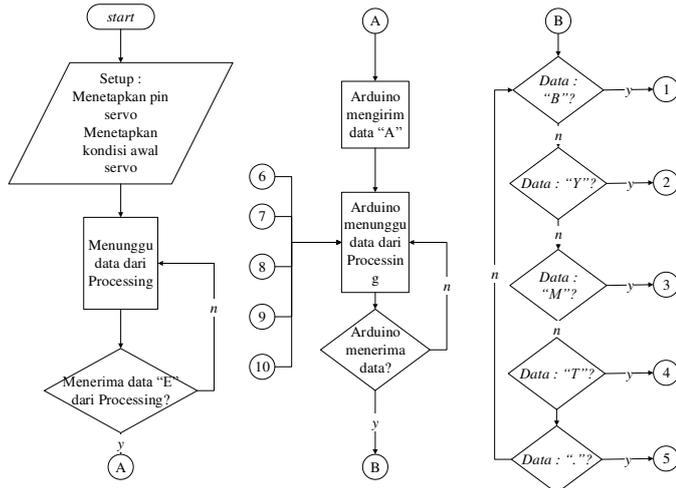
Gerakan mata yang akan ditirukan adalah gerakan mata dasar yang dapat dilakukan oleh manusia pada umumnya, yaitu ketika mata melihat ke atas, bawah, kiri, kanan dan lurus ke depan. Kedua buah bola mata akan bergerak ke arah yang sama dalam waktu yang bersamaan. Sama seperti database gerakan alis, database gerakan mata ini akan memiliki huruf yang digunakan sebagai pemicu gerakan.

Table 2 Database perintah gerakan mekanisme mata

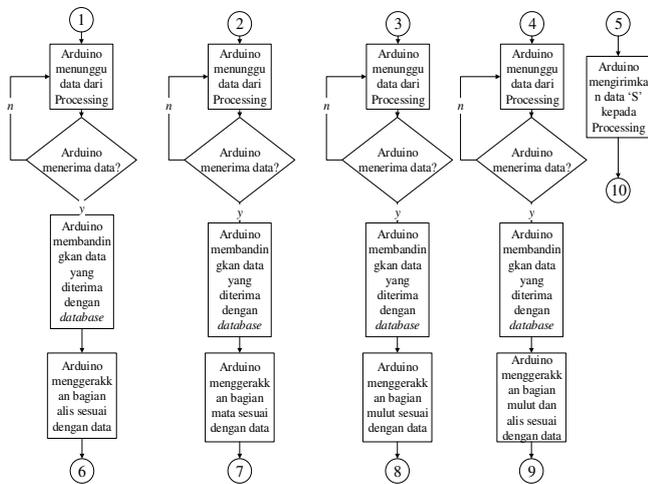
Kondisi	Perintah
Kanan	‘knn’
Kiri	‘kir’
Atas	‘ats’
Bawah	‘bwh’
Lurus	‘lrs’

Gerakan mulut yang akan ditirukan mengacu pada mahasiswa program studi sastra inggris UK Petra. Gerakan yang akan ditirukan meliputi cara bicara ketika berbicara alfabet a – z serta suku kata yang memiliki pola Konsonan Vokal [KV] dan Konsonan Konsonan Vokal {KKV}.

E. Flowchart Program Arduino



Gambar 5. Flowchart program Arduino



Gambar 5. Flowchart program Arduino (lanjutan)

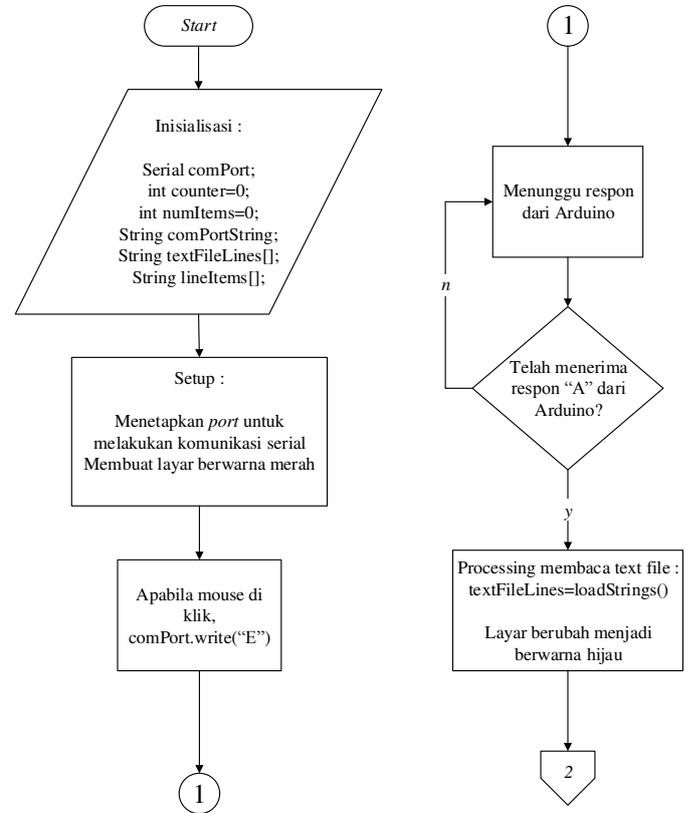
Program dimulai dengan inialisasi dan *setup*. Dalam proses ini, program melakukan inialisasi pada serial komunikasi. Selain itu, proses ini juga akan melakukan identifikasi *output* dari sistem. *Output* dari sistem ini adalah 10 buah motor servo. 10 buah motor servo ini akan di pasang pada pin 2 sampai dengan pin 11 yang dimiliki oleh Arduino Uno. Selain itu juga, dalam tahap ini juga akan ditetapkan kondisi awal dari 10 buah motor servo.

Program utama dimulai dengan menunggu pengiriman data dari Processing. Apabila Arduino menerima data "E", maka Arduino akan membalas dengan data "A". Huruf "E" diambil dari kata "Enable" yang berarti bertanya "sanggup?", sedangkan huruf "A" diambil dari kata "Acknowledge" yang berarti membenarkan. Proses ini digunakan untuk memeriksa apakah Arduino dan Processing sudah siap untuk berkomunikasi dengan menggunakan kabel serial. Setelah prosedur pemeriksaan ini berlangsung, Arduino akan menunggu aliran data yang dikirim oleh Processing.

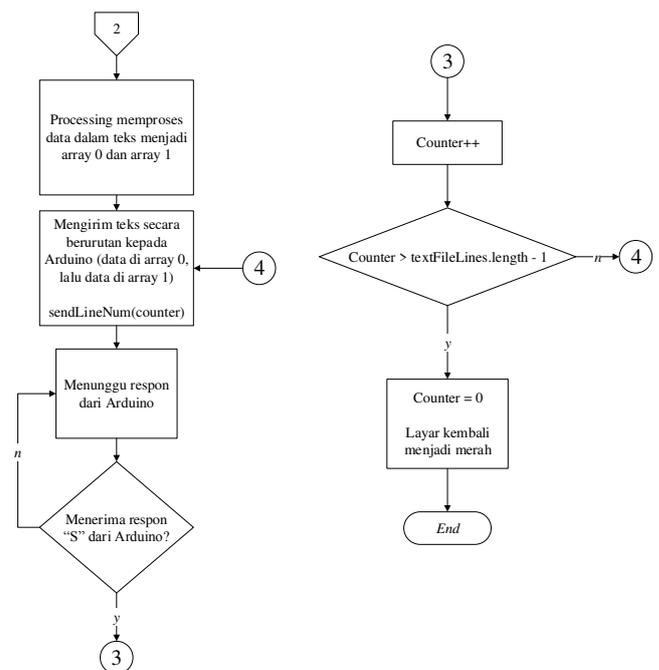
Untuk membedakan bagian yang akan digerakkan, data yang diterima akan ditandai dengan "B", "Y", "M", dan juga "T". Data "B" menandakan data selanjutnya yang akan dikirim oleh Processing adalah data untuk gerakan alis.. Data "Y" menandakan data selanjutnya yang akan dikirim oleh Processing adalah data untuk gerakan mata. Apabila Arduino menerima data awal "B" dari Processing, maka Arduino akan memproses data selanjutnya berdasarkan *database* gerakan alis. Apabila Arduino menerima data awal "M" dari

Processing, maka Arduino akan memproses data selanjutnya berdasarkan *database* gerakan mulut. Apabila Arduino menerima data awal "T" dari Processing, maka Arduino akan memproses data selanjutnya berdasarkan *database* gerakan gabungan. Apabila Arduino menerima data "." dari Processing, maka Arduino akan membalas dengan data "S".

F. Flowchart Program Processing



Gambar 6. Flowchart program Processing



Gambar 6. Flowchart program Processing (lanjutan)

Program dimulai dengan proses inialisasi dan *setup*. Inialisasi yang dilakukan adalah menyiapkan *port*

komunikasi, dan mendefinisikan beberapa variabel. Pada proses *Setup*, program akan membuat sebuah layar dengan warna merah. Layar ini akan terus berwarna merah sampai mendapatkan input 1 kali *mouseclick*.

Setelah mendapatkan 1 kali *mouseclick*, Processing akan mengirimkan data "E" kepada Arduino dengan menggunakan serial. Setelah mengirimkan data ini, Processing akan menunggu balasan berupa data "A" dari Arduino.

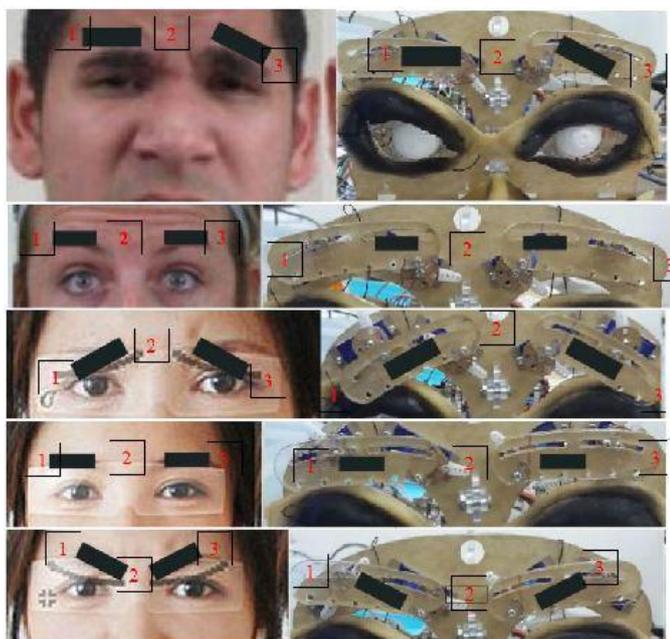
Setelah mendapatkan respons "A" dari Arduino, Processing akan membaca file di dalam lokasi yang ditentukan user. Processing akan membaca data di dalam file, dan mengirimkan data yang ada di dalam file. Data ini akan dikirimkan per baris. Tetapi data dalam 1 baris ini akan dipisah menjadi 2 data yang dikirim berkelanjutan. Pemisahan ini menggunakan prosedur *array*. Selama proses ini berlangsung, layar yang berwarna merah akan berubah menjadi layar berwarna hijau. Proses ini akan berlangsung sampai Arduino mengirimkan data "S" kepada Processing. Data "S" ini berarti Arduino telah selesai memproses data sebelumnya dan meminta barisan data selanjutnya.

Setelah mendapatkan respon data "S" dari Arduino, variabel *counter* akan ditambahkan sebanyak 1 kali. Variabel ini berguna untuk menghitung baris yang sudah dikirimkan oleh Processing. Variabel *counter* ini juga berguna sebagai penunjuk baris yang akan dikirimkan oleh Processing. Sebelum *counter* melebihi jumlah baris yang dimiliki oleh data, Processing akan terus mengirimkan data baris selanjutnya kepada *Arduino*. Tetapi, ketika *counter* telah melebihi batas yang ditentukan, proses akan berhenti, *counter* akan dikembalikan menjadi 0, dan layar akan berubah kembali menjadi berwarna merah.

III. PENGUJIAN SISTEM

A. Pengujian Gerakan Alis

Pengujian gerakan alis ini ditujukan untuk memastikan apakah alis sudah bergerak sesuai dengan gerakan yang diinginkan. Pengujian ini akan dilakukan dengan cara membandingkan bentuk alis dengan bentuk gambar referensi.



Gambar 7. Referensi (kiri) hasil pengujian gerakan mekanisme alis robot (kanan)

Dapat dilihat dari 5 kondisi tersebut hanya terdapat 3 kondisi (60%) yang dapat direproduksi dengan sempurna. Hal ini dikarenakan posisi motor yang kurang strategis. Posisi motor kondisi alis ini kurang strategis dikarenakan tempat terpasangnya alis robot (komponen tengkorak wajah) disesuaikan ukurannya dengan ukuran steven kimsha yaitu 190 mm x 158.33 mm. Hal ini menyebabkan jarak antar motor yang menggerakkan bagian kiri dan bagian kanan dari kedua alis berdekatan. Dengan jarak yang berdekatan tersebut, ukuran komponen penghubung antara motor servo dan komponen alis juga harus diperkecil agar tidak menghalangi kinerja komponen lainnya.

B. Pengujian Gerakan Mata

Pengujian gerakan mata ini ditujukan untuk memastikan komponen mata bergerak sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian ini akan dilakukan dengan cara membandingkan kondisi mata sistem kepala robot dengan kondisi mata sesungguhnya.



Gambar 8. Mata robot melihat lurus ke depan (kiri) melihat kearah kiri (tengah) melihat kearah kanan (kanan)

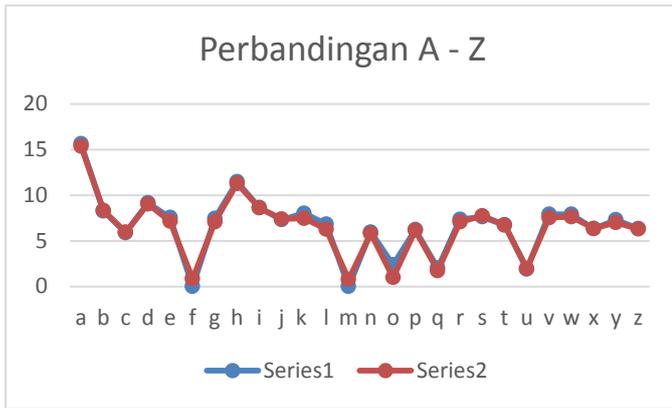


Gambar 9. Mata robot melihat keatas (kiri) kebawah (kanan)

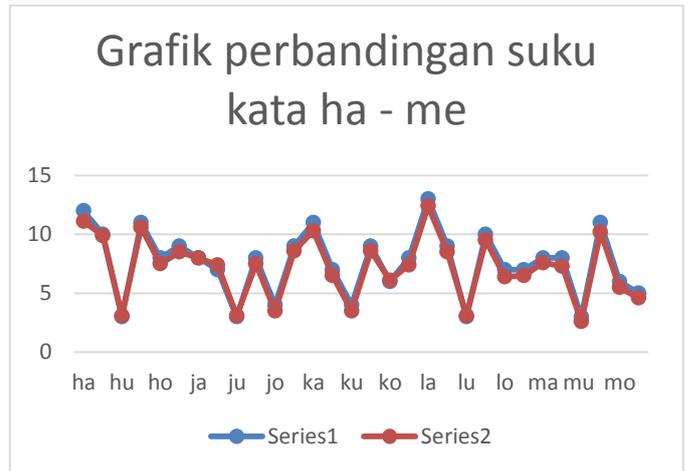
Dari 5 kondisi yang diprogram, 5 kondisi (100%) telah dapat direproduksi dengan baik. Hanya saja pergerakan mekanisme mata dapat menjadi kurang maksimal dikarenakan *hardware* yang masih kurang rapi pembuatannya. Selain itu, terkadang mekanisme penjepit mata dapat menabrak mekanisme alis apabila alis dalam kondisi normal. Hal ini dikarenakan perbedaan posisi dari mekanisme alis ke lubang untuk peletakan mekanisme mata terlalu sempit.

C. Pengujian Gerakan Mulut

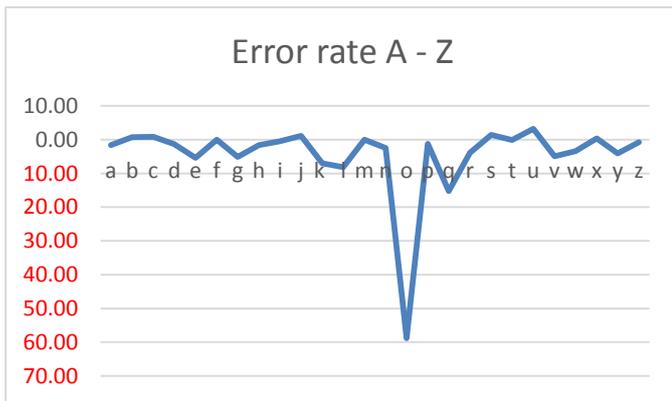
Pengujian gerakan mulut ini dilakukan untuk menguji apakah komponen mulut dapat memberikan ukuran yang sesuai dengan referensi. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan ukuran mulut robot dari setiap gerakan, dengan ukuran mulut referensi.



Gambar 10. Grafik perbandingan ukuran referensi (merah) dan ukuran hasil (biru)

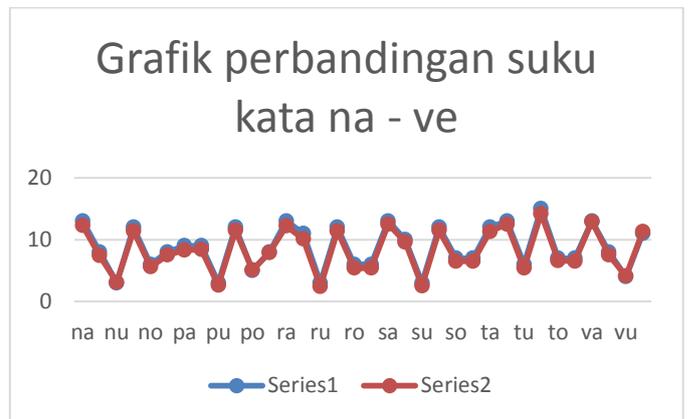


Gambar 13. Grafik perbandingan suku kata ha - me



Gambar 11. Grafik error rate

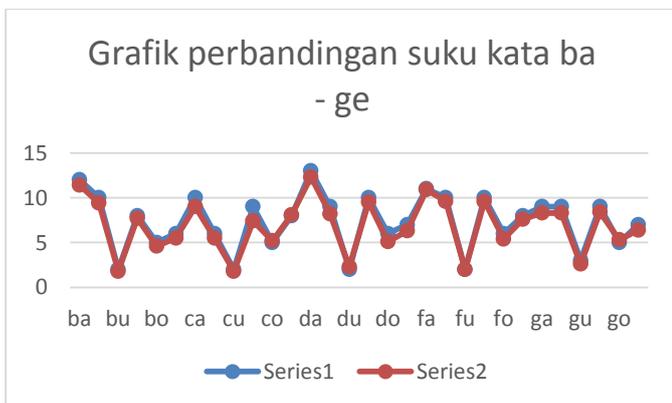
Apabila dicoba dihitung tingkat kesalahan, untuk total ukuran yang dimiliki sistem robot, 84.6% variable memiliki tingkat kesalahan tidak lebih dari 10%. Sedangkan terdapat 4 buah variable (15.4%) yang memiliki tingkat kesalahan lebih dari 10%, yaitu variable "o", "q", "m", dan "f". Hal ini bisa saja terjadi dikarenakan *human error* ketika saat pengambilan data referensi, maupun dikarenakan *human error* ketika pengambilan data aktual hasil gerakan robot. Sama pula kasusnya untuk pergerakan mulut atas dan mulut bawah, terdapat banyak ketidaksesuaian yang terjadi. Terkadang gerakan yang dihasilkan dapat jauh melebihi perhitungan. Walaupun terjadi banyak ketidaksesuaian, seharusnya *error* pada pergerakan mulut atas dan bawah tidak terlalu signifikan pengaruhnya. Hal ini dikarenakan tingkat *error* dari ukuran total masih cenderung kecil. Berikut merupakan perbandingan nilai ketika robot berbicara suku kata.



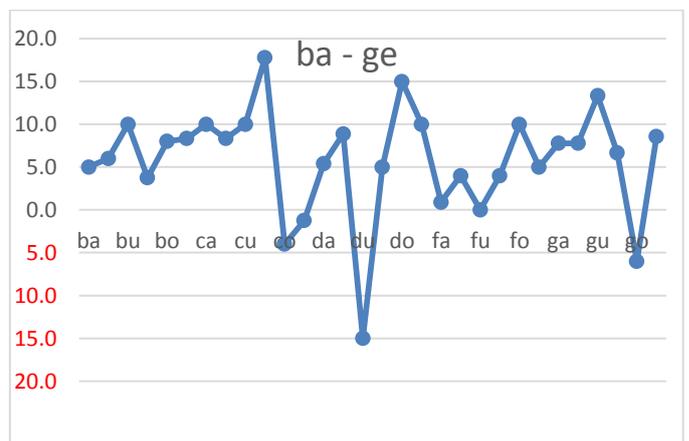
Gambar 14. Grafik perbandingan suku kata na - ve



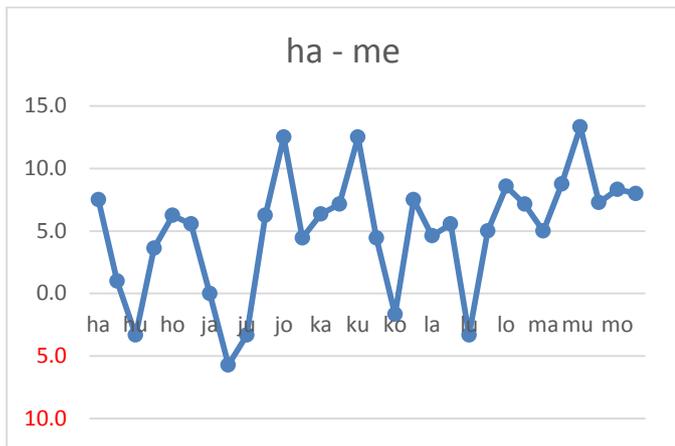
Gambar 15. Grafik perbandingan suku kata vo - nye



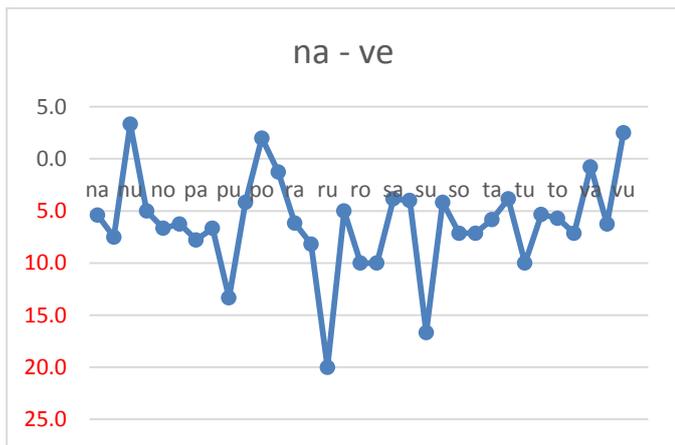
Gambar 12. Grafik perbandingan suku kata ba - ge



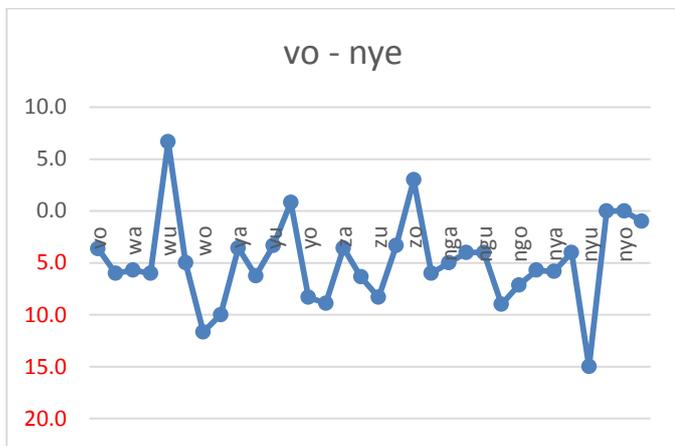
Gambar 16. Grafik error rate suku kata ba - ge



Gambar 17. Grafik error rate suku kata ha - me



Gambar 18. Grafik error rate suku kata na - ve



Gambar 19. Grafik error rate suku kata vo - nye

Dapat dilihat, *error rate* untuk pengukuran mulut atas dan mulut bawah masih banyak yang ketidaksesuaiannya melebihi 10%. Hal ini termasuk kesalahan yang fatal, tetapi tidak akan berpengaruh kepada hasil akhir sistem. Apabila dihitung total kesalahan adalah 13 buah suku kata (9.35%) dari 139 suku kata yang dimiliki. Hal ini berarti ±90.64% (126 suku kata) dari suku kata dapat direpresentasikan dengan baik, dengan memiliki *error rate* maksimal 10%. Dapat dilihat pada tabel, terdapat beberapa kolom yang memiliki “#DIV/0!”. Hal ini dikarenakan referensi dari variabel tersebut adalah 0, sedangkan realisasi gerakan robot tidak. Hal ini sering ditemui ketika terdapat huruf vokal “u” pada suku kata.

D. Pengujian Konfigurasi Mekanisme Mulut

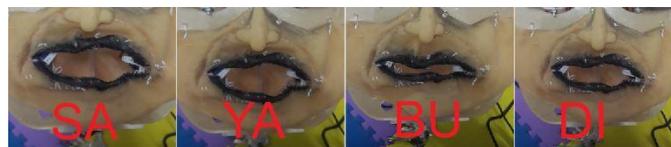
Pengujian ini ditujukan untuk melihat keseluruhan berjalannya sistem. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan *input* tertentu berupa teks file kepada sistem, lalu mengamati hasil dan melakukan konfigurasi pada sistem. Pengujian ini mengamati koefisien pengali yang paling tepat untuk digunakan dalam sistem.

```
M,!!!,1000
M,saa,1000
M,yaa,1000
M,!!!,1000
M,uuu,1000
M,duu,1000
M,!!!,1000
```

Gambar 20. Input teks pengujian



Gambar 21. Hasil “saya budi” dengan faktor pengali 1.5



Gambar 22. Hasil “saya budi” dengan faktor pengali 2

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan konstanta faktor pengali yang tepat untuk digunakan dalam sistem ini adalah 1,5. Selain itu juga, ditemukan bahwa nilai faktor pengali $0 < k \leq 2$, yaitu harus lebih besar dari 0, dan lebih kecil dari 2. Apabila faktor pengali bernilai 0, maka mekanisme mulut akan sesuai dengan posisi awal dari sistem. Apabila faktor pengali melebihi 2, maka mekanisme mulut tidak akan membuka lebih lebar lagi, karena faktor pengali 2 sudah membuat mekanisme mulut membuka dengan maksimal. Apabila dipaksa, dapat menyebabkan berubahnya pengaturan awal sistem dan rusaknya motor servo mulut.

IV. KESIMPULAN

Terdapat beberapa kesimpulan dari penelitian ini, di antaranya sebagai berikut:

- Pengujian mekanisme alis membuktikan bahwa *hardware* yang digunakan untuk menggerakkan alis masih kurang sempurna, dari 5 parameter yang disediakan, masih terdapat ketidaksesuaian pada 2 parameter, sehingga keberhasilan mekanisme adalah 60%. Hal ini terjadi dikarenakan *hardware* yang digunakan kurang memadai. Harus dilakukan pengukuran ulang dengan mempertimbangkan faktor ukuran motor dan ruang gerak dari mekanisme.
- Pengujian mekanisme mata membuktikan bahwa *hardware* yang digunakan untuk menggerakkan mata masih kurang baik. Walaupun dari 5 parameter yang disediakan tidak terdapat ketidaksesuaian sehingga secara parameter keberhasilan robot adalah 100%. Tetapi, mekanisme mata robot masih belum dapat memiliki arah pandang yang cukup luas. Hal ini dikarenakan ruang gerak mekanisme kurang luas dan kurang tepatnya pemosisian mekanisme mata.
- Pengujian mekanisme mulut untuk alphabet a - z membuktikan bahwa *hardware* yang digunakan untuk menggerakkan mulut sudah dapat merepresentasikan gerakan mulut manusia pada sumbu Y. Hal ini terbukti

karena $\pm 84.6\%$ (22 variable) memiliki *error rate* tidak lebih dari $\pm 10\%$. *Error rate* ini dapat terjadi karena *human error* maupun keterbatasan *hardware* motor servo itu sendiri.

- Pengujian mekanisme mulut untuk suku kata membuktikan bahwa *hardware* yang digunakan untuk menggerakkan mulut sudah dapat merepresentasikan gerakan mulut manusia pada sumbu Y. Hal ini terbukti karena $\pm 90.64\%$ (126 variable) memiliki *error rate* tidak lebih besar dari 10%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan keterbatasan *hardware*, maupun *human error* ketika mengukur gerakan.
- Pengujian konfigurasi mekanisme mulut menyatakan bahwa faktor pengali yang tepat untuk digunakan pada sistem ini (kondisi *hardware* yang persis sama) adalah 1,5. Sedangkan batasan yang dapat digunakan untuk memodifikasi faktor pengali sistem adalah $0 < k \leq 2$. Apabila faktor pengali melebihi 2, maka mekanisme mulut tidak akan membuka lebih lebar lagi, karena faktor pengali 2 sudah membuat mekanisme mulut membuka dengan maksimal. Apabila dipaksa, dapat menyebabkan berubahnya pengaturan awal sistem dan rusaknya motor servo mulut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Starace, P. (2013). StarBot Animatronic Robot Puppets. Retrieved from StarBot Animatronic Robot Puppets
<https://www.kickstarter.com/projects/687217338/starbot-animatronic-robot-puppets>