

Model Kendali Samar Berbasis PC Menggunakan Port USB Output Tegangan 1 Channel

Theresia Prima Ari Setiyani¹

Dosen Teknik Elektro, USD¹
ariprima@usd.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang model kendali logika samar berbasis PC dengan menggunakan port USB sebagai jalur keluaran. Sebagai perangkat lunak utama digunakan toolbox Fuzzy MATLAB untuk melakukan komputasi berbasis logika samar. Hasil komputasi logika samar dikeluarkan melalui modul USB berupa tegangan analog untuk menggerakkan *plant*.

Sistem kendali samar SISO (*Single Input Single Output*) dituangkan dalam program MATLAB. Masukan dilakukan lewat *console* yang berupa nilai crisp. Kendali logika samar (*fuzzy logic controller* - FLC) dirancang sebagai pengendali alat (*plant*) yang dihubungkan lewat port USB. Keluaran dari FLC dihubungkan ke port USB 1 channel sebuah PC. Terlebih dahulu akan dicari karakteristik tegangan port USB untuk berbagai variasi nilai hasil komputasi logika samar.

Hasil penelitian ini berupa model kendali samar SISO dengan rentang nilai keluaran FLC 2 – 68 dengan besarnya tegangan keluaran port USB 30,5 mV – 99,3 mV. Dengan demikian sebelum dihubungkan ke *plant*, tegangan keluaran port USB harus dikuatkan dengan rangkaian Op-Amp agar keluarannya menjadi sama dengan nilai keluaran FLC. Model ini yang diharapkan dapat digunakan untuk berbagai sistem kendali yang fleksibel sehingga untuk *plant* yang berbeda tidak perlu membuat sistem kendali yang baru hanya tinggal mengubah rancangan FLC dalam toolbox Fuzzy MATLAB dan mengubah *gain* Op-Amp sesuai kebutuhan nilai tegangan *plant*.

Kata Kunci: kendali samar, port usb, MATLAB, SISO

1. Pendahuluan

Hal mendasar dalam desain sistem kendali adalah model untuk *plant* yang ingin dikontrol. Ada banyak teknik dalam mengidentifikasi metode untuk membangun pemodelan sistem menggunakan identifikasi sistem. Para peneliti di [Ljung \(1996\)](#) telah membangun pemodelan dengan menggunakan sistem identifikasi berbasis data yang diukur. Perlu menyesuaikan parameter model hingga outputnya sesuai dengan output hasil pengukuran.

FLC adalah sebuah model kendali suatu sistem berbasis logika samar. FLC telah berhasil digunakan untuk model matematika yang universal maupun sistem tanpa model matematis. FLC menawarkan alternatif yang efisien untuk metode klasik pemodelan dan pengendalian sistem nonlinier. ([Velagic dan Aksamovic, 2005](#)). FLC menggunakan logika *fuzzy* yang menggabungkan cara berpikir alternatif yang memungkinkan pemodelan sistem yang kompleks dengan menggunakan abstraksi yang berasal dari pengetahuan dan pengalaman. Logika *fuzzy* dapat digambarkan sebagai "komputasi kata-kata daripada komputasi angka" atau "kontrol dengan kalimat daripada persamaan" ([Natsheh dan Buragga, September 2010](#)).

Kendali dengan FLC dapat dipasang menggunakan mikrokontroler maupun PC. Penanaman FLC pada mikrokontroler telah

dilakukan oleh Shodig dkk, 2014 untuk pengendalian prototipe mobil berdasarkan jarak dengan FLC. Namun metode ini dirasa masih kurang fleksibel karena menuntut kemampuan memprogram FLC sesuai *plant* yang ada.

Dilain pihak perangkat lunak MATLAB mempunyai Toolbox untuk melakukan desain, simulasi dan analisis sistem berbasis logika samar berkinerja tinggi dan interaktif [Rungrongdouyboon \(January, 2000\)](#). Hasil komputasi logika samar / keluaran FLC dari MATLAB berupa nilai tegas (crisp) yang kontinyu untuk pengendalian ke *plant*. Namun sejauh yang diketahui peneliti sampai saat ini hasil komputasi logika samar tersebut belum bisa digunakan secara langsung untuk mengendalikan sebuah *plant* melalui *interface* ataupun port yang ada di PC.

Salah satu port yang ada di PC adalah port USB-Audio. Port ini mempunyai fasilitas keluaran berupa suara untuk *earphones* dan masukan untuk *microphone*. Besar kecilnya volume suara yang keluar dari *earphones* berbanding lurus dengan besar kecilnya tegangan. Namun masih belum diketahui karakteristik tegangan dengan suara yang keluar dari *earphones*.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari hubungan serta karakteristik antara tegangan dengan suara yang keluar dari *earphones port USB audio*. Hipotesis awal adalah bahwa besar kecilnya

amplitudo sebuah sinyal suara akan berelasi dengan besar kecilnya tegangan keluaran port USB sehingga dapat dibuat model kendali samar berbasis PC menggunakan port USB. Penelitian ini secara khusus hanya dibatasi untuk 1 keluaran sehingga hanya menggunakan 1 channel saja.

Selanjutnya akan dibuat sebuah model kendali samar menggunakan *toolbox fuzzy* MATLAB. Hasil komputasi logika samar dikeluarkan melalui modul USB dalam bentuk tegangan analog untuk menggerakkan *plant*.

Jenis port USB yang digunakan adalah yang mampu mentransmisikan data kontinyu/analog, yaitu port USB audio. Sebagai studi kasus akan dilakukan untuk simulasi pengendali katub pencampur aliran udara dengan tegangan keluaran dihubungkan ke Led sebagai indikator level. Perangkat diharapkan mudah dimodifikasi untuk menyesuaikan dengan *plant* yang berbeda.

2. Metode

Diagram blok sistem kendali samar berbasis PC menggunakan port USB pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem kendali samar berbasis PC menggunakan port USB.

Komputasi FLC dilakukan di PC. Keluaran FLC berupa nilai tegang dikeluarkan menjadi suara melalui port USB dengan nilai tegangan sebanding dengan amplitudo suara. Tegangan keluaran port USB digunakan untuk menggerakkan *plant*, dalam hal ini Led Level.

Dengan demikian metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Untuk itu langkah langkahnya terdiri atas :

- Mencari hubungan serta karakteristik antara tegangan dengan suara yang keluar dari *earphones port USB audio*
Langkah ini terdiri atas tahapan:
 - Pengumpulan data awal
 - Analisis data awal
- Perancangan dan simulai FLC untuk kasus pengendali katub pencampur aliran udara
- Pengumpulan data hasil pengendalian
- Analisis data hasil pengendalian
- Kesimpulan

2.1 Metode untuk mencari hubungan serta karakteristik antara tegangan dengan suara yang keluar dari *earphones port USB audio*

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan cara mengukur tegangan keluaran port USB audio untuk berbagai macam suara dengan

frekuensi dan amplitudo yang berbeda. Konversi data amplitudo yang berupa data tunggal dilakukan dengan membuat program dengan MATLAB agar data tersebut menjadi besaran amplitudo sebuah fungsi sinusoida:

$$Y = A \cdot \sin(t);$$

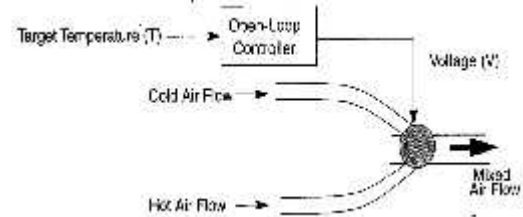
Dengan Y adalah keluatan fungsi pada saat t dengan amplitudo sama dengan keluaran FLC. Selanjutnya dengan fasilitas pembangkit suara dengan amplitudo, frekuensi dan *sampling rate* tertentu data keluaran FLC dapat diketahui besarnya pada port USB melalui perintah:

$$\text{player} = \text{audioplayer}(Y, Fs);$$

dengan Fs adalah *sampling rate*

2.2 Perancangan dan simulasi FLC

Rancangan FLC berupa simulasi untuk kasus pengendali katub pencampur aliran udara (*air flow mixing*) agar suhu udara yang tercampur sesuai dengan suhu yang diinginkan. Tidak ada umpan balik untuk mengetahui suhu udara hasil campuran. Debit aliran udara panas dan udara dingin dikendalikan dengan cara mengatur besar kecilnya tegangan yang menggerakkan katub pencampur seperti Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Pencampur aliran udara

Jika tegangan diset pada nilai tertinggi (12 V), maka katub aliran udara panas akan membuka seluruhnya. Suhu aliran udara panas adalah 30° C. Jika tegangan diset pada nilai terendah (0 V), maka katub aliran udara dingin akan membuka seluruhnya. Suhu aliran udara dingin adalah 15° C. Jika tegangan diset antara 0 V dan 12 V, maka katub aliran udara panas dan dingin akan membuka sebagian secara proporsional, sehingga menghasilkan suhu udara antara 10° C - 30° C.

Perancangan *framework* input dan output

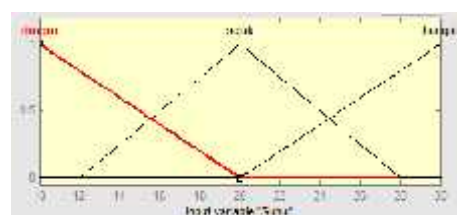
Framework Input (Target Temperature)

x : Suhu

T : {dingin, sejuk, hangat}

X : [10° C - 30° C]

Fungsi keanggotaan T di gambar 3 berikut:



Gambar 3. Fungsi keanggotaan Suhu

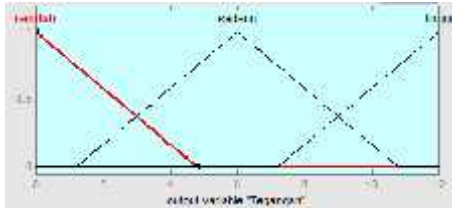
Framework Output (Voltage)

x : Tegangan

T : {rendah, sedang, tinggi}

X : [0 V – 12 V]

Fungsi keanggotaan T di gambar 4 berikut:



Gambar 4. Fungsi keanggotaan Tegangan

```
Type FLC='mamdani'
AndMethod='min'
OrMethod='max'
mpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'
```

Basis Aturan :

1. IF Suhu IS dingin THEN Tegangan IS rendah
2. IF Suhu IS sejuk THEN Tegangan IS sedang
3. IF Suhu IS hangat THEN Tegangan IS tinggi

Parameter-parameter rancangan dan basis aturan tersebut kemudian disimulasikan menggunakan *Fuzzy Toolbox* MATLAB

2.3 Metode Pengumpulan Data

a. Pengumpulan Data Awal.

Keluaran port USB audio berupa suara dengan amplitudo dan frekuensi tertentu. Untuk nilai frekuensi tetap, maka besar kecilnya amplitudo akan berbanding lurus dengan besar kecilnya tegangan. Oleh sebab itu terlebih dahulu akan dicari karakteristik antara tegangan dengan suara yang keluar dari *earphones* port USB audio untuk berbagai macam nilai amplitudo dan frekuensi yang diinputkan melalui konsol.

Data awal berupa data suara yang dibangkitkan dari port USB audio dan tegangannya, yang diukur menggunakan multimeter.

Gambar 5 merupakan piranti USB audio serta audio konektor yang dibutuhkan untuk pengambilan data awal tegangan. Kedua ujung audio konektor dikelupas untuk pengukuran tegangan keluaran port USD menggunakan multimeter.



Gambar 5. USB audio serta audio konektor

b. Pengumpulan Data Keluaran FLC dan Keluaran Port USB Hasil Pengendalian.

Setelah diperoleh karakteristik tegangan keluaran port USB audio maka baru dilakukan simulasi dengan toolbox fuzzy MATLAB sesuai rancangan FLC. Hasil komputasi logika samar dikeluarkan melalui modul USB dalam bentuk tegangan analog untuk menggerakkan *plant*.

Data kuantitatif berupa nilai keluaran FLC diperoleh dengan cara mengukur tegangan analog pada audio konektor yang terhubung ke USB audio, untuk berbagai macam kombinasi nilai masukan suhu.

Keluaran FLC lewat USB juga diamati dengan menggunakan led sebagai level indikator.

2.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang akan digunakan adalah metode analisis data kuantitatif yang menggunakan statistik diskriptif untuk mengetahui hubungan antara tegangan dengan suara yang keluar dari *earphones* port USB audio untuk berbagai macam nilai amplitudo dan frekuensi. Data awal berupa suara vs tegangan keluaran port USB audio untuk berbagai macam nilai amplitudo dan frekuensi dianalisis dengan regresi linear untuk mengetahui karakteristik tegangan keluaran port USB atau persamaan regresi linearnya. Persamaan regresi linear ini akan digunakan untuk menentukan model baku sistem.

Selanjutnya data keluaran FLC akan dianalisis menggunakan metode perbandingan dengan data keluaran port USB.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil dan Pembahasan Data Awal

Percobaan pertama dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan pada port USB untuk sinyal suara dengan frekuensi (f) = 4.000 Hz, sampling rate (r) = 44.100, amplitudo (A) = Out FLC/30 dan nilai OutFLC yang bervariasi yang diandaikan sebagai keluaran FLC. Hasil pengukuran tegangan port USB dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari tabel 1 tampak bahwa keluaran port USB bisa diukur nilai tegangannya, yaitu dalam orde mV. Semakin besar amplitudo sinyal suara maka semakin besar pula nilai tegangan port USB. Meskipun demikian, tampak bahwa banyak terjadi anomali data antara lain data keluaran FLC 3, 8, 11, 17, 19 dan data di atas 23.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa rentang tegangan port USB terbatas pada nilai tegangan 8,7 mV – 20,9 mV untuk nilai tegas keluaran FLC 0 – 22.

Untuk nilai keluaran FLC diatas 22, besarnya tegangannya tetap, yaitu 19,6 mV.

Hasil yang diperoleh dari percobaan 1 ini tidak begitu baik karena banyaknya anomali data dan rentang tegangan port USB serta rentang nilai keluaran FLC yang sempit. Oleh karena itu dilakukan percobaan dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang berbeda.

Tabel 1. Hasil Percobaan 1

$f = 4.000 \text{ Hz}$; $r = 44.100$; $A = \text{OutFLC}/30$

Out FLC	Teg. USB (mV)	Out FLC	Teg. USB (mV)
0	8,7	13	18,1
1	10,8	14	18,9
2	15,4	15	18,6
3	17,5	16	19,9
4	16,9	17	17,5
5	16,4	18	19,5
6	16,5	19	18,4
7	16,4	20	21,1
8	15,8	21	20,3
9	17,3	22	20,9
10	17,2	23	19,6
11	15,9	30	19,6
12	16,9	40	19,6

Percobaan kedua dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan pada port USB untuk sinyal suara dengan frekuensi (f) = 2.000 Hz, sampling rate (r) = 44.100, amplitudo (A) = Out FLC/100 dan nilai OutFLC yang bervariasi yang diandaikan sebagai keluaran FLC. Hasil pengukuran tegangan port USB dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Percobaan 2

$f = 2.000 \text{ Hz}$; $r = 44.100$; $A = \text{Out.FLC}/100$

Out FLC	Teg. USB (mV)	Out FLC	Teg. USB (mV)
0	8,5	40	67,9
2	30,5	42	70,9
4	35,5	44	68,8
6	32,2	46	72,2
8	34,9	48	75,2
10	37,3	50	77,9
12	41,2	52	77,6
14	40,7	54	81,2
16	38,3	56	84,1
18	43,4	58	86,5
20	46,5	60	89,4
22	52,5	62	92,3
24	53,8	64	95,3

Lanjutan Tabel 2. Hasil Percobaan 2

Out FLC	Teg. USB (mV)	Out FLC	Teg. USB (mV)
26	47,0	66	98,1
28	53,5	68	99,3
30	57,4	70	99,3
32	58,3	72	99,3
34	59,7	80	99,3
36	63,3	90	99,3

38	65,4	100	99,3
----	------	-----	------

Grafik hubungan antara tegangan keluaran FLC vs tegangan keluaran port USB audio dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan antara tegangan keluaran FLC vs tegangan keluaran port USB audio

Dari gambar 1 diketahui bahwa semakin besar nilai keluaran FLC maka semakin besar pula secara proporsional tegangan keluaran port USB. Untuk mengetahui karakteristik persamaan garis pada gambar 1 maka dilakukan analisis regresi linear.

Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa Persamaan regresi linear untuk gambar 1 adalah:

$$Y = 1,039 X + 26,21 \quad \dots (1)$$

dengan nilai error $Y = 2,356$

Nilai-nilai f (frekuensi), r (sampling rate) dan A (amplitudo), serta rentang nilai keluaran FLC inilah yang selanjutnya akan digunakan sebagai model baku untuk diimplementasikan ke rancangan pengendali katub pencampur aliran udara.

3.2. Hasil dan Pembahasan Data Keluaran FLC dan Keluaran Port USB Hasil Pengendalian.

Untuk dapat memperoleh hasil pengendalian dari Simulai FLC menjadi tegangan port USB harus dibuat program konversi data. Program berupa sebuah fungsi yang dibuat untuk konversi data dari hasil simulasi dengan Fuzzy Toolbox menjadi suara yang dikeluarkan melalui port USB audio seperti gambar 7.

Percobaan ketiga dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan pada port USB untuk keluaran FLC hasil simulasi untuk kasus pengendali katub pencampur aliran udara yang telah dikuatkan untuk menggerakkan Led indikator 10 level. Masukan berupa nilai suhu (*set point*) yang diinputkan melalui konsul. Hasil pengukuran tegangan port USB dan Led Level dapat dilihat pada Tabel 3.

```
function [teg]=kendaliSuhu(suhu)
kendaliSuhuFis =
readfis('Kendali_in_suhu_out_teg');
teg = evalfis([suhu],
kendaliSuhuFis)
```

```
t=4; f=2000; r=44100;
delta=f/r*2*pi;
maxsampel=t*r*delta;
x=0:delta:maxsampel;
y=t*eg/100*sin(x);
player=audioplayer(y,44100);
play(player);
```

Gambar 7. Fungsi untuk konversi data dari hasil simulasi dengan Fuzzy Toolbox menjadi suara yang dikeluarkan melalui port USB audio

Tabel 3. Hasil pengendalian dengan masukan berupa besaran Suhu

Suhu	Out. FLC (V)	Teg. USB (mV)	Led Level
10	1.56	36,4	1
11	1.58	38,0	1
12	1.62	35,6	1
13	3.14	49,2	3
14	4.05	56,5	3
15	4.63	59,2	3
16	5.04	60,2	5
17	5.37	62,6	5
18	5.63	65,8	5
19	5.84	68,0	5
20	6.00	69,5	6
21	6.16	68,3	6
22	6.37	74,2	6
23	6.63	73,6	6
24	6.96	77,1	6
25	7.37	81,8	7
26	7.95	88,0	7
27	8.85	88,5	8
28	10.38	88,6	10
29	10.42	88,6	10
30	10.44	88,6	10

Dari tabel 3 diketahui bahwa nilai tegangan port USB antara 36,4 mV – 88,6 mV untuk nilai tegangan keluaran FLC yang sesungguhnya antara 1,56 V – 10,44 V. Maka sebelum digunakan untuk menggerakkan led level, tegangan keluaran port USB harus dikuatkan dahulu sehingga tegangan keluaran FLC menjadi sama dengan tegangan keluaran Op-Amp..

Untuk mencari nilai penguatan maka data pada Tabel 3 dicari persamaan regresi linearnya. Grafik hubungan antara keluaran USB keluaran Op-Amp yang diharapkan ada pada Gambar 8 berikut.

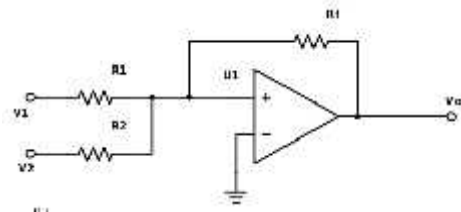


Gambar 8. Grafik hubungan antara keluaran USB keluaran Op-Amp yang diharapkan

Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa Persamaan regresi linear untuk gambar 8 adalah:

$$Y = 152 X - 4269 \quad \dots (2)$$

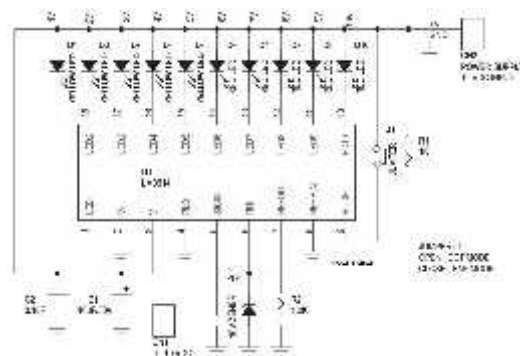
Dengan demikian gain Op-Amp sebesar 152. Sebagai penguat akan digunakan Op-Amp dengan rangkaian seperti gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Op-Amp untuk penguat persamaan (2)

Dengan V_1 = tegangan input dari port USB
 $V_2 = -4269$ mV
 $R_f = R_a = 560$ kOhm
 $R_1 = 3,7$ kOhm

Keluaran Op-Amp digunakan sebagai masukan ke rangkaian Led Level indikator tegangan. Rangkaian Led 10 level tegangan (0 – 10 V) yang digunakan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Led 10 level tegangan (0 – 10 V) <http://www.rajkumarsharma.com>

Hasil keluaran Led 10 level tegangan (0 – 10 V) dapat dilihat pada tabel 3. Tampak bahwa keluaran tegangan USB mampu menggerakkan Led Level sesuai dengan besar kecilnya tegangan port USB.

4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan analisisnya dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Besar kecilnya amplitudo sebuah sinyal suara berelasi dengan besar kecilnya tegangan keluaran port USB sehingga dapat dibuat model kendali samar berbasis PC menggunakan port USB.
- b. Untuk parameter frekuensi (f) = 2.000 Hz, sampling rate (r) = 44.100, amplitudo (A) = Out FLC/100, diperoleh model kendali samar SISO dengan rentang nilai keluaran FLC 2 – 68 dan besarnya tegangan keluaran port USB 30,5 mV – 99,3 mV
- c. Hasil simulasi untuk kasus pengendali katub pencampur aliran udara diperoleh rentang nilai tegangan port USB antara 36,4 mV – 88,6 mV masing-masing untuk rentang nilai tegangan keluaran FLC antara 1,56 V – 10,44 V. Karena itu dibutuhkan rangkaian Op-Amp sebelum tegangan keluaran port USB dihubungkan ke *Plant*.
- d. Besarnya V_2 dan nilai komponen resistor pada Rangkaian Op-Amp sesuai dengan persamaan regresi linearnya, yaitu:

$$Y = 152 X - 4269$$

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM USD yang telah memberi dana hibah untuk kegiatan penelitian ini. Juga kepada Prodi Teknik Elektro USD yang telah meminjamkan fasilitas penelitian bagi terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ljung, L, 1996, System Identification, in The Control Handbook. CRC Press, Inc, Sweden.
- Natsheh, E dan Buragga, K. A, September 2010, Comparison Between Conventional And Fuzzy Logic PID Controllers For Controlling DC Motors. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 7, Issue 5.
- Rungrongdouyboon, B, January, 2000, Linear And Nonlinear System Identification Using LabVIEW And MATLAB. Lehigh Preserve, Bethlehem, Pennsylvania.
- Velagic, J dan Aksamovic, A, 2005, Fuzzy Logic System For Position Control And Current Stabilization Of A Robot Manipulator. IEEE, Serbia & Montenegro Belgrade.
- Shodiq, A, Prayoga, Y.A, Yulyanto, Prima Ari, 2014, Pengendalian Prototipe Mobil berdasarkan Jarak dengan Fuzzy Logic Controller. Proceeding Seminar Ritektra