

DESAIN DAN PEMBUATAN SISTEM PEMBACAAN GESTURE TANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Vincent Antoni Putra^{1*}, Yoga Alif Kurnia Utama²

^{1,2} Universitas Widya Kartika Surabaya

Abstrak

Perkembangan teknologi khususnya bidang robotika saat ini berkembang dengan sangat pesat dilihat dari kebanyakan pengaplikasian teknologi robotika berbasis sistem control dan kecerdasan buatan dalam bidang industri, pendidikan, maupun kehidupan sehari-hari. Dalam penelitian ini digunakan flex sensor yang diletakan pada sarung tangan untuk mengoperasikan sebuah lampu bohlam. Flex sensor memiliki keluaran (output) resistansi yang diproses oleh mikrokontroler yang akan mengoperasikan sebuah bohlam. Untuk pengiriman data dan penerima data menggunakan Nrf24L01, Nrf24L01 akan mengirim data berupa perintah yang akan menyalakan suatu bohlam.

Kata kunci : Flex sensor, Nrf24L01, dan Mikrokontroler

Abstract

The development of technology, especially in the field of robotics is currently developing very rapidly, seen from most applications of robotics technology based on control systems and artificial intelligence in the fields of industry, education, and everyday life. In this research, a flex sensor is used which is placed on the glove to apply a light bulb. The flex sensor has a resistance output which is processed by a microcontroller which will open a bulb. For sending data and receiving data using Nrf24L01, Nrf24L01 will send data in the form of commands that will light a bulb.

Keywords : Flex sensor, Nrf24L01, and Microcontroller

1. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan interaksi antara manusia dan mesin, interaksi antara komputer dan manusia menjadi semakin sering. Kemajuan dunia teknologi dengan system robotik sebagai media utama dalam proses produksi. Hal ini semakin sering dengan adanya revolusi 4.0 di era modern saat ini [1]. Interaksi antara manusia dan mesin menggunakan banyak media, salah satunya adalah melalui gerakan tangan atau isyarat tangan. Interaksi antara manusia dan mesin menggunakan isyarat tangan atau gerakan tangan, telah banyak digunakan di banyak bidang, seperti UAV [2], permainan somatosensori [3], pengenalan bahasa isyarat [4] dan sebagainya.

Penggunaan sensor fisik yang membaca gerakan tangan memberikan kebebasan pada

pengguna untuk melakukan aktivitas tanpa harus mengoperasikan mesin secara manual. Hal ini dikarenakan pengenalan isyarat tangan memiliki sensor yang akan terpasang pada bagian luar dari jari atau tangan sehingga mesin dapat digerakkan atau dioperasikan melalui pergerakan jari tangan. Sensor yang sering digunakan untuk mendeteksi perubahan jari menggunakan flex sensor. Flex sensor menghasilkan perubahan nilai hambatan listrik (resistansi) yang sebanding dengan perubahan kelengkungan yang dialaminya [5].

Selain itu, sistem pembacaan gerakan tangan ini sangat bermanfaat bagi pengguna yang mengalami cacat atau penderita difabel [6]. Hal ini dikarenakan kaum difabel yang mengalami kesulitan untuk menggunakan alat-alat elektronik. Oleh sebab itu pada penelitian ini penulis membuat sebuah aplikasi yang

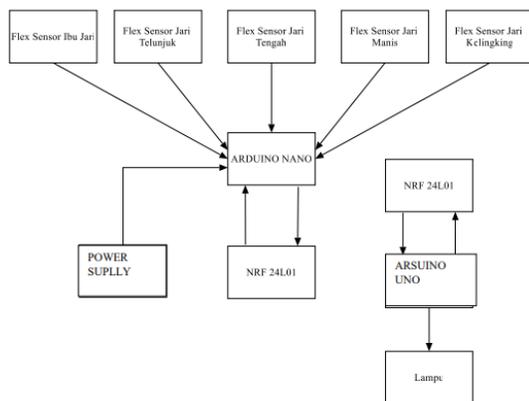
^{*}Penulis Korespondensi

dapat memudahkan pengguna untuk mengendalikan segala sesuatu dengan menggunakan gestur tangan. Gestur tangan yang merupakan salah satu media alami manusia dalam berkomunikasi dapat diterapkan pada interaksi manusia dengan mesin agar mampu memberikan keleluasaan pada penggunaanya dalam mengendalikan sistem. Pada penelitian ini akan di gunakan robot pergelangan tangan yang menggunakan pergerakan jari berdasarkan sudut kemiringan dengan menggunakan flex sensor.

2. METODE PENELITIAN

1.1 Perancangan Sistem

Pada sub bab ini akan di bahas blok diagram system yang akan diimplementasikan dalam penelitian ini.



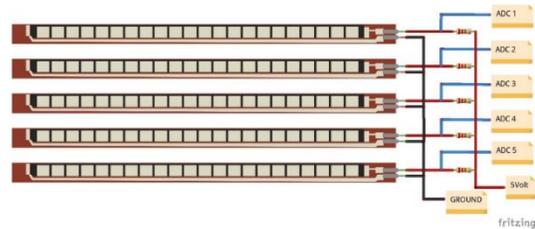
Gambar 2.1 Blok Diagram Rangkaian

Pada gambar 2.1 dapat dilihat bahwa blok diagram tersebut terdapat beberapa komponen yang dibutuhkan. Komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut :

1.1.1 Flex Sensor

Perangkat ini berfungsi untuk mendeteksi suatu kelengkungan jari yang mana sensor tersebut menghasilkan hambatan yang berbedabeda untuk setiap kelengkungan jari sensor ini akan di pasang dilima jari pada tangan kanan, oleh karna itu dapat diketahui gestur tangan yang terjadi dari pengukuran

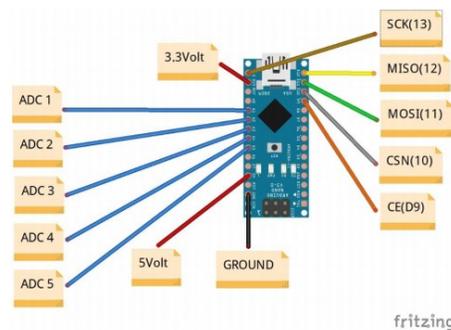
hambatan masing-masing jari. Dalam mengukur hambatan pada masing-masing jari akan dikonversi kedalam tegangan dengan menggunakan rangkaian berikut ini.



Gambar 2.2 Rangkaian *Flex Sensor*

1.1.2 Arduino Nano

Pada penelitian ini Arduino nano berfungsi untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh flex sensor dan digunakan untuk menentukan gestur tangan dari data flex sensor yang sudah di baca. Arduino nano ini juga akan menerima data tegangan yang dihasilkan oleh flex sensor dan gestur tangan yang telah di baca.

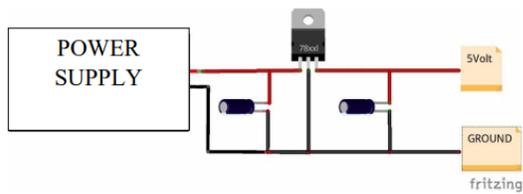


Gambar 2.3 Rangkaian Arduino Nano

1.1.3 Baterai

Pada penelitian ini batrai yang digunakan sebagai sumber tegangan untuk menyuplai rangkaian Arduino Nano, Flex sensor, dan NRF 24L01 menggunakan power supply dengan tegangan 12 volt 2 ampere.

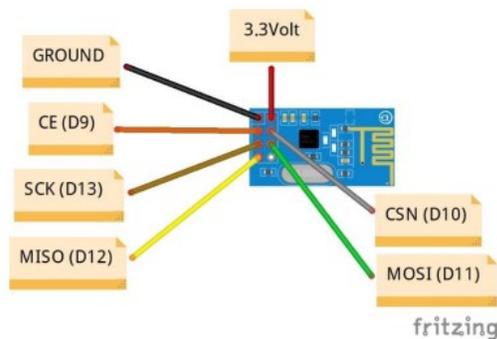
*)Penulis Korespondensi



Gambar 2.4 Rangkaian Tegangan 5 Volt

1.1.4 NRF 24L01

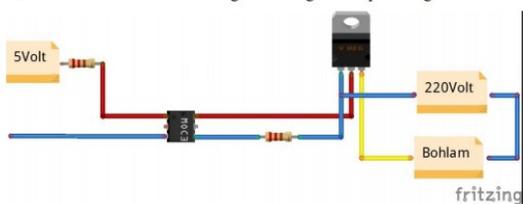
Modul ini berfungsi untuk komunikasi jarak jauh atau nirkabel yang memanfaatkan gelombang RF 2.4 GHz. Modul ini akan berfungsi mengirim data yang sudah di baca di Arduino nano.



Gambar 2.5 Rangkaian Nrf24L01

2.15 Rangkaian Beban

Rangkaian beban berfungsi mengendalikan lampu. Lampu tersebut akan dikendalikan oleh gesture tangan atau pola tangan

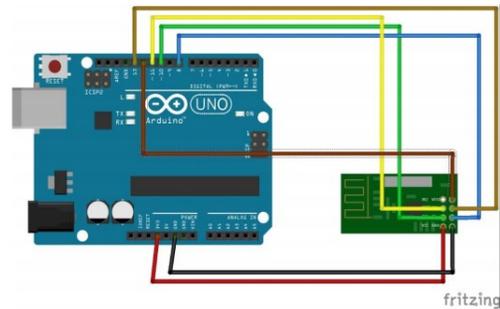


Gambar 2.6 Rangkaian Beban

1.1.5 Rangkaian Arduino Uno

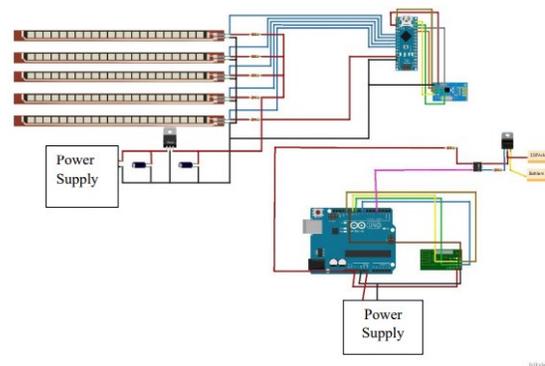
Arduino Uno dan Nrf 24L01 ini berfungsi sebagai alat penerima sinyal, yang mana sinyal yang dikirim dari Arduino nano akan di terima oleh Arduino Uno tersebut. Sinyal yang dikirim dari Arduino nano menuju

Arduino Uno ini berupa perintah high atau low.



Gambar 2.7 Rangkaian Arduino Uno

Dari komponen-komponen pada blok diagram pada gambar 2.1 diatas, maka dapat ditunjukan rangkaian keseluruhan yaitu diperlihatkan pada gambar 2.5



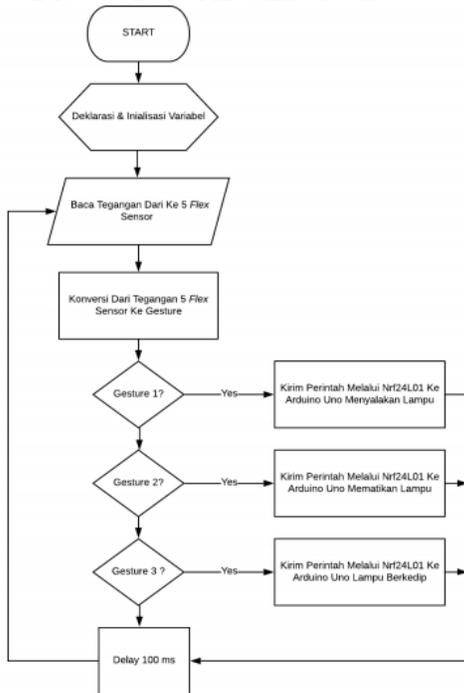
Gambar 2.8 Rangkaian Keseluruhan

1.2 Flow Chart

Pada penelitian ini alur diagram atau flow chart terdiri dari flow chart pembacaan gesture tangan yang di lakukan oleh Arduino nano dan flow chart menyalakan lampu berdasarkan pembacaan gesture tangan yang di lakukan oleh Arduino mega. Kedua flow chart tersebut adalah sebagai berikut :

*)Penulis Korespondensi

1.2.1 Flow Chart Arduino Nano



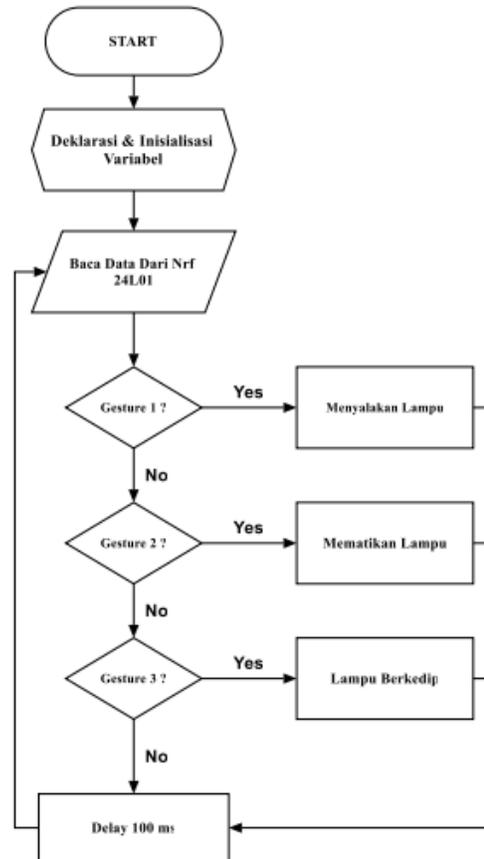
Gambar 2.9 Flow Chart Arduino Nano

Flow Chart di atas menjelaskan proses kerja pengiriman data dari ke lima flex sensor yang di proses di arduino nano dan akan dikirim menggunakan Nrf 24L01 menuju Arduino mega. Berikut penjelasan flow chart di atas :

1. Mendeklarasikan dan menginisialisasi variable yang akan digunakan
2. Membaca tegangan dari masing-masing flex sensor
3. Mengkonversikan tegangan dari ke 5 flex sensor ke gesture yang sudah di tetapkan
4. Jika Arduino mendeteksi user melakukan gerakan tangan Gesture 1 maka Arduino nano akan mengirim perintah Arduino mega untuk menyalakan lampu.
5. Jika tidak maka, jika Arduino mendeteksi user melakukan gerakan tangan Gesture 2 maka Arduino nano akan mengirim perintah Arduino mega untuk mematikan lampu

6. Jika tidak maka, jika Arduino mendeteksi user melakukan gerakan tangan Gesture 3 maka Arduino nano akan mengirim perintah Arduino mega maka lampu akan berkedip
7. Jika tidak maka akan kembali ke perintah nomor 2.

1.2.2 Flow Chart Arduini Uno



Gambar 2.10 Flow Chart Arduino Uno

Flow Chart di atas menjelaskan proses kerja penerima data yang sudah di proses di Arduino Uno :

1. Mendeklarasikan dan menginisialisasi variable yang akan digunakan
2. Membaca data yang sudah diterima menggunakan nrf 24L01 dan akan proses oleh Arduino Uno

3. Jika Arduino mendeteksi user melakukan gerakan tangan Gesture 1, maka Arduino Uno akan mengirim untuk menyalakan lampu.
4. Jika tidak maka, jika Arduino mendeteksi user melakukan gerakan tangan Gesture 2 maka Arduino Uno akan mengirim untuk mematikan lampu
5. Jika tidak maka, jika Arduino mendeteksi user melakukan gerakan tangan Gesture 3 maka Arduino Uno akan mengirim data lampu akan berkedip
6. Jika tidak akan kembali ke perintah nomor 2.

1.2.3 Gambar Pola Tangan

1. Pola Jempol Tangan



Gambar 2.11 Pola Jari Jempol

Pola gambar di atas ini sebagai perintah untuk menyalakan lampu bohlam, gambar di atas adalah pola gesture pertama.

2. Pola Jari Telunjuk Dan Jari Tengah



Gambar 2.12 Pola Jari Telunjuk Dan Jari Tengah

Pola gambar di atas ini sebagai perintah untuk membuat lampu bohlam akan mati, gambar di atas adalah pola gesture kedua.

3. Pola Kepalan Tangan

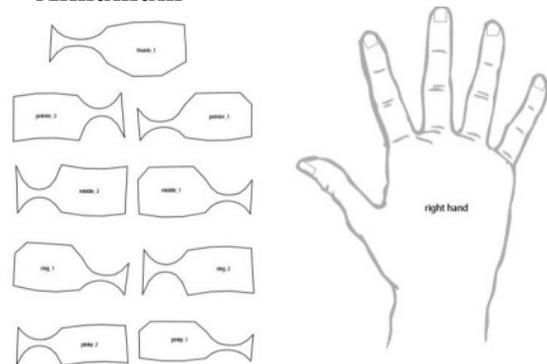


Gambar 2.13 Pola Tangan Mengepal

Pola gambar di atas ini sebagai perintah untuk membuat lampu bohlam berkedip, gambar di atas adalah pola gesture ketiga.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Sarung Tangan Dari Aluminium



Gambar 3.1 Krangka Ukuran Perjari

Gambar diatas menunjukkan krangka pembuatan sarung tangan menggunakan almuinum dengan tebal 1mm yang terdiri dari beberapa bagian jari-jari di antaranya :

1. Jari Jempol terdiri dua susunan bagian
2. Jari Telunjuk terdiri dari tiga bagian
3. Jari Tengah terdiri dari tiga bagian
4. Jari Manis terdiri dari tiga bagian
5. Jari Klingking terdiri dari tiga bagian

Kerangka dipotong sesuai dengan ukuran lalu di terapkan ke almunim dengan ukuran yang sudah di tentukan.



Gambar 3.2 Proses Pemotongan Almunium Perbagian Jari

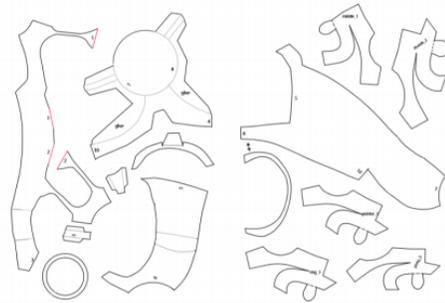
Pada proses pemotongan pada bagian jari-jari. Kertas yang sudah terpotong sesuai dengan ukuran, tempelkan pada almunium dengan menggunakan lem kertas. Jika semua bagian sudah tertempel lalu potong masing-masing bagian sesuai dengan mal yang sudah ditempelkan.



Gambar 3.3 Hasil Akhir Perbagian Pada Masing-Masing Jari

Pada gambar di atas bagian masing-masing jari di lipat sesuai dengan ukuran yang sudah di tentukan. Lalu gunakan lem besi

untuk merekatkan bagianbagian pada lekukan almunim yang sudah di tentukan.



Gambar 3.4 Bagian Krangka Punggung Tangan

Pada bagian di atas adalah kerangka punggung tangan. Kerangka punggung tangan tersebut di potong untuk di terapkan ke aluminium, proses tersebut di lakukan sama seperti pembuatan masing-masing pada bagian jari. Diterapkan di aluminium lalu di bentuk sesuai dengan garis kerangka yang sudah di tatapkan.



Gambar 3.5 Proses Pengeleman

Pada proses pengeleman bagian telapak tangan maupun jari-jari, proses pengeleman menggunakan lem besi. Agar pengeleman terlihat rapi dan kuat membutuhkan alat bantu yaitu dengan menggunakan penjepit jemuran pakaian.

*)Penulis Korespondensi



Gambar 3.6 Hasil Jadi Proses Pembuatan Punggung Tangan

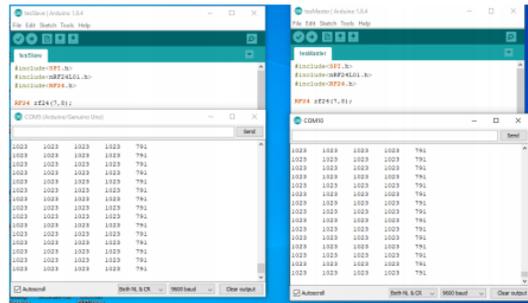
Pada proses pelapisan bagian telapak tangan menggunakan san polac. San polac berfungsi meratakan bagian almunium yang bergelombang. Juga menutupi sudut-sudut yang di beri lem agar terlihat rapid dan rata.



Gambar 3.7 Hasil Jadi Akhir Pembuatan Sarung Tangan

Pada gambar 4.7 bagian jari dan telapak tangan sudah di sambung dengan menggunakan karet dan lem. Pada proses penyambungan pastikan bagian jarijari terurut. Gambar di atas memnunjukkan hasil dari pembuatan sarung tangan almunium.

3.2 Langkah Percobaan Tes Nrf24L01+



Gambar 3.8 Hasil Percobaan Tes Nrf 24101

3.2.1 Program Nrf24L01+ Master

```
#include<SPI.h>
#include<nRF24L01.h>
#include<RF24.h>
RF24 rf24(7,8);
```

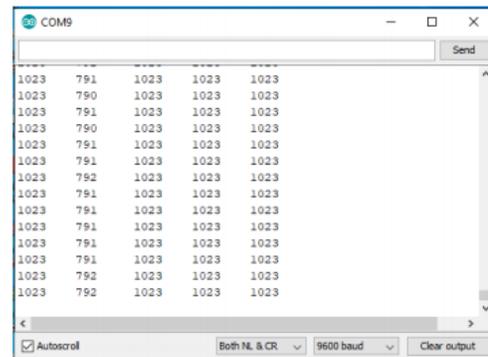
```
const byte alamat = 225;
int pesan[5]={0,0,0,0,0};
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  rf24.begin();
  rf24.openWritingPipe(alamat);
  rf24.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  rf24.stopListening();}
void loop(){
  pesan[0]=analogRead(A0);
  pesan[1]=analogRead(A1);
  pesan[2]=analogRead(A2);
  pesan[3]=analogRead(A3);
  pesan[4]=analogRead(A4);

  Serial.print(pesan[0]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[1]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[2]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[3]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[4]);
  Serial.println("");

  rf24.write(pesan,20);
  delay(250);}
```

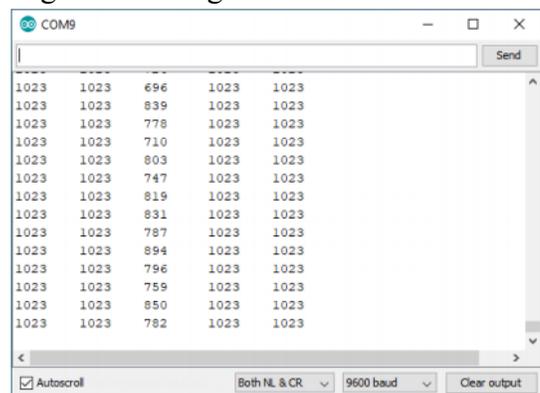
3.2.2 Program Nrf24L01+ Slave

```
#include<SPI.h>
#include<nRF24L01.h>
#include<RF24.h>
RF24 rf24(7,8);
const byte alamat = 225;
int pesan[5]={0,0,0,0,0};
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  rf24.begin();
  rf24.openReadingPipe(0,alamat);
  rf24.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  rf24.startListening();
}
void loop() {
  while(rf24.available() ) {
    rf24.read(pesan,20);
    Serial.print(pesan[0]);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(pesan[1]);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(pesan[2]);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(pesan[3]);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(pesan[4]);
    Serial.println("");
    delay(250);
  }
}
```



Gambar 3.10 Hasil *Flex Sensor* Pada Jari Telunjuk

3. Bagian Jari Tengah

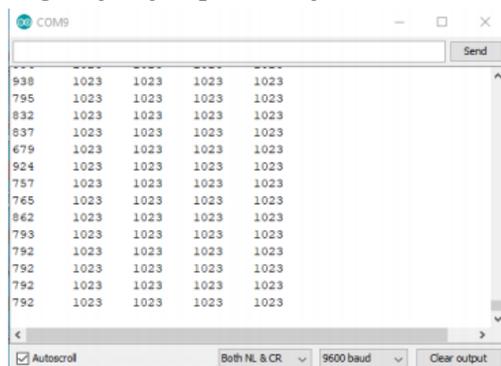


Gambar 3.11 Hasil *Flex Sensor* Pada Jari Tengah

3.3 Langkah Percobaan *Flex Sensor* Menggunakan Arduino Nano Tanpa Beban

Percobaan flex sensor di coba pada masing-masing bagian perjari

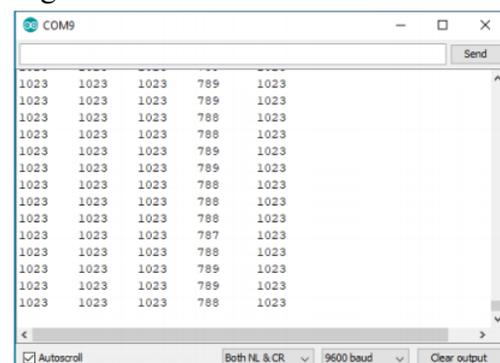
1. Bagian jari jempol / ibu jari



Gambar 3.9 Hasil *Flex Sensor* Pada Ibu Jari

2. Bagian Jari Telunjuk

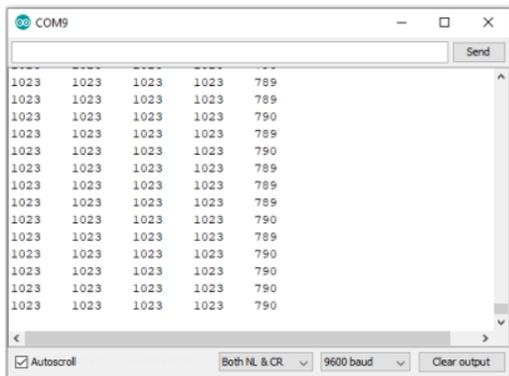
4. Bagian Jari Manis



Gambar 3.12 Hasil *Flex Sensor* Pada Jari Manis

*)Penulis Korespondensi

5. Bagian Jari Kelingking



Gambar 3.13 Hasil *Flex Sensor* Pada Jari Klینگking

Pada gambar-gambar di atas terlihat hasil percobaan masing-masing jari sudah berjalan yang dapat dilihat pada serial di Arduino. Pada percobaan di atas menggunakan program :

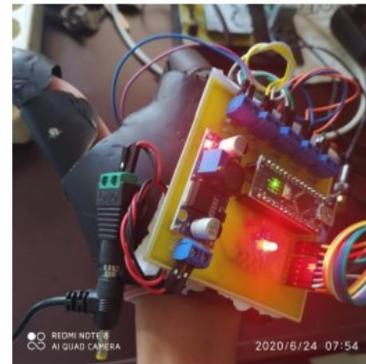
```
int ADC1;
int ADC2;
int ADC3;
int ADC4;
int ADC5;
void setup()
{ Serial.begin(9600); }
void loop()
{ ADC1 = analogRead(A0);
  ADC2 = analogRead(A1);
  ADC3 = analogRead(A2);
  ADC4 = analogRead(A3);
  ADC5 = analogRead(A4);
  Serial.print(ADC1);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ADC2);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ADC3);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ADC4);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ADC5);
  Serial.println(" ");
  delay(100); }
```

3.4 Langkah Percobaan Robot Tangan Dengan Beban



Gambar 3.14 Rangkaian Keseluruhan

Dalam pengujian ini dilakukan percobaan komunikasi rangkaian (*master*) tangan dengan rangkaian beban (*Slave*). Jika rangkaian tangan membentuk pola jempol maka lampu akan menyala. Jika jari telunjuk dan jari tengah terbuka maka lampu akan mati. Jika membentuk pola tangan mengepal maka lampu akan berkedip.



Gambar 3.15 Kondisi Saat Menyalakan Lampu



Gambar 3.16 Kondisi Saat Ingin Mematikan Lampu

*)Penulis Korespondensi



Gambar 3.17 Kondisi Saat Lampu Berkedip

3.1 Program Rangkaian Master Dan Rangkaian Beban

```
#include<SPI.h>
#include<nRF24L01.h>
#include<RF24.h>
#define A 5
#define B 4
#define C 3
#define D 2
RF24 rf24(7,8);
const byte alamat = 225;
int pesan[5]={0,0,0,0,0};
void setup()
{ Serial.begin(9600);
  rf24.begin();
  rf24.openWritingPipe(alamat);
  rf24.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  rf24.stopListening();
  pinMode(A,OUTPUT);
  pinMode(B,OUTPUT);
  pinMode(C,OUTPUT);
  pinMode(D,OUTPUT);
}
```

```
void loop()
{
  pesan[0]=analogRead(A0);//jempol
  pesan[1]=analogRead(A1);//telunjuk
  pesan[2]=analogRead(A2);//jari tengah
  pesan[3]=analogRead(A3);//jari manis
  pesan[4]=analogRead(A4);//kelingking
  if((pesan[0]<780)&&(pesan[1]<780)&&(pesan[2]<780)&&(pesan[3]<780)&&(p
  esan[4]>780))//jempol
  {digitalWrite(A,LOW);digitalWrite(B,HIGH);digitalWrite(C,HIGH);digitalWrite(D,
  HIGH);}else
  if((pesan[0]<780)&&(pesan[1]<780)&&(pesan[2]>780)&&(pesan[3]>780)&&(p
  esan[4]<780))//telunjuk jari tengah
  {digitalWrite(A,HIGH);digitalWrite(B,LOW);digitalWrite(C,HIGH);digitalWrite(D,
  HIGH);}
  else
  if((pesan[0]<780)&&(pesan[1]<780)&&(pesan[2]<780)&&(pesan[3]<780)&&(p
  esan[4]<780))//tidak ada
  {digitalWrite(A,HIGH);digitalWrite(B,HIGH);digitalWrite(C,LOW);digitalWrite(D,
  HIGH);} Serial.print(pesan[0]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[1]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[2]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[3]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[4]);
  Serial.println("");
  rf24.write(pesan,20);
  delay(250);}
}
```

```

#include<SPI.h>
#include<nRF24L01.h>
#include<RF24.h>
#define A 10
#define B 9
#define C 6
#define D 5
#define PWM 3
#define ZERO 2
RF24 rf24(7,8);
const byte alamat = 225;
int pesan[5]={0,0,0,0,0};
int n=0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  rf24.begin();
  rf24.openReadingPipe(0,alamat);
  rf24.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  rf24.startListening();
  pinMode(A,OUTPUT);
  pinMode(B,OUTPUT);
  pinMode(C,OUTPUT);
  pinMode(D,OUTPUT);
  pinMode(PWM,OUTPUT);
  rf24.read(pesan,20);

```

```

{ rf24.read(pesan,20);
if((pesan[0]<780)&&(pesan[1]<780)&&(pesan[2]<780)&&(pesan[3]<780)&&(pesan[4]>780)) //jempol
{ digitalWrite(A,LOW);
  digitalWrite(B,HIGH);
  digitalWrite(C,HIGH);
  digitalWrite(D,HIGH);
  digitalWrite(PWM,HIGH);
}
else
if((pesan[0]<780)&&(pesan[1]<780)&&(pesan[2]>780)&&(pesan[3]>780)&&(pesan[4]<780)) //telunjuk jari tengah
{
  digitalWrite(A,HIGH);
  digitalWrite(B,LOW);
  digitalWrite(C,HIGH);
  digitalWrite(D,HIGH);
  digitalWrite(PWM,LOW);
} else
if((pesan[0]<780)&&(pesan[1]<780)&&(pesan[2]<780)&&(pesan[3]<780)&&(pesan[4]<780)) //tidak ada
{digitalWrite(A,HIGH);
  digitalWrite(B,HIGH);
  digitalWrite(C,LOW);
  digitalWrite(D,HIGH);
  if(n==0)
  {digitalWrite(PWM,HIGH);}
  else if(n==4)
  {digitalWrite(PWM,LOW);}
}

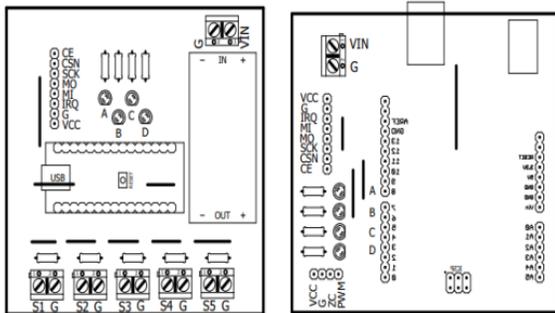
```

```

Serial.print(pesan[0]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[1]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[2]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[3]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pesan[4]);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(n);
  Serial.println("");
  n++;
  if(n==8){n=0;}
  delay(250);
}
}

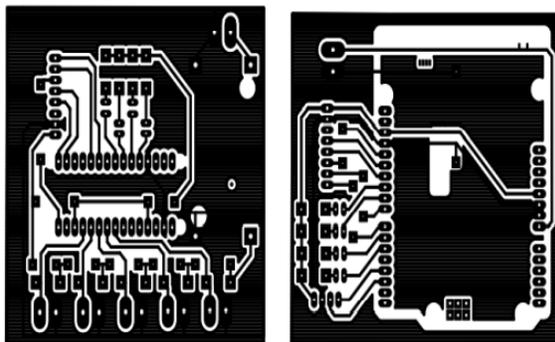
```

3.2 Jalur Rangkaian PCB



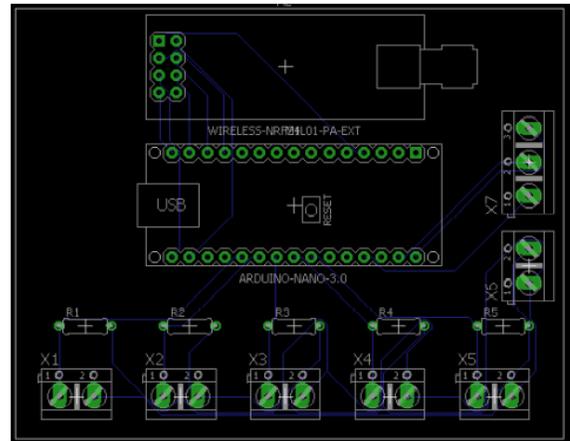
Gambar 3.18 PCB Tampak Atas

Gambar 3.18 menampilkan komponen-komponen yang akan dipasang. Juga mempermudah untuk tata letak komponen-komponen yang akan dipasang.



Gambar 3.19 PCB Tampak Bawah

Pada gambit 3.19 menampilkan jalur yang mana jalur tersebut tidak menggunakan kabel. Peb juga membuat tampilan atau tata letak komponen terlihat rapi.



Gambar 3.20 Tampilan Pada Eagle

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

1. Pada alat ini, cara mengidentifikasi atau membaca gesture tangan dengan menggerakkan kelima jari yang sudah terpasang Flex Sensor dengan nilai ADC yang sudah di tentukan.
2. Pada perancangan sistem kendali jari tangan robot menggunakan jari tangan manusia ini menggunakan 5 flex sensor yang direkatkan pada sarung tangan almunim yang sudah di rancang. Ketika jari tangan membentuk pola jempol, pola gumpalan, pola jari telunjuk dan tengah terbuka maka lampu akan menyala. Pada perancangan robot jari tangan ini menggunakan sitem wireless yang menggunakan modul Nrf24L01.

4.2 Saran

Berikut beberapa saran yang dapat di kembangkan dalam sistem ini :

1. Output pada sistem ini masih menggunakan lampu. Untuk perkembanganya dapat menggunakan motor atau kursi roda.
2. Pada bagian pergerakan jari tangan sistem ini masih dibilang kurang sempurna karna data yang dikirim dan

diterima menggunakan Nrf24L01 masih kurang sempurna.

Daftar Pustaka

- Austin Reg, 2008. "Unmanned Aerial System UAV", John Wiley and Son Ltd, USA.
- Banzi, M., & Shiloh, M. 2014. Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform. Maker Media, Inc.
- G. Ponraj and H. Ren. Sensor Fusion Of Leap Motion Controller And Flex Sensors Using Kalman Filter For Human Finger Tracking, IEEE Sensors Journal, Vol. 18 No. 5, pp. 2042-2049
- G. Saggio, Mechanical model of flex sensors used to sense finger movements, Sensors and Actuators A: Physical, 185 pp. 53-58, 2012.
- G. Saggio, Mechanical model of flex sensors used to sense finger movements, Sensors and Actuators A: Physical, 185 pp. 53-58, 2012.
- Guntur Pradnya Pratama. 2014. "Perancangan Dimer Lampu Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Penerangan Dalam Ruangan", Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nordic Semiconductor ASA., 2006. Single Chip 2.4 GHz Transceiver. [Online] Availableat:http://data.mecheng.adelaide.edu.au/robotics/WWW_Devs/Dragon12/rtm_c9S12_Target/nRF24L01_prelim_prod_spec_1_2.pdf[Diakses 26 Oktober 2016].
- Patiung, F. T., Lumenta, A. S., Sompie, S. R., & Sugiarto, B. A. 2013. Rancang Bangun Robot Beroda dengan Pengendali Suara. E-JOURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER, 2(4), 48-52.
- SUN Li-juan, ZHANG Li-cai, GUO Cai-long. Technologies of Hand Gesture Recognition Based on Vision [J]. Computer Technology and Development, 2008, 18 (10) :214-216.
- T. Q. Vinh and N. T. Tri. Hand Gesture Recognition Based on Depth Image Using Kinect Sensor , 2nd National Foundation for Science and Technology Development Conference on Information and Computer Science, pp. 34-39
- YI Jing-guo, CHENG Jiang-hua, KU Xi-shu. Review of Gestures Recognition Based on Vision [J]. Computer Science,2016,43(6A):103-108.