

Deteksi Objek Tangan Robotik Nirkabel

Dedi Nurcipto¹, Dita Ayu Mayasari², Menik Dwi Kurniatie³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Biomedis, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 20 Mei 2020

Direvisi : 24 Juni 2020

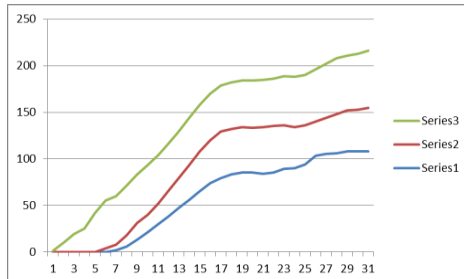
Disetujui : 27 Juni 2020

*Korespondensi Penulis :
dedi.nurcipto@dsn.dinus.ac.id

Tangan Robot



Grafik Frs



Abstract

Era revolusi industri 4.0 merupakan sebuah era baru di dunia industri. Di dalam dunia industri proses otomatisasi adalah implementasi yang sangat umum dilakukan untuk mempercepat sebuah proses. Teknologi sistem robotika adalah salah satu komponen dalam revolusi industri 4.0. Sistem robotika telah banyak digunakan untuk menunjang kerja manusia, diantaranya pada industri otomotif, elektronika, tekstil, dan medis. Selain itu dapat digunakan sebagai pengganti manusia pada kegiatan-kegiatan beresiko tinggi misalnya pada industri atau laboratorium kimia. Pada area kerja yang beresiko manusia dapat terlindungi dari ancaman berbahaya. Selain itu robotik biasanya dikendalikan dengan jarak jauh dimana nirkabel salah satunya yang lebih baik dari pada wire apa lagi padan lingkungan-lingkungan yang dapat mempengaruhi wire seperti laboratorium kimia atau ada kaitanya dengan kimiawi. Penelitian ini merupakan penelitian awal bertujuan untuk mengembangkan tangan robot. Tangan robot yang dapat mengikuti gerakan sarung tangan dengan menggunakan sensor flek. Tangan robot ini dilengkapi dengan force sensor yang di letakan pada ujung jari tangan robot. sensor tersebut berfungsi untuk mendeteksi objek yang di pegang sehingga pengguna dapat memperkirakan kekuatan menggenggam/memegang yang harus di keluarkan. Dari hasil penelitian menunjukan bahwa tangan robot dapat mengikuti pergerakan dengan rata-rata tegangan yang di hasilkan adalah 1,75 volt saat tangan meregang, dan selisih rata-rata tegangan saat mengpal 0,25 volt dari posisi meregang. Dan dari beberapa kali percobaan menggenggam objek nilai ADC yang dihasilkan rata-rata sebesar 96,5 pada ibu jari, 85,16 jari telunjuk dan 93,05 pada jari tengah.

Keywords: Tangan Robot, nirkabel, Flek Sensor, Force Sensor

© 2020 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Era revolusi industri 4.0 merupakan sebuah era baru di dunia industri. Era revolusi industri 4.0 adalah era tahap lanjut dari revolusi industri sebelumnya. Banyak industri lokal di Indonesia telah mengadopsi sistem revolusi industri 4.0. Revolusi industri 4.0 melibatkan multi entitas untuk dapat melakukan sebuah proses yang dikehendaki oleh manusia. Proses otomatisasi industri adalah salah satu bagian dari revolusi industri 4.0. Di dalam dunia industri proses otomatisasi adalah implementasi yang sangat umum dilakukan untuk mempercepat sebuah proses. Teknologi sistem robotika adalah salah satu komponen dalam revolusi industri 4.0. Sistem robotika telah banyak digunakan untuk menunjang kerja manusia, diantaranya pada industri otomotif, elektronika, tekstil, dan medis. Arm-robot manipulator adalah jenis robot yang paling banyak digunakan di industri mulai dari 3 Degree of Freedom (DOF) Robot SCARA hingga Robot Delta atau Robot Paralel yang memiliki lebih dari 6 DOF atau redundan[1]. Salah satu robot yang digunakan di industri adalah arm robot dan bionic yang di gunakan sebagai pengganti tangan manusia untuk melakukan kegiatan-kegiatan beresiko tinggi

misalnya pada industri atau laboratorium kimia. Pada sebuah mobile robot yang biasanya dikendalikan dengan menggunakan sebuah remote kendali yang terhubung dengan sebuah robot melalui media kabel atau melalui media tanpa kabel, namun remote kendali tersebut masih berupa remote kendali konvensional[2]. Dalam perkembangan teknologi nirkabel banyak digunakan untuk media komunikasi antar suatu perangkat. *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor node yang diletakkan di banyak tempat berbeda untuk memantau kondisi suatu area dan mendistribusikan informasi yang di dapat secara nirkabel [5]. Salah satu protokol yang digunakan untuk mengkomunikasikan beberapa sensor adalah *Message Queue Telemetry Transport – Sensor Node* (MQTT-SN) dimana nRF24L01 merupakan salah satu contoh modul yang banyak di gunakan.

Penelitian ini merupakan penelitian awal bertujuan untuk mengembangkan tangan robot. Banyak penelitian terkait tentang tangan robot, diantaranya prototipe robot pemindah barang dengan kendali sarung tangan[3]. Pada penelitian tersebut robot dikendalikan dengan kendali pada sarung tangan yang terdapat 3 buah sensor flek yang di pasang pada sarung tangan. Robot dikendalikan dengan menggunakan kombinasi ketiga jari yang di pasang sensor. Pada universitas yang sama di tahun sebelumnya robot tangan telah di teliti dengan judul Perancangan Sistem Kendali Robot Tangan Menggunakan Motor Servo Dan Sensor Flex Berbasis Mikrokontroler Atmega32[4]. Pada penelitian tersebut masih menggunakan media wire untuk komunikasi dan menggunakan motor torsi kecil untuk menggerakkan jari robot dan menggunakan kayu sebagai bahan tangan robot. Selain itu *The Shadow Robot Company* dimana perusahaan tersebut mengaku telah membuat tangan robot yang sudah sangat menyerupai tangan manusia, dapat menggenggam dan memegang benda-benda yang membutuhkan genggaman yang lembut, contohnya memegang bola lampu dan tomat[5].

Pada tangan manusia terdapat sensor yang bisa merasakan tekstur dari sebuah objek yang disentuh. Selain dapat merasakan tekstur sensor pada tangan adalah sensor yang dapat merasakan kekenyalan dari suatu objek. Seseorang dapat mengendalikan kekuatan dari genggaman pada suatu objek dengan sensor tersebut. Misalkan saat seseorang menggenggam telur maka berbeda dengan saat menggenggam bola pingpong. Seseorang menggenggam telur lebih lembut dalam agar tidak pecah. Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini penulis merancang tangan robot yang dapat dikendalikan secara wireless dengan menggunakan sensor fleks dan di lengkapi oleh *force sensor* untuk mendeteksi tekana pada jari jari tangan ketika memegang objek.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian ini merupakan penelitian dasar pada pembuatan prototipe tangan robot dengan kontrol jarak jauh dengan menggunakan nirkabel sebagai media komunikasi antara tangan robot dengan pengendali berupa sarung tangan. Sarung tangan dilengkapi dengan sensor *flex* yang memberikan informasi pergerakan jari-jari tangan pengendali. Informasi pergerakan diolah oleh mikrokontroler dan dikirim secara nirkabel.

Sebelum melakukan pengujian dilakukan kalibrasi pergerakan jari-jari dan kalibrasi *force sensor*. Kalibrasi pergerakan dilakukan dengan menggerakkan jari tangan robot sedangkan kalibrasi *force sensor* dengan memberikan tekanan pada sensor tersebut. Selanjutnya dilakukan pengujian pada setiap bagian prototipe tangan robot guna mengetahui kinerja setiap bagian. Pengujian dilakukan pertama dilakukan dengan pengujian kendali dimana jari tangan robot digerakan dengan gerakan-gerakan tertentu. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggenggam/memegang benda-benda menggunakan sarung tangan robot. Pada pengujian terakhir dilakukan pengukuran kekuatan jari tangan robot saat menggenggam benda.

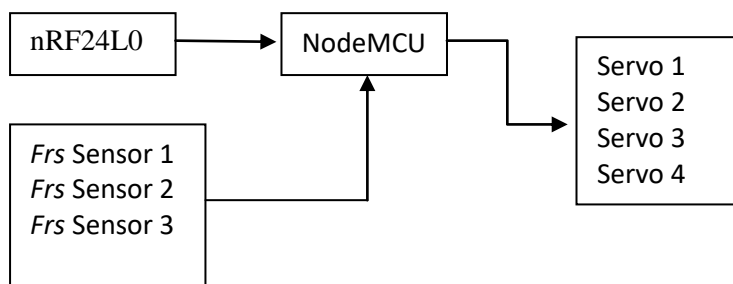
2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan keras dilakukan dengan membuat dua bagian diantaranya bagian:

A. Tangan Robot

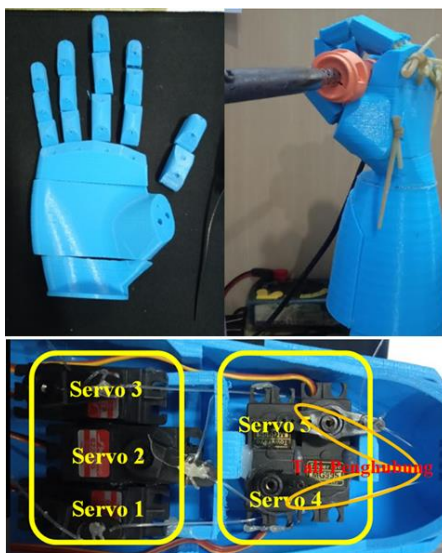
Pada penelitian ini tangan robot merupakan actuator yang dikendalikan oleh pengguna melalui sarung tangan. Terdapat bagian penerima sebagai media komunikasi pada tangan robot yaitu nRF24L01, bagian kendali (mikrokontroler esp32) dan bagian penggerak jari-jari tangan berupa

motor servo yang terhubung dengan jari tangan. Serta *force* sensor untuk mengetahui stimulus yang diberikan saat memegang/menyentuh objek. Diagram tangan seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Tangan Robot

- a) Bahan yang digunakan untuk membuat tangan robot adalah bahan plastik jenis PLA yang di cetak dengan printer 3D. Pada bagian tangan robot ini terdapat karet yang berfungsi sebagai pengait antara sendi jari sehingga dapat bergerak dan kembali keposisi jari meregang. Masing-masing ruas jari dihubungkan dengan tali pengait antara tuas dan motor sehingga dapat digerakkan servo (Gambar 2).

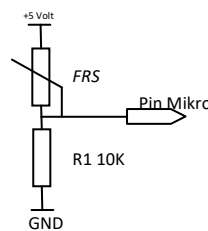


Gambar 2. Tangan Robot

- b) *Force* sensor (*Frs*) digunakan untuk mengetahui tekanan jari robot saat robot memegang/menggenggam barang. *Frs* diletakkan pada bagian ujung-ujung jari yaitu ibu jari jari tengah dan jari telunjuk (Gambar 3). Jenis *Force* sensor yang digunakan adalah RFP[®] 602 sebanyak 3 buah. *Frs* tersebut menghasilkan keluaran berupa resistansi dimana semakin besar tekanan maka nilai dari resistansinya semakin kecil. Sehingga digunakan rangkaian *pullup* agar mikrokontroler dapat membaca sensor tersebut (Gambar 4), dimana masing-masing terhubung pada pin 32,34, dan 36 pada MCU.



Gambar 3. Penempatan *Force sensor*



Gambar 4 *Force sensor (Frs)* ke mikrokontroler

Hasil pengukuran pada frs saat mendapat tekanan $\pm 10K\Omega$ sehingga didapatkan nilai hambatan $R1$ untuk rangkaian pada gambar 4 adalah $10K\Omega$. Dimana dengan persamaan 1 nilai tegangan yang masuk ADC masih memenuhi.

$$V_{out} = Vx \frac{R1}{R1 + R_{frs}} \quad (1)$$

Dimana $R1$: Resistor
 R_{frs} : Resisransi *Frs*
 V : Tegangan Sumber
 V_{out} : Tegangan ke pin Mikrokontroller

Sampling ADC mikrokontroler mempengaruhi perubahan nilai ADC dengan sangat cepat sehingga digunakan *moving average* seperti persamaan 2 untuk mengurangi perubahan nilai yang fluktuatif. Nilai pembacaan ADC dirata-rata setiap pembacaan data.

$$MA = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} \quad (2)$$

Dimana MA : *Moving average*
 $A1$: Jumlah Data ADC
 n : Jumlah data

program untuk mengaplikasikan persamaan 2 adalah sebagai berikut:

```
void loop()
...
total = total - Data[DataKe];
Data[DataKe]= analogRead(32);
total = total + Data[DataKe];
DataKe = DataKe + 1;
if (DataKe >= JumlahDat) {
    readIndex = 0; }
Rata-rata = total / JumlahDat;
...
```

nRF24L01+ sebagai media komunikasi digunakan untuk menghubungkan tangan robot dengan pengontrol (sarung tangan) secara nirkabel. nRF24L01 merupakan modul komunikasi jarak jauh yang menggunakan frekuensi pita gelombang radio 2.4-2.5 GHz ISM (Industrial Scientific and Medical) [6]. Modul ini merupakan single transceiver chip berisi baseband logic enhanced shocburst (Nordic Semiconductor, n.d.)[7]. Komunikasi antar nRF24L01 menggunakan antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface) sehingga memudahkan dalam penerapan pada mikrokontroler yang telah dilengkapi perangkat SPI dan USART. Pin SPI pada nRF24L1 seperti terlihat pada Gambar 5, dimana masing masing pin akan terhubung dengan mikrokontroler seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi pin

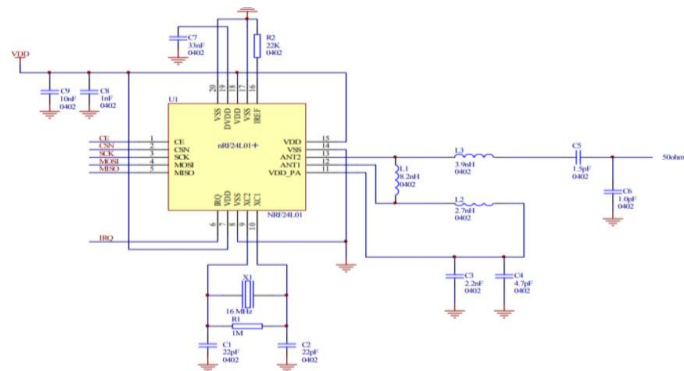
Pin	Keterangan	Pin pada MCU
1	CE	12
2	CSN	13
3	SCK	18
4	MOSI	23
5	MISO	19

Prosedur untuk Penerima data dari sarung tangan.

```
unsigned long Datasebelumnya = 0;
void recvData()
{ while ( radio.available() ) {
    radio.read(&data, sizeof(DataKu));
    Datasebelumnya = millis();
}
}

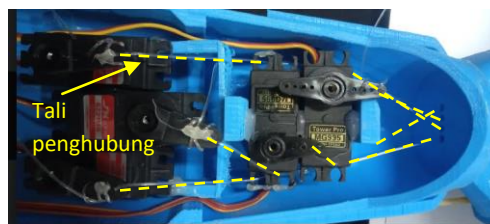
void loop()
{ recvData();
  unsigned long Datasekarang = millis();
  if (Datasekarang - Datasebelumnya > 1000 ) {
    ResetData();
  }
...
}
```





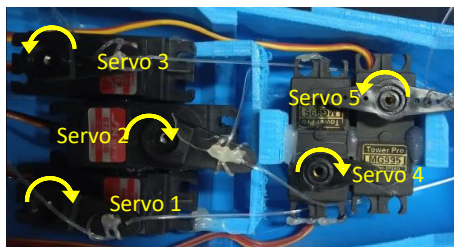
Gambar 5. Skema rangkaian nRF24L01+ [8]

- c) Servo merupakan aktuator yang digunakan untuk menggerakkan jari-jari tangan robot saat di kontrol. Terdapat lima buah servo jenis MG yang digunakan dengan terhubung dengan jari-jari dan dimana masing-masing servo terhubung pula dengan pin 2, 4, 15, 16 dan pin 17 pada MCU.



Gambar7. posisi sensor pada tangan robot

Semua servo memiliki gerakan rotasi berbeda pada masing-masing servo dari posisi awal / jari meregang (Gambar 8). Pengaturan rotasi dipengaruhi oleh perbedaan posisi servo yang akan menghindari benturan pada tuas servo masing-masing. Range putaran pada masing masing servo sebesar 180° .



Gambar 8. Rotasi Masing-masing servo

Tabel 2. Range rotasi servo

Posisi Servo	Range rotasi
Servo 1 / Ibu jari	$0^{\circ} - 180^{\circ}$
Servo 2 / jari telunjuk	$0^{\circ} - 180^{\circ}$
Servo 3 / jari tengah	$180^{\circ} - 0^{\circ}$
Servo 4 / jari manis	$0^{\circ} - 180^{\circ}$
Servo 5 / jari kelingking	$180^{\circ} - 0^{\circ}$

Rotasi servo didapatkan dari hasil pembacaan sensor *flex* yang telah di terima oleh tangan robot. Rentang nilai ADC untuk data yang diterima dari pergerakan jari berkisar antara $\pm 100 - 300$ yang mana data tersebut merupakan data pergerakan dari posisi jari meregang dan

menggenggam. Hasil tersebut dikonversi kedalam sudut (derajat) dengan menggunakan mapping 180^0 . Salah satu program untuk mapping servo pada ibu jari, diberikan batas agar servo tidak *error* saat nilai mapping diluar range.

```

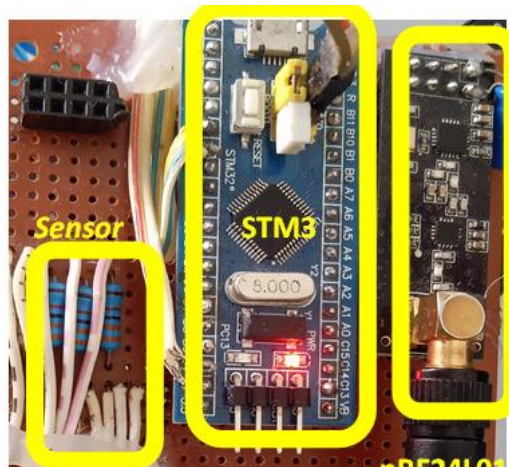
Void loop()
  Servo1 = map(data.Ibujari, 165, 203, 0, 180);
  if (Servo1 > 180) { Servo1 = 180; }
    if (Servo1 < 0) {
      Servo1 = 0; }
  Servo1.write(Servo1);
  ...
}
    
```

B. Sarung Tangan Pengendali

Merupakan bagian pengendali yang digunakan untuk mengendalikan tangan robot jarak jauh. Pada bagian ini terdiri dari sensor *flex*, unit kendali dan pemancar.

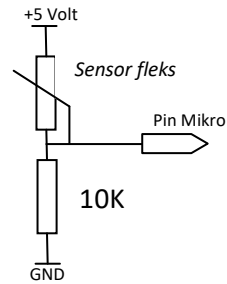


Gambar 8. Diagram Blok Pengontrol Tangan Robot



Gambar 9. Rangkaian Sarung tangan

- a) *Sensor fleks* merupakan sensor yang digunakan untuk mengetahui pergerakan dari jari-jari tangan. *Sensor fleks* yang digunakan memiliki ukuran 4,5” ($\pm 11,25$ cm) sehingga dapat mewakili panjang jari orang dewasa. Sensor tersebut menghasilkan nilai resistansi yang berbeda saat sensor di bengkokkan. Nilai dari resistansi tersebut bergantung pada seberapa besar sensor tersebut dibengkokkan. *Sensor fleks* dipasang pada sarung tangan bagian luar jari-jari seperti yang terlihat gambar 10.



Gambar 9. Rangkain sensor fleks

Seperti halnya *Frs*, sensor fleks juga harus diberi rangkaian *pull up* agar dapat dibaca oleh mikrokontroler (Gambar 9). Nilai R1 didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan 1. Pin mikrokontroler yang digunakan adalah pin PA0, PA1, PA2, PA3 dan PB1. Hasil dari pembacaan akvifitas sensor dikirim melalui komunikasi nirkabel menggunakan modul nRF24L01+. Nilai tegangan keluaran dari rangkaian pullup dapat diketahui menggunakan persamaan 2 yang dituangkan dalam program.

$$Tegangan = \frac{ADC}{4096} * V_{ref} \quad (2)$$

Ket

- Tegangan : Out put rangakaian Pullup (Volt)
- ADC : Nilai ADC
- Vref : Nilai Tegangan Refresi (3,3 Volt)



Gamaba 10. *Sensor fleks* pada sarung tangan

Pada sarung tangan ini data ADC dari sensor fleks dibaca dan dikirim. *Moving average* dilakukan sebelum data pada masing-masing ADC dikirimkan untuk menghindari terjadinya perubahan data yang signifikan. *Moving average* dilakukan dengan mengambil 10 data ADC oleh mikrokontroler untuk di jumlahkan dan hasilnya dibagi 10 seperti pada persamaan (2). Hasil dari *moving average* dikirim oleh mikrokontroler ke tangan robotik.

- b) nRF24L01+ digunakan untuk mendukung komunikasi antara sarung tangan dengan tangan robot. Dimana pin yang terhubung dengan mikrokontroler seperti pada tabel 3.



Gambar 11. nRf24L01 modul

Tabel 3 konfigurasi pin

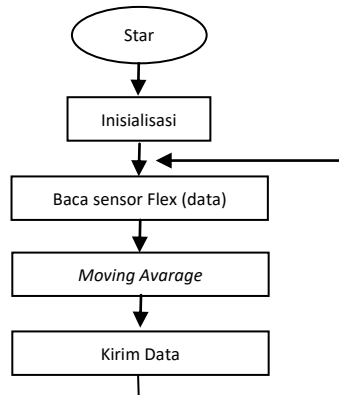
Pin	Keterangan	Pin pada MCU
1	CE	PB0
2	CSN	PA4
3	SCK	PA5
4	MOSI	PA7
5	MISO	PA6

```
Void loop()  
{...  
radio.write(&data, sizeof(DataKU));  
...}
```

2.3 Diagram Alir Algoritma

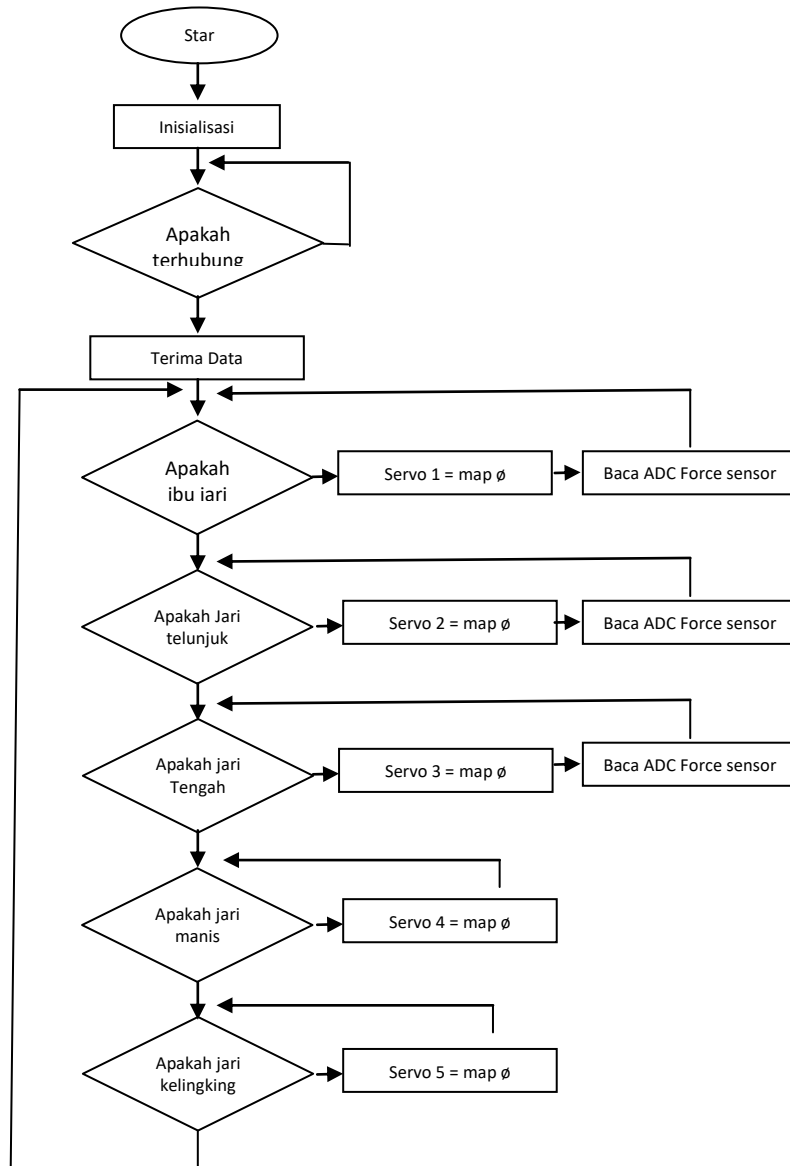
Terdapt dua algoritma untuk mendukung perancangan hardware agar tangan robot dan sarung tangan dapat bekerja dengan baik.

- a. Algoritma pengendali



Gambar 11. Diagram alur algoritma pada sarung tangan

b. Algoritma tangan robot



Gambar 12. Diagram alir algoritma pada tangan robot

3. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

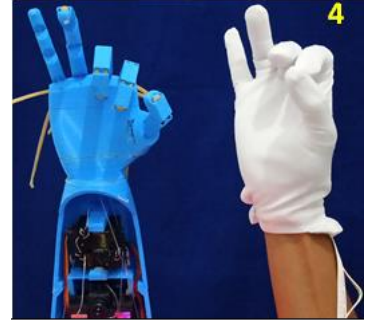


Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan melakukan pergerakan setiap jari didapatkan bahwa tangan robot dapat mengikuti pergerakan dari sarung tangan robot seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Data Gerakan jari

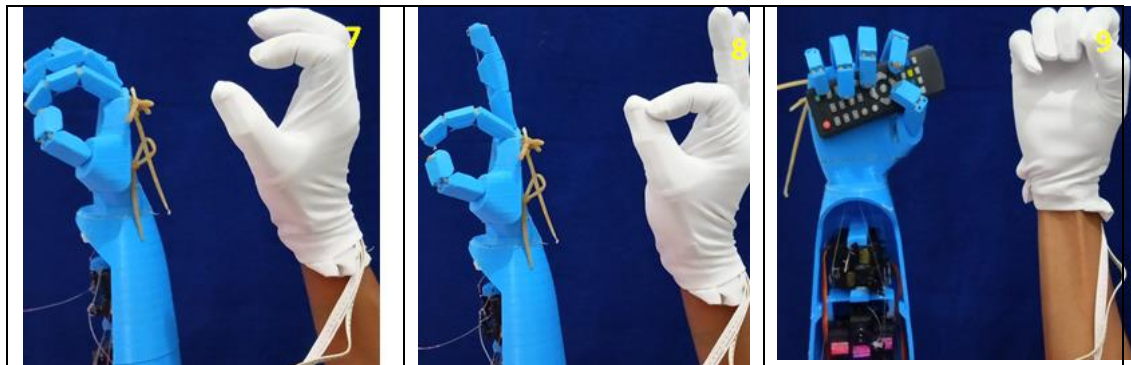
Gerakan Jari-Jari																
																
		Posisi tangan saat meregang					Ibu jari sedikit menekuk dan jari lain meregang					Membentuk O dengan menggunakan ibu jari dan jari telunjuk				
Ket	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB	
Teg	1,95	1,84	1,68	1,65	1,64	1,95	1,83	1,65	1,67	1,43	1,95	1,8	1,64	1,44	1,47	
ADC	242	228	208	205	204	242	227	205	207	177	242	223	203	179	182	

Pada tabel 4 menunjukkan keluaran yang dihasilkan adalah tegangan rangkaian *pull up* (Teg) dan nilai ADC. Tegangan atau ADC yang didapat dari ibu jari (IB), jari telunjuk (TJ), jari tengah (TG), jari manis (MN) dan jari kelingking (KL). Pada saat posisi tangan meranggang nilai ADC akan berada pada kisaran 200 dimana nilai tegangan berada pada rata-rata sebesar 1,75 Volt. Saat ibu jari menekuk maka nilai tegangan akan mengalami penurunan sebesar 0,22 volt dari 1,64 menjadi 1,43 volt.

Saat ibu jari & jari telunjuk membentuk huruf O, terdapat perubahan tegangan pula pada jari telunjuk sebesar 0,21 volt dari posisi merenggang ke posisi O. Sedangkan besarnya tegangan pada jari tengah, manis dan telunjuk mengalami perubahan tapi tidak lebih besar dari 0,04 volt.

																
		Membentuk O dengan menggunakan ibu jari, jari telunjuk dan jari tengah					Mengacungkan jari kelingking					Menggenggam				
Ket	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB	
Teg	1,95	1,74	1,45	1,47	1,51	1,95	1,64	1,48	1,48	1,53	1,76	1,55	1,39	1,38	1,4	
ADC	242	216	180	182	188	242	203	184	184	190	219	193	173	171	174	

Saat jari tengah dan telunjuk menekuk terdapat perubahan tegangan pada jari tengah sebesar 0,23volt dari posisi merenggang ke posisi menekuk. Pada posisi ini jari manis terbawa sedikit condong yang mengakibatkan penurunan sebesar 0,1volt. Sedangkan pada saat jari manis menekuk maka besarnya penurunan tegangan sebesar 0,28volt. Pada saat tangan menggenggam jari kelingking mengalami penurunan tegangan sebesar 0,19volt. Sehingga pada saat tangan menekuk (menggenggam) maka terdapat perubahan tegangan yang rata-rata sebesar 0,25volt.



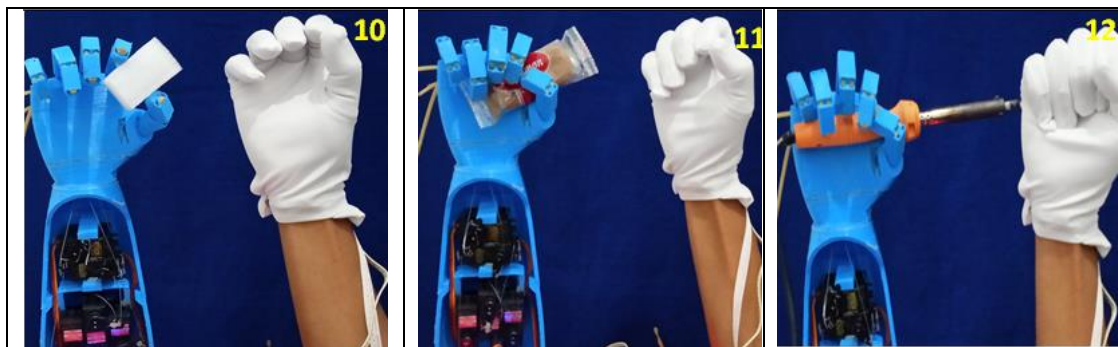
Membentuk huruf C

Tampak dari samping membentuk O dengan menggunakan ibu jari dan jari telunjuk

Menggenggam remot

Ket	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB
Teg	1,81	1,59	1,42	1,44	1,43	1,95	1,81	1,64	1,49	1,46	1,8	1,58	1,41	1,41	1,44
ADC	225	197	176	179	178	242	225	204	185	181	223	196	175	175	179

Perbedaan tangan menggenggam dan pada saat tangan membentuk huruf C mempunyai selisih rata-rata tegangan pada masing-masing jari sebesar 0,04Volt lebih kecil dari pada menggenggam. Disini dapat diartikan bahwa semakin menekuk maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan oleh sensor.



Menggenggam streoform

Menggenggam snack

Menggenggam solder

Ket	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB	KL	MN	TG	TJ	IB
Teg	1,89	1,64	1,48	1,48	1,51	1,8	1,6	1,43	1,49	1,48	1,8	1,62	1,43	1,44	1,39
ADC	234	204	184	184	188	224	199	177	185	184	224	201	177	179	172

Pada penelitian ini, tangan robot digunakan untuk memegang suatu objek benda. Salah satunya benda berbentuk balok (remot kecil) maka dengan mudah tangan robot memegang karena bentuk tidak rata. Lain halnya dengan benda dengan benda balok yang lebih kecil seperti stereofom yang memerlukan waktu untuk penyesuaian agak lama. Penyesuaian ini dikarenakan pergerakan jari tangan belum bisa dikendalikan sesuai keinginan misalkan jari robot tidak bisa membengkokkan jari hanya pada ruas paling atas atau menekuk pada ruas tertentu. Selain itu pada bahan tertentu tangan robot kesulitan dalam memegang benda yang keras atau licin karena bahan yang digunakan dalam pembuatan jari adalah bahan plastik yang tidak dapat menyengkram dengan luasan yang kecil.

Servo merupakan motor yang dapat dikendalikan putarannya dengan sudut yang diinginkan. Perubahan di sensor fleks mempengaruhi perubahan gerak pada servo masing-masing jari. Perubahan putaran servo dapat dilihat pada tabel 5 dengan mengacu pada gambar. Pada tabel 4 diketahui bahwa

pada gambar nomer 1 menunjukkan posisi awal servo dimana posisi jari tangan meregang. Posisi servo tidak selalu pada posisi 0⁰ seperti terlihat pada tabel 4 baris ke 1 yang merupakan titik awal servo. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan bahwa perubahan pada servo 1, servo 2 dan servo 4 akan mengalami penurunan sudut seiring dengan perubahan jari yang semakin menekuk, sedangkan servo yang lain bekebalikan.

Tabel 5. Pergerakan Servo

Gambar No	KL (servo 5)	MN (servo 4)	TG (servo 3)	TJ (servo 2)	IB (servo 1)
1	21	180	4	165	180
2	21	180	15	172	56
3	21	172	22	69	80
4	21	141	105	80	108
5	21	84	90	88	118
6	180	40	130	40	42
7	144	58	119	69	61
8	21	180	18	91	75
9	158	53	123	55	66
10	79	88	90	88	108
11	151	66	116	91	90
12	151	75	116	69	33

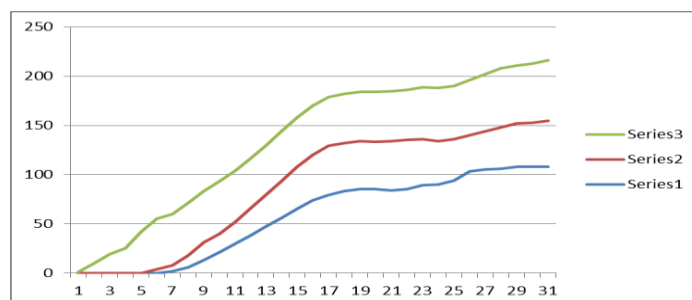
Hasil dari pengujian tangan robot dengan memegang sebuah objek yaitu pipa pvc 1/2" didapatkan besarnya ADC sebesar 9,65 pada ibu jari, 85,15 jari telunjuk dan 93,05 pada jari tengah saat memegang (Tabel 6).

Tabel 6. ADC Force sensor

No	Nilai ADC IB	Nilai ADC TJ	Nilai ADC TG
1	115	35	18
2	101	16	94
3	144	178	48
4	130	180	46
5	66	92	133
6	1	200	52
7	136	131	52
8	73	92	143
9	120	168	92
10	100	107	117
11	95	15	118
12	135	99	138
13	127	98	146
14	131	72	147
15	63	15	72
16	111	48	65
17	38	27	51
18	115	47	144
19	22	34	120
20	107	49	65

Rata-rata	96,5	85,15	93,05
-----------	------	-------	-------

Berdasarkan hasil percobaan menggenggam sebanyak 20 kali, nilai dari ADC tidak selalu sama. Hal ini dipengaruhi oleh kekuatan menggenggam dan posisi sensor yang tidak tetap setiap menyentuh objek. Grafik pada Gambar 12 menunjukkan momen dimana kegiatan menggenggam dari posisi meregang samapi dengan menggenggam. Series 1 merupakan data ADC ibu jari, series 2 jari telunjuk dan series 3 jari tengah. Data direkam saat pertama kali sensor menyentuh objek sampai dengan posisi menggenggam penuh. Pada grafik menunjukkan jari tengah yang mempunyai tekanan paling besar dari pada jari lain.



Gambar 12. Nilai ADC dari sensor FRS

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tangan tangan dapat berfungsi dengan baik. Tangan robot dapat mengikuti gerakan yang dikendalikan melalui sarung tangan. Masing-masing fleks sensor menghasilkan rentang yang berbeda-beda namun besarnya rentang ADC tidak mempengaruhi besar kecilnya pergerakan pada jari tangan robot dengan menggunakan *mapping*. Pada penelitian ini dengan menggunakan rangkaian *pull up* pada fleks sensor menghasilkan nilai ADC yang semakin kecil saat jari menekuk. Rata-rata besar tegangan yang dihasilkan saat tangan meregang adalah sebesar 1,75volt. Selisih antaran jari meregang dan menggenggam rata-rata besaran tegangannya adalah 0,25volt. Spesifikasi servo mempengaruhi besaran kekuatan jari dalam menggenggam. Beberapa kali percobaan jari tangan akan mendeteksi permukaan obojek rata-rata sebesar 96,5 pada ibu jari, 85,16 jari telunjuk dan 93,05 pada jari tengah.

4.1 Saran

Jenis bahan yang digunakan untuk tangan robotik mempengaruhi kinerja tangan robot ketika menggenggam benda keras seperti plastik, logam dan lain-lain. Jari tangan robot tidak bisa dikendalikan pada masing masing ruas sehingga perlu penambahan kendali pada ruas jari. Perlu adanya pengujian terkait dengan menggunakan alat ukur tekanan untuk mengetahui penekanan pada jari. Perlu adanya umpan balik pada sarung robot sehingga pengguna bisa turut merasakan langsung kekuatan genggamannya pada tangan robotik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada LPPM UDINUS, yang telah memberikan dana hibah IPTEK tahun 2019 dengan perjanjian / Kontrak Nomer 137/A.38.04/UDN-09/XI/2019 pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] TresnaDewi, PolaRisma dkk. *Perbandingan Desain dan Pemodelan TangannRobot Lima Jari sebagai Sistem Underactuated*. 2016. Prosiding ANNUAL RESEARCH SEMINAR 2016 6 Desember 2016, Vol 2 No. 1 UNSRI.
- [2] Tengku Musri1, Darlis Herumurti dkk. *Remote Kendali Komunikasi Robot Berbasis Pergerakan Tangan Pada Smartphone Menggunakan Metode Logika Fuzzy*. 2017. JURNAL INSPIRATON Volume 7, Nomor 1, Juni 2017: 52 – 59.
- [3] Ratih Witayana Trian Soeripto. *Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta*. 2018
- [4] Pujo Sambodo. *Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta*. 2016
- [5] Tohari Ahmad, Waskitho Wibisono dkk. *Penggunaan Teknologi Internet of Things untuk Membantu Proses Pembelajaran di Sekolah*. 2019. SEWAGATI, Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat – LPPM ITS.
- [6] Upik Jamil Shobrina dkk. *Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24L01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network*. 2019. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (j-ptiik).
- [7] Harry Mulya, Sabriansyah Rizkiqa Akbar dkk. *Implementasi Gateway berbasis NRF24L01 dan ESP8266 pada Protokol Message Queue Telemetry Transport - Sensor Network (MQTT-SN)*. 2017. JURNAL PENGEMBANGAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER, Vol. 1, No. 12, Desember 2017, hlm. 1578-1588.
- [8] Datasheet nRF24L01+