

## Pengembangan Sistem Deteksi Gerakan Kepala Sebagai Kontrol Pergerakan Kursi Roda Berbasis *Embedded System*

Virza Audy Ervanda<sup>1</sup>, Dahnia Syauqy<sup>2</sup>, Fitri Utamingrum<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Email: <sup>1</sup>virzavava@gmail.com, <sup>2</sup>dahnial87@ub.ac.id, <sup>3</sup>f3\_ningrum@ub.ac.id

### Abstrak

Kursi roda pada awalnya sangat membantu untuk pengguna yang hanya memiliki keterbatasan pada kaki, namun terdapat permasalahan untuk pengguna yang memiliki kekurangan untuk menggerakkan tangan sehingga dirasa masih kesulitan untuk menggunakan alat bantu ini. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti memanfaatkan pergerakan kepala sebagai kontroler berbasis *embedded system* sebagai kendali kursi roda. Pada penelitian ini sistem akan menggunakan sensor MPU6050 yang akan diletakkan pada dahi pengguna dan 2 buah NodeMCU dimana 1 buah NodeMCU pada kontroler digunakan sebagai *client* dan 1 NodeMCU pada kursi roda sebagai server. Berdasarkan implementasi yang dilakukan, dengan menggunakan *complementary* filter masalah pembacaan nilai sudut yang disebabkan oleh *noise* dapat diatasi sehingga *output* yang dihasilkan menjadi lebih stabil dan akurat. Dari pengujian yang telah dilakukan pada 5 orang subyek, diketahui penetapan awal pembacaan sensor tidak 0° namun memiliki rentang nilai sudut sumbu X sebesar -11.61° hingga -20.70° dengan rata-rata -14.86°. Berdasarkan gerakan kepala yang dilakukan pada pengujian didapat nilai rata-rata pada sumbu X sebesar 30.24° saat menunduk dan -40.46° saat mendongak. Sedangkan untuk sumbu Y didapat nilai rata-rata sebesar -27.97° saat miring ke kiri dan 26.83° saat miring ke kanan. Untuk pengiriman data, sistem memiliki tingkat keberhasilan 100% dengan rata-rata waktu respon sekitar 52 ms.

**Kata kunci:** *embedded system, mpu6050, nodemcu, complementary*

### Abstract

*Wheelchair was initially very helpful for users with leg defects, But there are problems for users who have more flaws to move their hands so some users are still difficult to use the wheelchair. Based on these problems, Researchers used head movement as an embedded system-based controller as wheelchair control. System will use an MPU6050 sensor which will be placed on the user's forehead and 2 pieces of NodeMCU where 1 NodeMCU on the controller is used as client and 1 NodeMCU in the wheelchair as server. Based on the implementation, by using the complementary the problem of reading angle values caused by noise can be solved so that the output becomes more stable and accurate. From the tests that have been done on 5 subjects, it is known that the initial determination of sensor readings is not 0° but has a range of X-axis angle values of -11.61° to -20.70° with an average of -14.86°. Based on the head movement performed on the test, the average value on the X-axis is 30.24° when it is downward and -40.46° when upward. As for the Y-axis obtained and average value of -27.97° when tilt to the left and 26.83° when tilt to right. For data transmission, the system has 100% success rate with average response time about 52 ms.*

**Keywords:** *embedded system, mpu6050, nodemcu, complementary*

### 1. PENDAHULUAN

Kursi roda merupakan alat bantu yang biasanya digunakan untuk orang yang mempunyai kesulitan dalam berjalan karena keterbatasan menggunakan kaki, baik itu karena cacat, kecelakaan, ataupun penyakit. Untuk

bergerak, alat bantu ini bisa digunakan secara mandiri dengan menggerakkan roda menggunakan tangan, dengan didorong oleh orang lain, atau dengan bantuan kontroler untuk menggerakkan roda menggunakan mesin otomatis yang biasanya terdapat pada kursi roda elektrik. Kegunaan Kursi roda elektrik ini

diutamakan untuk menjaga pasien terutama orang tua (manula) dari resiko tinggi ketika melakukan mobilitas secara individual (Iksal,2012).

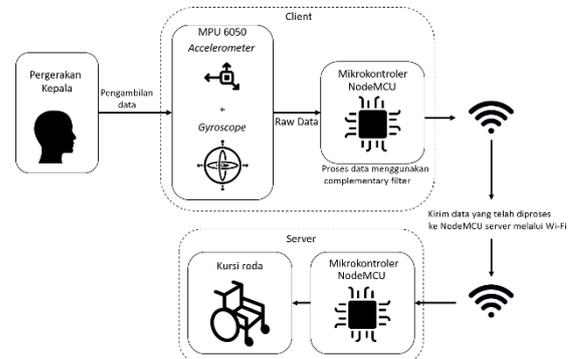
Seiring dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pengembangan untuk memenuhi kebutuhan pun semakin bervariasi, Contohnya pada kursi roda. Kursi roda cerdas pun dikembangkan dengan kontroler seperti *joystick* sehingga kursi roda mampu digerakkan maju, mundur, belok kanan, maupun belok kiri sesuai dengan arah pengoperasian *joystick* (Liem,2012) ataupun dengan sistem pengenalan suara dan deteksi gerakan pada *smartphone android* untuk mengontrol pergerakan kursi roda sehingga memudahkan pengguna bergerak menggunakan kursi roda. Kursi roda pada awalnya sangat membantu untuk pengguna yang hanya memiliki keterbatasan pada kaki, namun terdapat permasalahan untuk pengguna yang memiliki kekurangan lebih sehingga dirasa masih kesulitan untuk menggunakan alat bantu ini. contohnya seperti pada pengguna yang memiliki kelainan otot, atau pengguna yang mengalami kecelakaan sehingga memiliki keterbatasan untuk menggerakkan tangan maupun kakinya (Shradda,2015).

Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan kursi roda maka peneliti memanfaatkan pergerakan kepala sebagai kontroler berbasis *embedded system* sebagai kendali kursi roda sehingga pengguna yang memiliki keterbatasan untuk menggerakkan tangan akan dapat secara mandiri mengendalikan kursi roda dengan menggerakkan kepala sebagai alternatif lain selain menggunakan kontroler *joystick* atau *smartphone*. Dengan menggunakan *embedded system*, sistem yang akan dibuat memiliki keunggulan lebih yaitu biaya yang relatif murah, bentuknya yang kecil, serta konsumsi daya yang rendah (Sung,2008). Dengan begitu, sistem ini diharapkan dapat dijadikan sebagai alternatif lain sebagai alat pendeteksi gerakan kepala yang dapat disandingkan dengan sistem yang sudah ada. Untuk mekanismenya, nantinya gerakan kepala akan dideteksi oleh sensor IMU pada kontroler yang berisi *accelerometer* dan *gyroscope* yang terletak tepat di dahi pengguna. Kontroler ini juga dilengkapi dengan NodeMCU yang berfungsi sebagai *client* agar dapat berkomunikasi dengan NodeMCU *server* pada kursi roda secara *wireless*, sehingga peralatan tidak terbatas oleh

panjang kabel yang terpasang.

## 2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### 2.1 Gambaran Umum Sistem

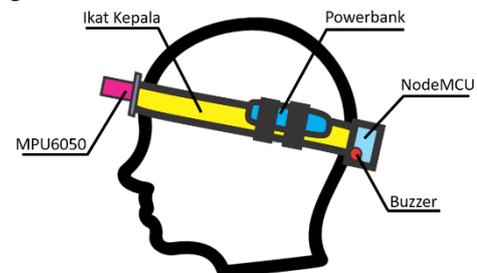


Gambar 2.1.1 Gambaran Umum Sistem

Pada Gambar 2.1.1, Sensor *accelerometer* dan *gyroscope* pada MPU6050 akan mendeteksi pergerakan kepala pengguna. Data dari sensor akan diproses oleh NodeMCU *client* dan dikirimkan ke NodeMCU *server* pada kursi roda melalui koneksi *Wi-Fi*. Sistem deteksi pergerakan kepala akan menggunakan sensor IMU MPU6050 yang terdiri dari sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Dimana data mentah sensor akan diolah menggunakan *complementary filter* agar data MPU6050 lebih stabil sehingga dapat dikategorikan sesuai arah pergerakan kepala yang dilakukan pengguna. Untuk pengiriman data, sistem akan menggunakan NodeMCU agar dapat melakukan pengiriman data secara *wireless*.

### 2.2 Perancangan Perangkat Keras

Untuk Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan dan implementasi prototipe kontroler dan perancangan rangkaian elektronik yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.1 dan 2.2.2 sebagai berikut:

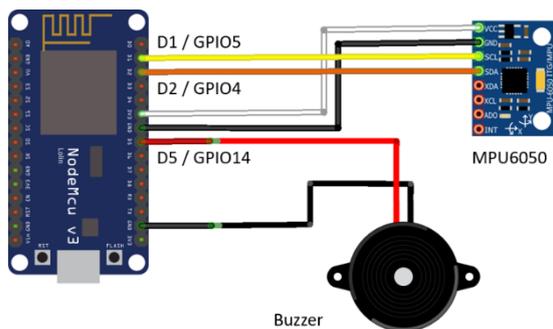


Gambar 2.2.1 Perancangan Prototipe Kontroler

Pada Gambar 2.2.1, untuk mendapatkan nilai yang dihasilkan oleh gerakan kepala sensor MPU6050 diletakkan di depan ikat kepala tepatnya di dahi pengguna. Pada sisi ikat

kepala terdapat wadah untuk menempatkan powerbank yang berfungsi sebagai suplai daya tegangan 5V untuk NodeMCU. Lalu pada bagian belakang ikat kepala terdapat NodeMCU sebagai pemroses data dan buzzer yang memberikan notifikasi terhadap pengguna apabila sistem mendeteksi suatu gerakan.

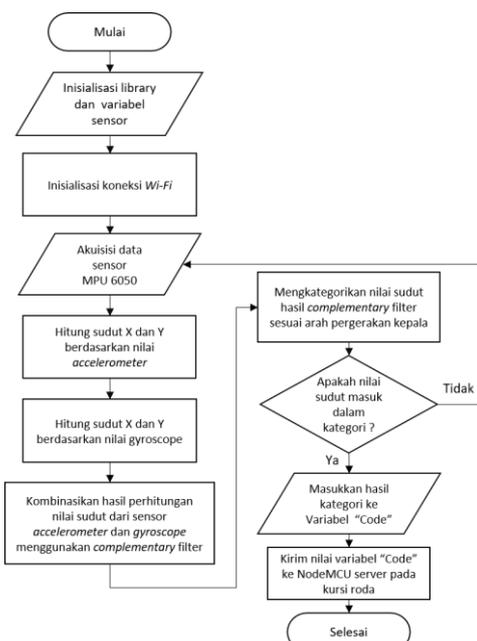
Untuk perancangan rangkaian elektronik ditunjukkan pada Gambar 2.2.4 berikut:



Gambar 2.2.2 Perancangan Rangkaian Elektronik

Pada Gambar 2.2.2, terdapat 4 pin yang digunakan perancangan rangkaian elektronik yaitu SCL, SDA, VCC dan GND. Karena menggunakan komunikasi I2C, pin SCL dan SDA pada MPU6050 dihubungkan dengan D1/GPIO5 dan D2/ GPIO4 dimana PIN D1 dan D2 merupakan pin default I2C pada NodeMCU. Untuk memberikan notifikasi pada pengguna pin D5/GPIO14 dihubungkan dengan pin + pada buzzer.

### 2.3 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 2.3.1 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

Pada Gambar 2.3.1 menjelaskan tentang alur program yang akan diimplementasikan pada sistem. Dimulai dari inisialisasi library seperti komunikasi I2C dan Wi-Fi, inisialisasi sensor, deklarasi SSID dan PASSWORD Wi-Fi, serta variabel-variabel yang digunakan sensor untuk membaca sumbu X, Y, Z dan menghitung nilai sudut. Setelah itu sistem membaca nilai yang dihasilkan oleh sensor accelerometer dan gyroscope pada MPU6050 saat pengguna menggerakkan kepala. Agar dapat digunakan untuk membaca pergerakan kepala, dilakukan penghitungan untuk mendapatkan nilai sudut yang dihasilkan sensor accelerometer dan gyroscope. Perhitungan nilai sudut pada accelerometer menggunakan persamaan berikut:

$$\phi = \arctan\left(\frac{Ay}{\sqrt{Ax^2 + Az^2}}\right) \tag{2.1}$$

$$\rho = \arctan\left(\frac{Ax}{\sqrt{Ay^2 + Az^2}}\right) \tag{2.2}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{\sqrt{Ax^2 + Ay^2}}{Az}\right) \tag{2.3}$$

Dimana “ $\phi$ ” adalah roll (sumbu X), “ $\rho$ ” adalah pitch (sumbu Y), dan “ $\theta$ ” adalah yaw (sumbu Z). Namun dalam penggunaannya, sensor accelerometer tidak dapat membaca nilai perubahan posisi pada yaw atau sumbu Z karena posisi sensor yang sejajar dengan gaya gravitasi yang dibaca oleh sensor. Akan tetapi nilai sumbu Z masih tetap digunakan untuk menghitung nilai sudut pitch dan roll.

Sedangkan untuk menghitung nilai sudut pada gyroscope menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Perubahan sudut} = \omega * \Delta t \tag{2.4}$$

Untuk menghitung sudut sensor gyroscope menggunakan data nilai sudut yang dihasilkan accelerometer sebagai acuan kemudian dihitung dengan perhitungan angular velocity ( $\omega$ ) atau orientasi kecepatan putar dari sumbu X, Y, dan Z setiap interval waktu ( $\Delta t$ ). Setelah didapat nilai sudut dari kedua sensor, untuk mendapatkan nilai yang akurat dan reliabel maka dilakukan filter menggunakan complementary filter dengan mengkombinasikan nilai sudut yang dihasilkan oleh kedua sensor tersebut. Persamaan yang digunakan untuk complementary filter ditunjukkan sebagai berikut:

$$Angle = a \times (angle + gyro) + (a-1) \times (accelero) \quad (2.5)$$

Setelah nilai sudut diproses menggunakan *complementary filter* maka dilakukan pengkategorian arah pergerakan kepala dengan menentukan batas-batas sudut yang dapat dicapai saat menggerakkan kepala. Pengkategorian tersebut ditentukan menggunakan variabel code yang diberi nilai dari 0 hingga 4 dimana tiap nilai code nantinya digunakan untuk memberi perintah bergerak seperti maju, mundur, berhenti, belok kiri dan belok kanan. Lalu data variabel code akan dikirim ke NodeMCU server pada kursi roda melalui koneksi *Wi-Fi*.

### 2.4 Implementasi Perangkat Keras



Gambar 2.4.1 Implementasi Prototipe Kontroler dan Rangkaian Elektronik

Pada Gambar 2.3.2, Implementasi perangkat keras dilakukan sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Perangkat akan berbentuk ikat kepala yang menggunakan bahan plastik dan karet agar bentuk ikat kepala bisa disesuaikan dengan berbagai jenis ukuran kepala. Pada perangkat ini terpasang sensor IMU MPU6050, NodeMCU dan *powerbank*. Agar dapat berfungsi secara portabel maka digunakan baterai berupa *powerbank* sebagai sumber daya tegangan 5V untuk NodeMCU sedangkan untuk sensor MPU6050, agar data yang dideteksi oleh sensor dapat dibaca oleh mikrokontroler maka pin *SDA* dan *SCL* pada sensor dihubungkan dengan pin *I2C* pada NodeMCU yaitu pin *D1* dan *D2*.

### 2.5 Implementasi Perangkat Lunak

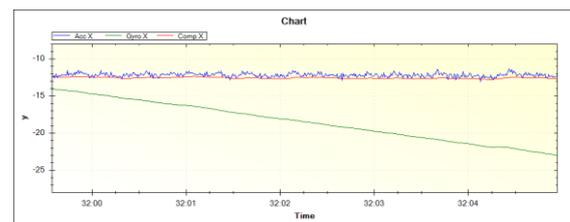
Pada implementasi perangkat lunak merupakan tahap pembuatan program pada perangkat keras lebih tepatnya pada mikrokontroler NodeMCU sebagai pemroses data agar dapat digunakan sesuai tujuan yang diinginkan. Program yang digunakan pada mikrokontroler yaitu berupa inialisasi library, akuisisi data, perhitungan nilai sudut dan algoritma filter yang digunakan, proses

mengkategorikan arah pergerakan kepala serta metode pengiriman data. Implementasi perangkat lunak ini dilakukan berdasarkan perancangan pada perangkat lunak yang telah dibuat sebelumnya.

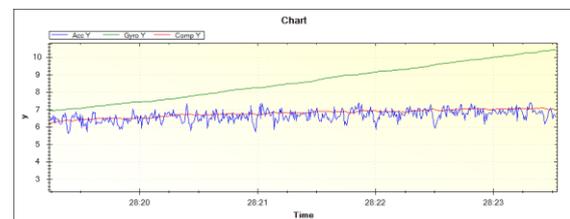
## 3. PENGUJIAN

### 3.1 Pengujian Hasil Keluaran *Complementary filter*

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran dari *complementary filter* dengan data dari *accelerometer* dan *gyroscope* pada MPU6050 saat sistem digunakan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan *complementary filter* terhadap *output* yang dihasilkan oleh sensor *accelerometer* dan *gyroscope* pada MPU6050. Hasil Pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.1.1 dan 3.1.2 berikut:



Gambar 3.1.1 Hasil Pengujian Pada Sumbu X



Gambar 3.1.2 Hasil Pengujian Pada Sumbu Y

Pada Gambar 3.1.1 dan 3.1.2, terdapat 3 keluaran yang dibandingkan pada grafik yaitu hasil keluaran pada *accelerometer* dengan warna biru, hasil keluaran pada *gyroscope* dengan warna hijau dan hasil keluaran *complementary filter* dengan warna merah.

Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa *accelerometer* dengan garis biru memiliki banyak noise sehingga menyebabkan pembacaan tidak stabil sedangkan pada sensor *gyroscope* dengan warna hijau data keluaran yang dihasilkan memiliki bias yang menyebabkan data keluaran menjadi tidak akurat dengan seiring berjalannya waktu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *complementary filter* dengan garis warna merah dapat mengatasi kelemahan yang dimiliki

sensor *accelerometer* dan *gyroscope* karena memiliki hasil keluaran yang lebih stabil.

### 3.2 Pengujian Akurasi Nilai Sudut MPU6050

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai sudut yang dihasilkan oleh sensor MPU6050 dengan kemiringan sensor yang disesuaikan pada busur derajat. Sensor MPU6050 akan dimiringkan sebesar 0°, 15°, 30°, 45°, dan 60° pada busur derajat sesuai dengan sumbu yang diuji. Hasil Pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.2.1 dan 3.2.2 sebagai berikut:

**Tabel 3.2.1 Hasil Pengujian Akurasi Sumbu X**

No.	Sudut Pengujian	Pengujian Ke-	Sudut Hasil Sensor	Error
1	0°	1	0.68°	0.68°
		2	0.81°	0.81°
		3	0.53°	0.53°
2	15°	1	14.53°	0.47°
		2	14.75°	0.25°
		3	14.69°	0.31°
3	30°	1	30.33°	0.33°
		2	30.78°	0.78°
		3	30.51°	0.51°
4	45°	1	45.56°	0.56°
		2	44.39°	0.61°
		3	45.24°	0.24°
5	60°	1	59.56°	0.44°
		2	60.51°	0.51°
		3	59.34°	0.66°
Rata - rata error				0.51°

**Tabel 3.2.2 Hasil Pengujian Akurasi Sumbu Y**

No.	Sudut Pengujian	Pengujian Ke-	Sudut Hasil sensor	Error
1	0°	1	0.87°	0.87°
		2	0.63°	0.63°
		3	0.91°	0.91°
2	15°	1	15.61°	0.61°
		2	15.86°	0.86°
		3	15.30°	0.30°
3	30°	1	30.83°	0.83°
		2	30.48°	0.48°
		3	30.35°	0.35°
4	45°	1	45.43°	0.43°
		2	44.67°	0.33°
		3	45.81°	0.81°
5	60°	1	60.21°	0.21°
		2	59.60°	0.40°
		3	60.31°	0.31°
Rata - rata error				0.56°

Dari pengujian akurasi sensor yang telah

dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sensor dapat membaca sudut dengan baik dikarenakan error pembacaan sudut tidak mencapai 1° dengan rata-rata 0.51° untuk sumbu X dan 0.56° untuk sumbu Y. Nilai error pembacaan yang dihasilkan oleh sensor tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu akibat noise yang dihasilkan oleh sensor *accelerometer*, efek bias pada *gyroscope* serta noise yang terjadi saat proses pengujian yang dilakukan karena pengujian yang dilakukan masih manual.

### 3.3 Pengujian Pembacaan Sistem Deteksi Gerakan Kepala

Pengujian ini dilakukan dengan memakaikan sistem deteksi gerakan kepala kepada 5 orang subyek berbeda untuk mengetahui karakteristik gerakan kepala yang dapat dilakukan pengguna saat menggunakan sistem dengan mendapatkan hasil nilai sudut saat melakukan gerakan tertentu seperti keadaan kepala saat tegak, menunduk, mendongak, miring ke kiri dan miring ke kanan. Dengan begitu dapat diamati rentang nilai yang dihasilkan dari tiap pengguna yang berbeda. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan:

**Tabel 3.3.1 Hasil Pengujian pada Subyek 1**

Subyek	Gerakan Kepala	Pengujian ke-	Nilai Sumbu X	Nilai Sumbu Y	
1	Tegak	1	-17.93	4.91	
		2	-16.11	5.83	
		3	-16.93	5.16	
		4	-17.85	5.84	
		5	-16.73	6.82	
	Rata-rata			-17.11	5.71
	Menunduk	1	29.35	4.33	
		2	29.63	4.50	
		3	31.64	5.10	
		4	30.70	3.71	
		5	31.10	4.74	
	Rata-rata			30.48	4.48
	Mendongak	1	-45.03	4.04	
		2	-42.93	3.74	
		3	-43.62	4.33	
4		-46.94	5.67		
5		-44.82	4.66		
Rata-rata			-44.67	4.49	
Miring ke kiri	1	-22.73	-30.44		
	2	-20.77	-31.88		
	3	-19.02	-30.75		

		4	-20.38	-28.02
		5	-24.72	-30.96
		Rata-rata	-21.52	-30.41
Miring ke kanan		1	-17.60	28.27
		2	-17.03	26.37
		3	-18.34	26.91
		4	-16.32	26.30
		5	-16.03	27.66
		Rata-rata	-17.06	27.10

**Tabel 3.3.2 Hasil Pengujian pada Subyek 2**

Subyek	Gerakan Kepala	Pengujian ke-	Nilai Sumbu X	Nilai Sumbu Y
2	Tegak	1	-12.05	2.19
		2	-14.02	2.31
		3	-13.39	2.12
		4	-14.06	3.93
		5	-11.69	3.44
		Rata-rata	-13.04	2.80
	Menunduk	1	36.07	6.20
		2	37.02	6.42
		3	34.52	6.71
		4	35.31	7.06
5		37.90	4.62	
	Rata-rata	36.16	6.20	
Mendongak	1	-27.17	2.84	
	2	-27.00	3.76	
	3	-25.33	5.38	
	4	-25.21	4.43	
	5	-27.27	5.74	
	Rata-rata	-26.40	4.43	
Miring ke kiri	1	-2.08	-23.33	
	2	-1.26	-21.42	
	3	-3.67	-24.18	
	4	-2.18	-22.18	
	5	-3.95	-23.12	
	Rata-rata	-2.63	-22.85	
Miring ke kanan	1	-1.22	26.17	
	2	-1.95	23.21	
	3	2.97	23.88	
	4	2.99	24.47	
	5	-2.34	27.22	
	Rata-rata	0.09	24.99	

**Tabel 3.3.3 Hasil Pengujian pada Subyek 3**

Subyek	Gerakan Kepala	Pengujian ke-	Nilai Sumbu X	Nilai Sumbu Y
3	Tegak	1	-19.84	-0.49
		2	-20.38	-0.64
		3	-21.43	-0.50
		4	-21.26	-0.41
		5	-20.57	-1.75
		Rata-rata	-20.70	-0.76

Menunduk		1	28.36	-2.53
		2	27.53	-1.87
		3	26.12	-1.23
		4	25.46	-2.77
		5	28.19	-0.83
		Rata-rata	27.13	-1.85
Mendongak		1	-48.32	2.99
		2	-47.02	2.59
		3	-52.22	4.03
		4	-49.79	4.13
		5	-46.02	3.38
		Rata-rata	-48.67	3.42
Miring ke kiri		1	-15.69	-29.91
		2	-19.46	-28.60
		3	-16.81	-29.23
		4	-16.69	-27.61
		5	-15.34	-29.38
		Rata-rata	-16.80	-28.95
Miring ke kanan		1	-10.93	29.45
		2	-11.49	30.94
		3	-23.05	30.52
		4	-22.78	27.75
		5	-16.70	30.38
		Rata-rata	-16.99	29.81

**Tabel 3.3.4 Hasil Pengujian pada Subyek 4**

Subject	Gerakan Kepala	Pengujian ke-	Nilai Sumbu X	Nilai Sumbu Y
4	Tegak	1	-10.65	1.26
		2	-14.53	-0.96
		3	-11.16	-1.35
		4	-10.14	-0.71
		5	-11.58	0.69
		Rata-rata	-11.61	-0.21
Menunduk		1	20.62	1.46
		2	27.46	2.85
		3	20.38	0.75
		4	24.64	3.01
		5	21.05	1.62
		Rata-rata	22.83	1.94
Mendongak		1	-44.70	-4.45
		2	-43.77	-5.79
		3	-49.00	-7.71
		4	-44.39	-4.03
		5	-46.28	-1.98
		Rata-rata	-45.63	-4.79
Miring ke kiri		1	-13.35	-33.08
		2	-7.09	-29.43
		3	-7.40	-24.83
		4	-4.41	-29.27
		5	-3.77	-27.87
		Rata-rata	-7.20	-28.90
Miring ke		1	-11.91	24.98

kanan	2	-14.42	25.12
	3	-15.84	24.65
	4	-14.75	25.60
	5	-15.38	23.22
	Rata-rata	-14.46	24.71

**Tabel 3.3.5 Hasil Pengujian pada Subyek 5**

Subject	Gerakan Kepala	Pengujian ke-	Nilai Sumbu X	Nilai Sumbu Y
5	Tegak	1	-9.35	-0.60
		2	-12.65	0.64
		3	-12.36	0.19
		4	-13.23	0.66
		5	-11.71	1.01
		Rata-rata	-11.86	0.38
	Menunduk	1	29.72	3.53
		2	32.50	3.45
		3	33.19	3.61
		4	37.93	4.30
		5	39.62	5.48
		Rata-rata	34.59	4.07
	Mendongak	1	-33.11	-2.54
		2	-37.37	-3.30
		3	-37.12	-5.26
4		-35.69	-4.60	
5		-41.35	-4.63	
Rata-rata		-36.93	-4.07	
Miring ke kiri	1	-1.84	-33.64	
	2	4.58	-28.94	
	3	5.98	-22.85	
	4	9.97	-27.02	
	5	10.78	-31.31	
	Rata-rata	5.89	-28.75	
Miring ke kanan	1	-11.53	30.25	
	2	-8.61	25.28	
	3	-7.99	25.95	
	4	-10.32	28.89	
	5	-7.10	27.45	
	Rata-rata	-9.11	27.56	

Berdasarkan pengujian dari 5 orang subyek tersebut didapatkan data nilai sudut setiap gerakan dengan rentang dan rata-rata yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.6 dan 3.3.7 sebagai berikut:

**Tabel 3.3.6 Rentang nilai sudut hasil pengujian pembacaan sistem pada 5 orang subyek**

Gerakan Kepala	Rentang Sumbu X		Rentang Sumbu Y	
	Min	Max	Min	Max
Tegak	-11.60°	-20.70°	-0.21°	5.71°
Menunduk	22.83°	36.16°	-1.85°	6.20°
Mendongak	-26.40°	-48.67°	3.42°	-4.79°

Miring ke kiri	-2.63°	-21.52°	-22.85°	-30.41°
Miring ke kanan	0.09°	-17.06°	24.71°	29.81°

**Tabel 3.3.7 Rata-rata nilai sudut hasil pengujian pembacaan sistem pada 5 orang subyek**

Gerakan Kepala	Rata-rata Sumbu X dari 5 subyek	Rata-rata sumbu Y dari 5 subyek
Tegak	-14.86°	1.97°
Menunduk	30.24°	3.71°
Mendongak	-40.46°	4.28°
Miring ke kiri	10.81°	-27.97°
Miring ke kanan	11.54°	26.83°

Dari pengujian pembacaan sistem deteksi gerakan kepala yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 3.3.6 dan 3.3.7 bahwa hasil nilai sudut yang didapat pada setiap gerakan yang diuji memiliki perbedaan dengan rentang tertentu dengan nilai rata-rata pada sumbu X sebesar 30.24° saat menunduk dan -40.46° saat mendongak. Sedangkan untuk sumbu Y didapat nilai rata-rata sebesar -27.97° saat miring ke kiri dan 26.83° saat miring ke kanan. Rentang tersebut disebabkan karena keadaan fisik pengguna yang berbeda-beda seperti bentuk kepala, kemampuan menggerakkan leher serta pose duduk yang berbeda-beda yang mempengaruhi pembacaan sistem untuk mendeteksi gerakan kepala. Dengan hasil pengujian tersebut, didapat nilai rentang keadaan normal pada sistem saat kepala pengguna tegak dan nilai rata-rata sudut saat menunduk, mendongak, miring ke kiri, dan miring ke kanan yang bisa digunakan sebagai acuan untuk mengkatégorikan nilai sudut sesuai arah gerakan kepala pada program.

### 3.4 Pengujian Kesuksesan Pengiriman Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berhasil tidaknya suatu pengiriman data yang dikirimkan melalui koneksi *Wi-Fi* antara 2 NodeMCU yang berfungsi sebagai *client* dan *server*. Terdapat 5 gerakan yang digunakan untuk pengujian ini dimana tiap gerakan mempresentasikan perintah untuk bergerak seperti bergerak maju, mundur, belok kiri, belok kanan serta berhenti. Setiap gerakan akan dilakukan pengujian pengiriman data sebanyak 3 kali. Data perintah yang dikirim oleh *client* selanjutnya akan digunakan untuk menyalakan LED pada *server* saat menerima perintah untuk bergerak dan memadamkan lampu LED saat

menerima perintah untuk berhenti. Hasil Pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.4.1 berikut:

**Tabel 3.4.1 Hasil Pengujian Kesuksesan Pengiriman Data**

No.	Gerakan	Perintah	Pengujian Ke-	Hasil	LED
1	Menunduk	Maju	1	Sukses	Menyala
			2	Sukses	Menyala
			3	Sukses	Menyala
2	Mendongak	Mundur	1	Sukses	Menyala
			2	Sukses	Menyala
			3	Sukses	Menyala
3	Miring ke kiri	Belok kiri	1	Sukses	Menyala
			2	Sukses	Menyala
			3	Sukses	Menyala
4	Miring ke kanan	Belok kanan	1	Sukses	Menyala
			2	Sukses	Menyala
			3	Sukses	Menyala
5	Mengulangi gerakan yang sama sebelumnya	Berhenti	1	Sukses	Padam
			2	Sukses	Padam
			3	Sukses	Padam

Dari pengujian pengiriman data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengiriman data yang dilakukan dari NodeMCU *client* kepada NodeMCU *server* memiliki tingkat keberhasilan 100% karena menggunakan koneksi *TCP*.

**3.5 Pengujian Waktu Respon**

Pada pengujian ini akan dilakukan perhitungan *timer* yang digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan saat NodeMCU *client* mengirimkan data perintah kepada NodeMCU *server*. Hasil Pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.5.1 berikut:

**Tabel 3.5.1 Hasil Pengujian Waktu Respon**

No.	Gerakan	Perintah	Pengujian Ke-	Response Time (ms)
1	Menunduk	Maju	1	32
			2	29
			3	38
2	Mendongak	Mundur	1	26
			2	53
			3	81
3	Miring ke kiri	Belok kiri	1	55
			2	79
			3	71
4	Miring ke kanan	Belok kanan	1	31
			2	30
			3	65
5	Mengulangi	Berhenti	1	55

gerakan yang sama dengan sebelumnya	2	43
	3	94
Rata – rata		52

Dari pengujian waktu respon yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengiriman data yang dilakukan tergolong cepat dan dapat diandalkan karena waktu respon yang didapat saat NodeMCU *client* mengirimkan data kepada NodeMCU *server* tidak mencapai 100 ms dengan rata rata dari seluruh data adalah 52 ms.

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, maka pengembangan sistem deteksi gerakan kepala sebagai kontrol pergerakan kursi roda berbasis *embedded system* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem akusisi data untuk deteksi gerakan kepala dapat diimplementasikan dengan menggunakan sensor IMU MPU6050 dan NodeMCU. Sistem dapat berjalan dengan baik meskipun Akusisi data yang dilakukan hanya menggunakan sumbu *X* dan *Y*. Sumbu *Z* tidak digunakan karena apabila hanya menggunakan sensor MPU6050 hasil yang didapat kurang akurat dikarenakan sensor *accelerometer* yang tidak dapat membaca nilai sumbu *Z* dan sensor *gyroscope* yang memiliki efek bias dengan seiring berjalannya waktu.
2. Agar data sensor MPU6050 dapat dikategorikan, data keluaran sensor *accelerometer* dan *gyroscope* diubah menjadi nilai sudut namun kedua sensor ini memiliki masalah yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yaitu banyak noise yang terjadi pada *accelerometer* dan efek bias yang terjadi pada *gyroscope* seiring dengan berjalannya waktu. Untuk mengatasi hal tersebut *complementary filter* digunakan untuk menstabilkan nilai keluaran yang dihasilkan kedua sensor tersebut. Berdasarkan pengujian yang dilakukan *complementary filter* mampu untuk mengatasi masalah pada kedua sensor tersebut sehingga hasil keluaran yang dibutuhkan untuk mengkategorikan arah pergerakan kepala menjadi lebih stabil dan

akurat. Setelah dilakukan pengujian pembacaan pada 5 orang subyek diketahui bahwa saat keadaan normal pembacaan sensor pada sistem tidak  $0^\circ$  namun memiliki rentang nilai sudut sumbu  $X$  sebesar  $-11.61^\circ$  hingga  $-20.70^\circ$  dengan rata-rata sebesar  $-14.86^\circ$  hal itu disebabkan karena bentuk dahi pengguna yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi nilai sumbu  $X$  saat pengguna dalam keadaan tegak. Untuk gerakan menunduk didapatkan rata-rata nilai sudut sumbu  $X$  sebesar  $30.24^\circ$  sedangkan untuk gerakan mendongak didapatkan rata-rata nilai sudut sebesar  $-40.46^\circ$ . Untuk gerakan miring ke kiri didapatkan rata-rata nilai sudut sumbu  $Y$  sebesar  $-27.97^\circ$  sedangkan untuk gerakan miring ke kanan didapatkan rata-rata nilai sudut sumbu  $Y$  sebesar  $26.83^\circ$ . Kemudian nilai sudut yang telah didapatkan tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk mengkategorikan arah pergerakan kepala menjadi perintah pergerakan kursi roda.

3. Perancangan sistem pengiriman data dapat diimplementasikan dengan menggunakan 2 buah NodeMCU yang berfungsi sebagai *client* dan *server*. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem berhasil mengirim data secara *wireless* dari NodeMCU *client* kepada NodeMCU *server* dengan tingkat keberhasilan 100% dengan rata-rata waktu respon sekitar 52 ms.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Abrianto, Dwi Afiat, Iwan Setiawan, and Achmad Hidayatno. *KONTROL KURSI RODA CERDAS MENGGUNAKAN PERGERAKAN KEPALA*. Diss. Diponegoro University, 2012.
- Avizzano, Carlo Alberto, et al. "Head tracking based on accelerometer sensors." PERCRO, Scuola Superiore S. Anna (2004).
- Iksal, I., and D. Darmo. "PERANCANGANGAN DAN IMPLEMENTASI KURSI RODA ELEKTRIK EKONOMIS SEBAGAI SARANA REHABILITASI MEDIK." Prosiding SNaPP: Sains dan Teknologi 3.1 (2012): 203-210.
- Khadilkar, Shraddha Uddhav, and Narendra Wagdarikar. "Android phone controlled voice, gesture and touch screen operated smart wheelchair." Pervasive Computing (ICPC), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.
- Liem, Yuliana Kathina Hatta. "Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik Menggunakan Perintah Suara Berbasis Aplikasi Android." Skripsi. Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). (2012)
- MPU-6050, TDK Invensense. "MPU-6050 Six-Axis (Gyro + Accelerometer) MEMS MotionTracking™ Devices." URL: <https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/> [Diakses 25 Maret 2017]
- MPU-6050 datasheet, 2015. URL: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf> [Diakses 25 Maret 2017]
- Mintbox, URL: <https://mintbox.in/media/esp-12e.pdf> [Diakses 25 Maret 2017]
- NodeMCU, Team. "Nodemcu-an open-source firmware based on esp8266 wifi-soc." URL: [http://nodemcu.com/index\\_en.html](http://nodemcu.com/index_en.html) (2014) . [Diakses 25 Maret 2017]
- Sung, Woon-Tahk, Taesam Kang, and Jang Gyu Lee. "Controller design of a MEMS gyro-accelerometer with a single proof mass." Int. J. Control Autom. Syst 6.6 (2008): 873-883.