

Goniometer Pintar Untuk Observasi Gerak Lutut Pasien Pasca Tindakan Fiksasi

Ego Octabery^{1*}, Putra Wisnu Agung Sucipto² Abdul Hafid Paronda³

Fakultas Teknik, Program Studi Elektro

Universitas Islam "45" Bekasi

Jl. Cut Meutia No. 83. Bekasi Timur, 021-883-444-36

egooctabery@gmail.com^{1*}, wisnu@unismabekasi.ac.id² terpelihara@gmail.com³

ABSTRACT

Goniometers are made of a material shaped like a curved ruler. The indentation of this goniometer marks the degree of opening of the knee joint. This degree of knee opening gives a large RoM value. This goniometer with a ruler-like shape has drawbacks, the drawback lies in the accuracy of repeated measurements when performing knee openings, recording the patient's knee openings on a regular basis, the patient cannot perform therapy independently. To be able to overcome this situation, alternative technology can help, namely making a goniometer with three main features, namely measuring the orientation of the knee movement direction, measuring the orientation of the knee movement direction based on the MPU-6050 sensors and Arduino Nano. The MPU-6050 sensor is a sensor that is used as the main tool for measuring the Range of Motion (RoM) of the knee joint. exercise guide interface, which is a feature with a function as a virtual physiotherapist who will guide patients to perform exercise movements independently. And a data bank system, where this feature is used to store all medical history data in this physiotherapy process. The test results show that an electronic goniometer can be designed and built that can measure the angle of achievement of leg extension in Range of Motion (RoM) exercises without the need to measure manually using a goniometer ruler with a fairly good accuracy with an overall tool error value of 1.774%. and the biggest error is 2.75%. The exercise guide interface, especially on the knee motion picture, experienced an error when the angle opening exceeded 95° and the data bank managed to save the patient's angle opening data.

Keyword : Goniometer, RoM, Knee Movement Orientation Measurement, Database System

ABSTRAK

Goniometer terbuat dari material berbentuk mirip dengan penggaris yang dilekukan. Lekukan goniometer ini menandai derajat bukaan sendi lutut. Derajat bukaan lutut ini memberikan besar nilai RoM. Goniometer dengan bentuk serupa penggaris ini memiliki kekurangan, kekurangan terletak pada ketepatan pengukuran berulang saat melakukan bukaan lutut, pencatatan bukaan lutut pasien secara berkala, pasien tidak bisa melakukan terapi secara mandiri. Untuk dapat mengatasi situasi tersebut, teknologi alternatif bisa membantu yaitu membuat sebuah goniometer dengan tiga fitur utama, yaitu pengukuran orientasi arah gerakan lutut, pengukuran orientasi arah gerakan lutut dibuat berbasis sensor MPU-6050 dan Arduino Nano. Sensor MPU-6050 merupakan sensor yang digunakan sebagai peralatan utama mengukur Range of Motion (RoM) sendi lutut. Antar muka pemandu exercise, yang merupakan fitur dengan fungsi sebagai fisioterapis virtual yang akan memandu pasien melakukan gerakan exercise secara mandiri. Dan sistem bank data, yang mana fitur ini digunakan untuk menyimpan seluruh data riwayat medis dalam proses fisioterapi ini. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa dapat dirancang dan dibangun sebuah alat goniometer pintar yang dapat mengukur sudut capaian ekstensi kaki pada latihan Range of Motion (RoM) tanpa perlu mengukur secara manual dengan menggunakan penggaris goniometer dengan keakuratan yang cukup baik dengan nilai error alat keseluruhan adalah 1.774 % dan error terbesarnya 2.75%. Antar muka pemandu exercise khususnya pada gambar gerak lutut mengalami error pada saat bukaan sudut melebihi 95° dan bank data berhasil menyimpan data bukaan sudut pasien.

Kata kunci : Goniometer, RoM, Pengukuran Orientasi Gerakan Lutut, Sistem Bank Data

1. PENDAHULUAN

Fraktur dapat terjadi pada tubuh manusia. Fraktur atau patah tulang adalah sebuah kondisi terputusnya atau hilangnya kontinuitas dari struktur tulang, tulang rawan sendi, tulang rawan *epifisis*. Hilangnya integritas dari tulang ini termasuk didalamnya adalah cedera pada sumsum tulang dan jaringan yang ada di sekitarnya disebabkan karena kegagalan tulang untuk menahan tekanan akibat pemukulan, penghancuran, penekukan, pemuntiran atau penarikan tulang [1].

Fraktur *tibia* merupakan fraktur pada bagian *tibia* yang cukup sering dijumpai dibidang orthopedi. Tingkat keparahan fraktur ini diklasifikasikan dalam beberapa kategori kerusakan fragmen tulang. Penentuan kategori kerusakan fraktur ini, dinilai berdasarkan kekuatan, tipe dan arah kekuatan gaya yang menciderai lutut [2].

Tindakan operasi fiksasi eksternal adalah tindakan untuk mengatasi fraktur dengan alat bantu terbuat dari besi yang dimasukan jaringan kulit hingga tembus ke tulang. Alat bantu ini akan terpasang pada tubuh pasien bagian luar dan dapat dilihat oleh orang lain, selama masa penyembuhan tulang. Sedangkan, tindakan operasi fiksasi internal adalah suatu tindakan untuk melihat fraktur langsung dengan teknik pembedahan, yang mencakup didalamnya pemasangan pen, sekrup, logam atau proteza untuk memobilisasi fraktur selama penyembuhan. Alat bantu mobilisasi fraktur pada tindakan fiksasi internal terpasang langsung pada tulang dan terbungkus oleh jaringan kulit [3].

Penderita fraktur *tibia* yang telah menjalani tindakan operasi fiksasi harus mengikuti terapi fisik. Terapi fisik yang akan dijalani oleh pasien ini dapat dilakukan dalam beberapa *exercise*. Salah satu *exercise* dalam terapi fisik ini menggunakan *Active RoM exercise*. *Exercise* ini dijalani dengan cara menggerakkan lutut

kaki dengan pola gerakan menekuk dan meluruskan lutut secara berulang dalam bilangan satuan waktu, jumlah, arah dan derajat bukaan tertentu sebagaimana yang ditentukan oleh fisioterapis. Pada saat melakukan fleksibilitas sendi lutut fisioterapi akan menggunakan goniometer, goniometer yang digunakan terbuat dari material berbentuk mirip dengan penggaris yang dilekukan. Lekukan goniometer ini menandai derajat bukaan sendi lutut. Derajat bukaan lutut ini memberikan besar nilai RoM yang mampu digerakan oleh pasien [4].

Namun, goniometer dengan bentuk serupa penggaris ini memiliki kekurangan, kekurangan terletak pada ketepatan pengukuran berulang saat melakukan bukaan lutut. Pengukuran sendi lutut yang dilakukan secara berulang oleh fisioterapi harus dicatat dengan baik. Pencatatan ini perlu dilakukan sejak awal fisioterapi dilakukan sampai dengan bukaan lutut pasien mencapai RoM maksimal dan tidak ada lagi rasa nyeri.

Penelitian ini menawarkan usulan teknologi alternatif dalam membantu penatalaksanaan fisioterapi gerak sendi lutut penderita fraktur *tibia*. Usulan teknologi ini dirumuskan dalam penelitian yang diberi judul **“GONIOMETER PINTAR UNTUK OBSERVASI PASIEN PASCA TINDAKAN FIKSASI”**. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah goniometer dengan tiga fitur utama, yaitu sistem telemetri orientasi arah gerakan lutut, Sistem telemetri orientasi arah gerakan lutut dibuat berbasis sensor MPU-6050 dan Arduino Nano. Sensor MPU-6050 merupakan sensor yang digunakan sebagai peralatan utama mengukur *Range of Motion* (RoM) sendi lutut. Antar muka pemandu *exercise*, yang merupakan fitur dengan fungsi sebagai fisioterapis virtual yang akan memandu pasien melakukan gerakan *exercise* secara mandiri. Dan sistem bank data, yang mana fitur ini digunakan untuk menyimpan seluruh data riwayat medis dalam proses fisioterapi ini.

2. METODE PENELITIAN

a. Objek penelitian

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis melakukan penelitian dengan objek Goniometer Pintar. Desain goniometer pintar ini meliputi 3 fitur yaitu pengukuran secara digital yang menggunakan sensor MPU – 6050, antarmuka yang didesain menggunakan delphi 7, dan sistem bank data riwayat terapi fisik yang digunakan untuk menyimpan seluruh data riwayat medis dalam proses fisioterapi ini.

b. Alat dan Bahan

Adapun alat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Goniometer
- Obeng (+/-)
- Solder
- Laptop

Adapun bahan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

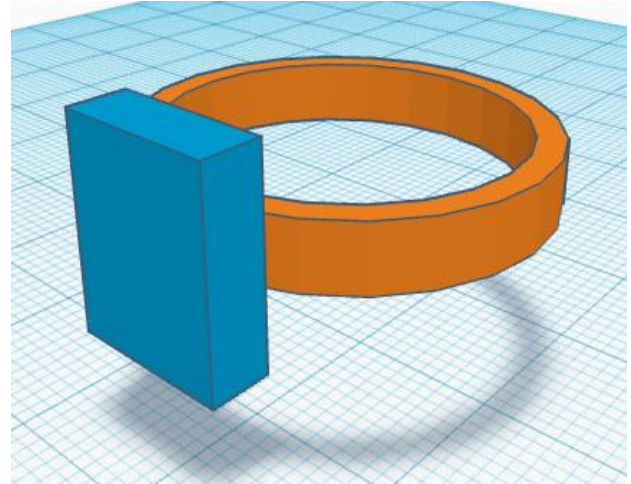
- Arduino Nano
- Sensor MPU - 6050
- Timah solder
- Software delphi 7
- Manset Pengikat

c. Perancangan Sistem

perancangan sistem dirumuskan desain perangkat pengukuran gerak sendi lutut, antar muka pemandu *free active exercise* dan sistem bank data. Proses perancangan perangkat pengukuran gerak sendi disertai dengan perancangan manset pengikat untuk meletakan goniometer pada tubuh pasien. Perangkat pengukuran ini dirancang memiliki sistem arah dan besar pergerakan lutut yang disusun terdiri dari rangkaian elektronik sistem minimum Arduino Nano, rangkaian sensor MPU-6050, rangkaian sumber tegangan. Dirancang pula antar muka pemandu *free active exercise* menggunakan delphi 7 dan computer server

yang menggunakan *apache* sebagai *webserver* dan *mysql* sebagai *database server*.

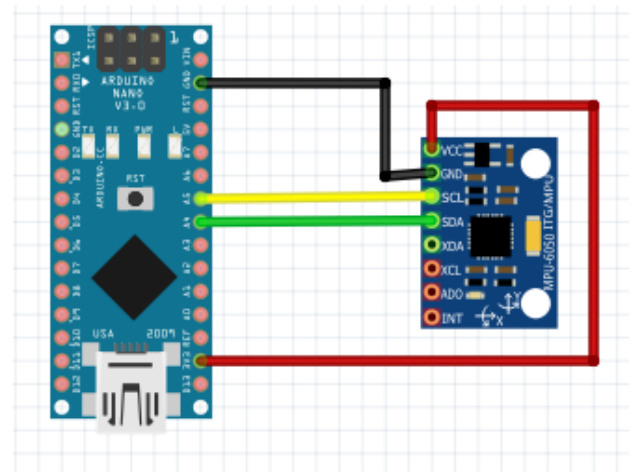
• Perancangan Sistem Mekanik



Gambar 1. Kerangka Goniometer Pintar

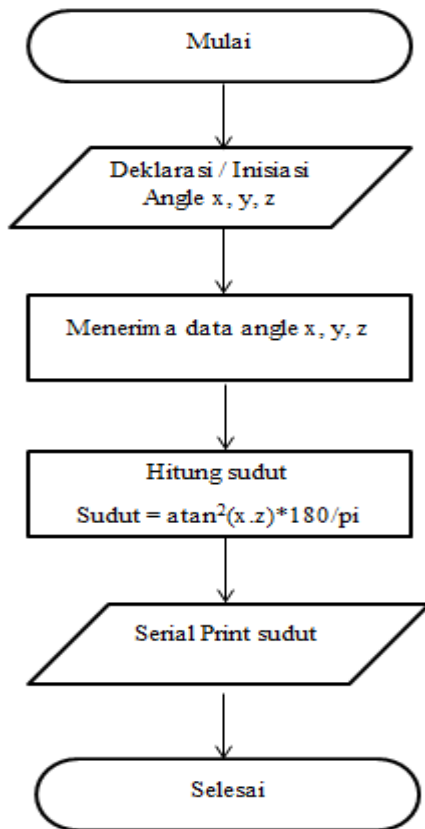
• Perancangan Sistem Elektrik dan Kendali

Pada perancangan sistem elektrik pin pada sensor MPU-6050 dihubungkan dengan pin Arduino Nano, .Adapun skema rangkaian seperti gambar berikut:



Gambar 2. Rangkaian Sensor MPU-6050 dan Arduino Nano

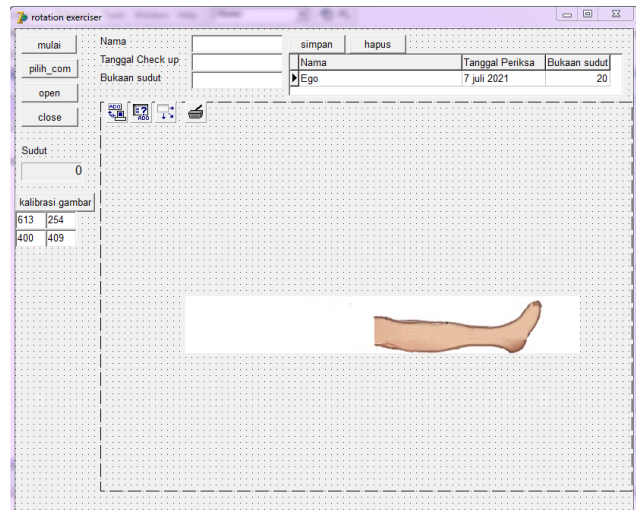
Perancangan kendali bertujuan agar sensor bisa mengkonversi kemiringan pergerakan pada lutut menjadi bukaan sudut dengan besaran derajat, Berikut *flow chart* kendali pada sensor.



Gambar 3. Flowchart Kendali Menentukan Nilai Bukaan Sudut

- Perancangan Sistem Perangkat Lunak

Perancangan antar muka goniometer didesain menggunakan delphi 7, komponen yang digunakan untuk desain antar muka goniometer pintar ialah, 7 komponen Tbutton, 7 komponen Tedit, 4 komponen TLabel, 1 TstaticText, 1 komponen Timage, dan 1 paintbox. 1 komponen ADO connection, 1 komponen ADO Query, 1 komponen DataSource, dan 1 komponen Comport



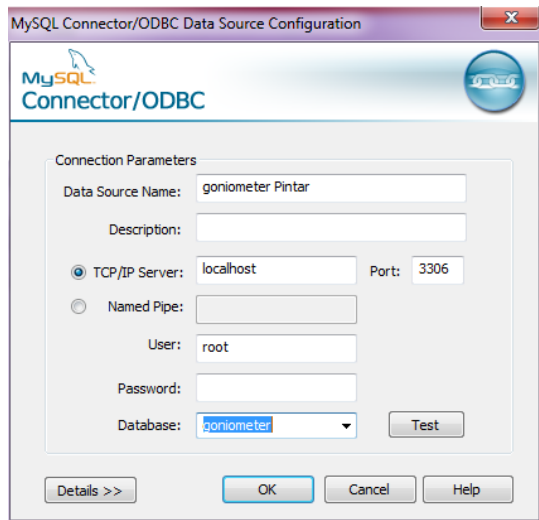
Gambar 4. Desain antar muka

Database yang digunakan oleh alat ini yaitu MySQL. Adapun field yang digunakan pada tabel database antara lain *Nama*, *Tanggal periksa*, merupakan primary key dengan tipe data varchar, dan variabel lainnya *Bukaan sudut* menggunakan tipe data *fixed point* (decimal) berikut tampilan bank data.

Name	Type	Length/Values	Default	Collation	Attributes	Null	Index
Nama	VARCHAR	30	None				PRIMARY
Tanggal Periksa	VARCHAR	15	None				PRIMARY
Bukaan Sudut	INT	4	None				PRIMARY

Gambar 5. Desain bank data goniometer pintar

Membuat source code , MySql *connector* atau ODBC (Open Database Connectivity) yang memiliki tujuan untuk membantu pengembang aplikasi agar terbebas dari penggunaan bahasa pemrograman tertentu, sistem manajemen database tertentu sehingga tetap dapat diakses dengan menggunakan source code yang sama. Alat ini menggunakan MySql ODBC 3.51 driver sebagai penghubung.



Gambar 6. Tampilan Source Code Goniometer Pintar

d. Perakitan Sistem

Perakitan alat yang dilakukan pada tahap ini, mengacu pada perakitan peralatan mekanik, elektronik dan perangkat lunak sebagaimana rancangan sistem yang telah dijelaskan. Perakitan mekanik meliputi perakitan manset pengikat goniometer yang akan diletakan pada tubuh pasien, sedangkan peralatan elektronik serta perangkat lunak meliputi pekerjaan pekerjaan penyambungan koneksi komponen kelistrikan untuk sistem pengukuran arah dan sudut gerak sendi serta pengkodean perangkat lunak untuk antar muka pemandu *exercise* serta bank data. Pada tahap ini akan diperoleh peralatan lengkap yang meliputi manset pengikat goniometer siap pakai, tampilan antar muka panduan *exercise*, serta bank data sudut gerak sendi lutut yang siap diakses.

e. Pengujian Sistem

pengujian masukan dan keluaran pada sistem elektrik mulai dari pin pada sensor, dan pin pada arduino nano. Melakukan validasi nilai sudut dan arah bukaan sendi lutut yang dihasilkan oleh goniometer dengan cara melakukan pemeriksaan

dan penilaian kinerja sistem goniometer ketika diletakan pada lutut pasien. Pada tahap ini akan diperoleh hasil nilai standar pengukuran pembaca arah gerak lutut dan antar muka pemandu gerakan fisioterapi sendi lutut. Kemudian pengujian antarmuka panduan *exercise* dan bank data alat

Goniometer Pintar.

f. Analisa Data

- Analisa Sistem Elektrik dan Kendali

Adapun beberapa sistem elektrik yang akan diuji tentang pengujian rangkaian system elektrik diantaranya , arduino nano. Arduino nano merupakan mikrokontroller untuk mengendalikan seluruh rangkaian yang digunakan Goniometer Pintar yaitu mikrokontroller tipe ukuran yang kecil. Arduino Nano ini memiliki Pin yang sedikit. Dikarenakan bentuknya yang kecil sehingga cocok diimplementasikan pada Goniometer pintar. Kemudian analisa pada sensor. Dalam penelitian ini sensor berfungsi untuk mengetahui adanya perubahan kemiringan pada lutut. Penulis perlu menggunakan sensor MPU-6050. sensor ini mampu membaca suatu sudut kemiringan benda.

- Analisa Sistem Perangkat Lunak

Analisa sistem perangkat lunak yaitu validasi nilai sudut dan arah bukaan sendi lutut yang dihasilkan oleh goniometer dengan cara melakukan pemeriksaan dan penilaian kinerja sistem goniometer ketika diletakan pada lutut pasien. Pada tahap ini akan diperoleh hasil nilai standar pengukuran pembaca arah gerak lutut dan antar muka pemandu gerakan fisioterapi sendi lutut. Kemudian pengujian antarmuka panduan *exercise* dan bank data alat Goniometer Pintar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

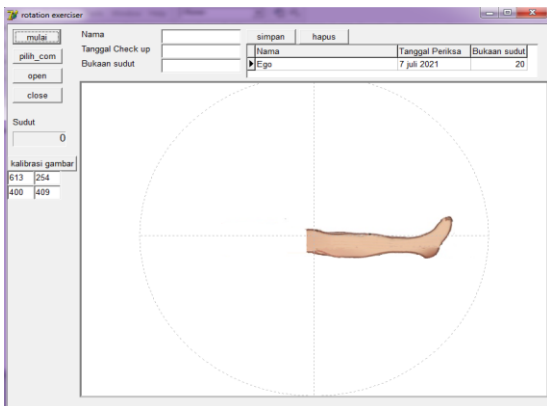
A. Hasil

- Hasil Perakitan Sistem

Rangkaian keseluruhan alat goniometer pintar yang dirancang dan dirakit terdiri rangkaian sensor MPU-6050 dan arduino nano yang ditunjukkan pada gambar 7. Dan antarmuka pemandu *exercise* berfungsi sesuai dengan rancangan awal bisa dilihat pada gambar 8 dan bank data sukses menyimpan data pasien dilihat pada gambar 9.



Gambar 7. Rangkaian keseluruhan alat.



Gambar 8. Tampilan Antarmuka.



Gambar 8. Tampilan Bank Data.

- Hasil Pengujian Sistem Elektrik

Penelitian terhadap pengujian beban Arduino Nano. masukan dan keluaran dari Pin Arduino yang telah digunakan dalam penelitian ini. Pin – pin sensor MPU-6050 yang digunakan untuk pembacaan gerakan kemiringan atau pengukuran bukaan sudut lutut. Berikut tabel dibawah ini merupakan pin – pin atau data masukan untuk Arduino Nano.

Tabel 1 Data hasil pengujian arduino nano

No.	Pin	Fungsi	Hasil Pengukuran
1.	Pin Vcc	Masuk ke Pin Vcc Sensor MPU-6050	5V
2.	Pin Gnd	Masuk ke Pin Gnd Sensor MPU-6050	0 V
3.	Pin A4	Masuk ke Pin SDA Sensor MPU-6050	3.4V
4.	Pin A5	Masuk ke Pin SCL Sensor MPU-6050	3.4V

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor MPU-6050

No.	Pin	Fungsi	Hasil Pengukuran
1.	Vcc	Tegangan Sensor MPU-6050	5V
2.	Gnd	Ground Sensor MPU-6050	0
3.	SCL	Digital Input Serial Clock komunikasi I2C	3.1V
4.	SDA	Digital Input Serial data komunikasi I2C	3.1 V

- Hasil Pengujian Sistem Kendali Sensor

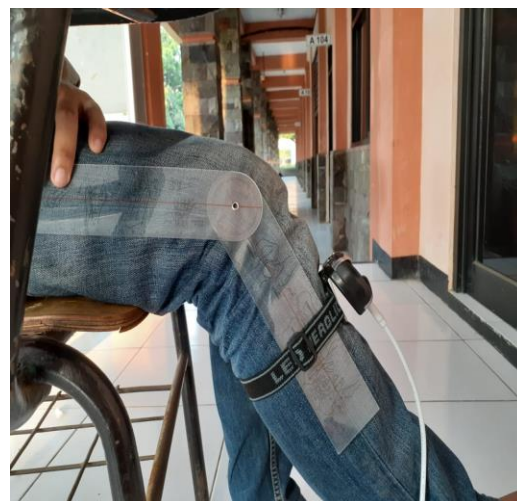
Berdasarkan Program yang telah dibuat sistem kendali, untuk mengetahui data sudut yang dibutuhkan, bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara keluaran yang dihasilkan oleh sensor dengan perhitungan menggunakan goniometer manual. Pengujian ini berperan untuk proses pengkalibrasian. Berikut hasil yang didapatkan dari pengukuran menggunakan goniometer Pintar dan goniometer manual, dilakukan beberapa cobaan bukaan sudut sebagai berikut.

Tabel 3 Data perbandingan bukaan sudut

No.	Goniometer	Sensor MPU-6050	Rata-rata $\left(\frac{N1+N2+N3}{3}\right)$
1.	10°	9° 10° 11°	10°
2.	20°	18° 19° 20°	19°
3.	30°	28° 29° 30°	29°
4.	40°	37° 38° 39°	38°
5.	50°	48° 49° 50°	49°
6.	60°	57° 58° 59°	58°
7.	70°	69° 70° 71°	70°
8.	80°	79° 80° 81°	80°
9.	90°	90° 91° 92°	91°
10.	100°	97° 98° 99°	98°
11.	110°	109° 110° 111°	110°
12.	120°	119° 120° 121°	120°
13.	130°	129° 130° 131°	130°

- Pengujian Goniometer Pintar Pada Lutut

Pada pengujian kali ini dilakukan pada 3 orang sehat atau non *fraktur*. Tujuan pengambilan data ini adalah untuk mengetahui akurasi alat goniometer pintar yang telah dirancang. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan goniometer yang dipasang pada kaki pasien bersamaan dengan alat goniometer pintar yang dirancang. Tata letak pemasangan goniometer pintar bisa dilihat sebagai berikut.



Gambar 10. Pemasangan goniometer manual dan goniometer pintar

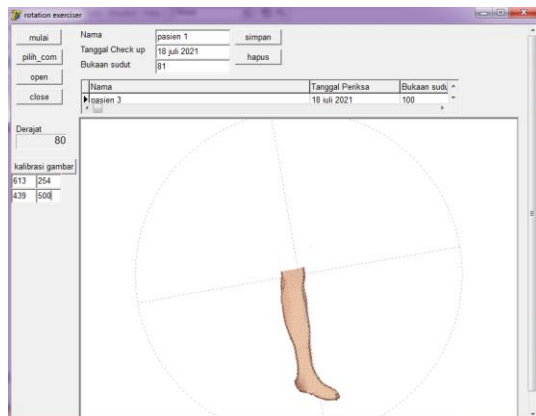
Pengujian pada pasien dilakukan dengan 10 sampel gerakan bukaan sudut, lalu dilakukan pengujian pada animasi antar muka gerakan lutut apakah sesuai dengan gerakan bukaan sudut pasien dan data hasil pengukuran sudut capaian juga ditampilkan pada aplikasi antar muka dan kemudian disimpan pada penyimpanan bank data.

Tabel 4 Hasil pengukuran pasien 1

No.	Goniometer (°)	Sensor MPU-6050 (°)	Error(%)
1.	20	21	5
2.	30	29	3.3
3.	40	41	2.5
4.	45	47	4.4
5.	50	50	0
6.	55	56	1.8
7.	60	60	0
8.	65	65	0
9.	70	71	1.42
10.	80	81	1.25
Rata-rata			1.96

Tabel Pasien 1 menunjukkan bahwa sensor MPU-6050 mendeteksi adanya perubahan gerakan sudut pada lutut pasien 1. Dengan nilai hasil yang dihasilkan sensor dengan goniometer tidak berbeda jauh ditunjukkan dengan rata-rata error. Ini merupakan jejak rekaman pertama untuk mengetahui goniometer pintar dapat

mendeteksi adanya gerakan. Dan dilihat pada gambar 11 animasi antar muka berhasil bergerak sesuai arah gerakan bukaan sudut pada percobaan pasien 1 dan bank data berhasil menyimpan data dengan baik bisa dilihat pada gambar 12.



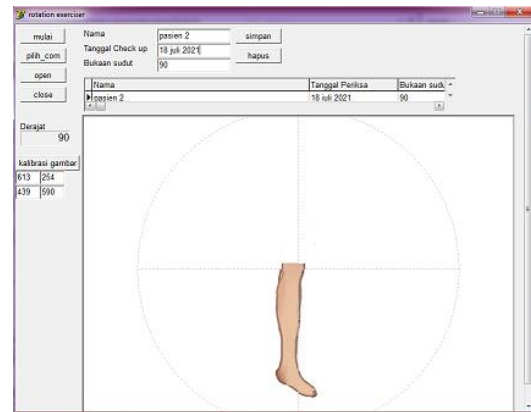
Gambar 11. Antarmuka pasien 1 pada sudut maksimal

+ Opsi						
				Nama	Tanggal Periksa	Bukaan sudut
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	21
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	29
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	41
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	47
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	50
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	56
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	60
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	65
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	71
☐	 Ubah	 Salin	 Hapus	pasien 1	18 juli 2021	81

Gambar 12. Bank data pasien 1

Tabel 5 Hasil pengukuran pasien 2

No.	Goniometer (°)	Sensor MPU-6050 (°)	Error(%)
1.	10	11	10
2.	30	30	0
3.	40	41	2.5
4.	45	47	4.4
5.	50	51	2
6.	55	57	3.63
7.	60	61	1.67
8.	65	66	1.53
9.	70	71	1.42
10.	90	90	0
Rata-rata			2,75



Gambar 13. Antarmuka pasien 2 pada sudut maksimal

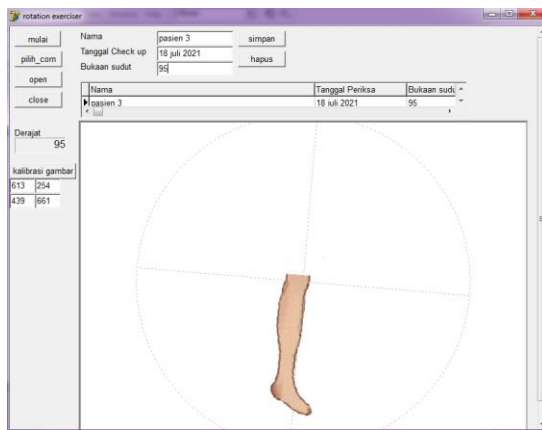
		Nama	Tanggal Periksa	Bukaan sudut
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 11
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 30
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 41
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 47
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 51
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 57
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 61
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 66
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 71
☐	Ubah	Salin	Hapus	pasien 2 18 juli 2021 90

Gambar 14. Bank data pasien 2

Pada percobaan pasien 2 hasil pengukuran tidak jauh berbeda dengan goniometer manual yang mana rata-rata error dihasilkan 2.75% dan antarmuka pemandu *exercise* berhasil bergerak sesuai bukaan sudut dan bank data berhasil menyimpan riwayat bukaan sudut pasien 2.

Tabel 6 Hasil pengukuran pasien 3

No.	Goniometer (°)	Sensor MPU-6050 (°)	Error(%)
1.	30	30	0
2.	40	41	2.5
3.	40	40	0
4.	45	46	2.2
5.	50	50	0
6.	60	60	0
7.	65	65	0
8.	70	71	1.42
9.	95	95	0
10.	100	100	0
Rata-rata			0.612



Gambar 14. Antar muka pasien 3

	Nama	Tanggal Periksa	Bukaan sudut
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	100
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	30
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	40
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	41
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	46
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	50
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	60
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	65
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	71
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	pasien 3	18 juli 2021	95

Gambar 15. Bank data pasien 3

Pengujian pada pasien 3 dihasilkan rata-rata error 0.612% lebih kecil dari pasien 1 dan 2, akan tetapi pada animasi antarmuka pemandu pada saat bukaan sudut diatas 95° gerakan animasi bergerak secara acak atau mengalami error dan bank data berhasil menyimpan data.

B. Pembahasan

Setelah melakukan percobaan implementasi goniometer pintar pada lutut pasien non fraktur, goniometer pintar berhasil melakukan pengukuran sesuai rancangan. Maka berikut kinerja goniometer ini yaitu ketepatan sudut, animasi antar muka, dan penyimpanan data pada bank data MySql.

• Ketepatan sudut

Menurut hasil beberapa pengujian pada pasien *non fraktur* Goniometer Pintar berhasil membaca bukaan sudut, cara kerja pengukuran dengan membaca pergerakan dari *Roll Axis* dari MPU-6050. Derajat yang dihasilkan tidak jauh berbeda bisa dilihat dari hasil pengujian didapatkan nilai error terendah 0.612% dan terbesar 2.75% ini membuktikan bahwa Goniometer Pintar bisa digunakan untuk melakukan observasi bukaan sudut lutut.

• Animasi antar muka

Berdasarkan pengujian antar muka khususnya pergerakan animasi gerak lutut, ada beberapa masalah yang ditemukan yaitu pembacaan gerak lutut pada bukaan sudut 0° sampai dengan 40° animasi hanya bisa membaca pergerakan pada kelipatan 10°, pada saat bukaan sudut 45° sampai 95° animasi membaca pergerakan pada kelipatan 5°. Dan pada saat bukaan sudut melebihi sudut 100° animasi error dan tidak dapat bergerak sesuai bukaan sudut atau bergerak sembarang.

• Bank data

Bank data Goniometer Pintar pada saat pasien melakukan *exercise* berhasil menyimpan semua data hasil yang dilakukan pasien. Bank data yang dirancang penulis juga berhasil diakses pada komputer lain, sehingga pasien bisa melihat hasil *exercise* nya kapan saja dan dimana saja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan

pembahasan yang telah dijabarkan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu goniometer pintar berhasil dirancang dan dibangun sebagai alat untuk observasi gerak lutut pasien pasca fiksasi dengan tiga fitur utama, yaitu sistem pengukuran orientasi arah gerakan lutut, antar muka pemandu *exercise* dan sistem bank data riwayat terapi fisik yang telah dijalani oleh pasien. Dari hasil pengujian perangkat yang dibangun menunjukkan bahwa alat mampu mendeteksi bukaan sudut lutut ekstensi yang dikalibrasi dengan goniometer dengan error rata-rata 1.774% dan dengan nilai error terbesarnya 2.75%. Dan antar muka pemandu *exercise* khususnya gambar gerak lutut mengalami error ketika bukaan sudut di atas 95°.

REFERENSI

- [1] Abu Hatim Kurniawan, Muhammad Rivai, 2018. Sistem Stabilisasi Nampak Menggunakan IMU Sensor dan Arduino Nano. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- [2] Amin, A. A, dkk. 2017. Pengaruh Terapi Latihan Pada Post Operasi Pemasangan Ilizarov Pada Fraktur *Tibia*. *Jurnal Fisioterapi dan Rehabilitasi*. 1(2):79-86
- [3] Arafah. 2019. Fraktur Tibial Plateau Posterior: Klasifikasi Three Column Concept dan Tantangan Approach operasi. *Jurnal Ilmu Kesehatan dan Kedokteran Keluarga*. 15(1):41-49.
- [4] Aria, A. D. 2016. *Penanganan Awal Patah Tulang Tertutup Anggota Gerak Tubuh Bagian Atas*. URL:<https://kupang.tribunnews.com/2016/08/05/Penanganan-awal-patah-tulang-tertutup-anggota-gerak-tubuh-bagian-atas>. Diakses tanggal 14 desember 2019.
- [5] Aryani. 2014. Body Image Klien Akibat Pemasangan Fiksasi Eksternal Ekstremitas Bawah. *Kesmas : National Public Health Journal*. 8(6):250-255
- [6] Hendrayudi. 2008. *Pemrograman Delphi 8.0*. Edisi ke-XX. Yrama widya. Bandung.
- [7] Jain, dkk. 2016. Evaluation of Functional Outcome Of Tibial Plateau Fractures Managed By Different Surgical Modalities. *International Journal of Research in Orthopaedics*. 2(1):5-12
- [8] Kasman. 2017. Hasil Luaran Penderita Fraktur Tibia Yang Dilakukan Reposisi Terbuka Fiksasi Interna Konvensional Dibandingkan Dengan Minimal Invasive Plate Osteosynthesis Di Rsup H. Adam Malik Medan. Medan :Universitas Sumatera Utara.
- [9] Kuswardani. 2017. Pengaruh Terapi Latihan terhadap Post ORIF Fraktur Mal Union Tibia Plateu dengan Pemasangan Plate and Screw. *Jurnal Fisioterapi dan Rehabilitasi*. 1(1):1-8
- [10] Kurniawan, Abu Hatim. 2018. *Sistem Stabilisasi Nampak Menggunakan IMU Sensor Dan Arduino Nano*. Surabaya :Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [11] Khalif, Mhd Idham, dkk. 2018. *Pengembangan Sistem Langkah Kaki Hemat Daya Berbasis Wemos D1 Mini*. Malang :Universitas Brawijaya.
- [12] Fitri, Rahimi. 2020. Pemrograman Basis Data Menggunakan MySql. Banjarmasin : Deepublish Politeknik Banjarmasin.
- [13] Utomo. 2018. Correlation Between Three Column Concept Classification And Internal Fixation Procedure Of Tibial Plateau Patients At Dr. Soetomo Hospital. *Journal Orthopaedi and*

Traumatology Surabaya. 7(1):1-11

- [14] Yosika, S. M. 2017. Efektivitas Quadriiceps Strengthening Exercise Terhadap Peningkatan RoM Pada Lansia Dengan Osteoarthritis Knee Diposyandu Kendal Kerep Malang. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.