

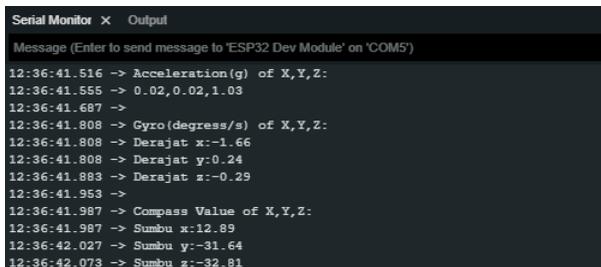
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dan juga pembahasan dari pengujian sensor skala laboratorium. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian terhadap data dalam sensor IMU 9 Dof yaitu *gyroscope*, *accelerometer*. Hasil dari pengujian alat ini tidak hanya menjadi dasar atau sumber data dalam pengambilan kesimpulan tetapi juga sebagai hal yang harus ditingkatkan untuk kedepannya.

4.1 Hasil Dari Perancangan *Dashboard Blynk IoT*

Perancangan *dashboard* Blynk IoT bertujuan untuk melihat atau *memonitoring* data - data yang sudah dikirim dari mikrokontroler ESP 32 ke dalam sebuah aplikasi Blynk IoT. Pada halaman *dashboard* terdapat nama atau *title* untuk aplikasi *monitoring* dan beberapa grafik atau *widget* untuk menampilkan informasi dari masing-masing data yang pada sensor IMU 9 Dof. Data - data yang ditampilkan dalam halaman *dashboard* tersebut yaitu kalibrasi parameter *axis gyroscope*, *axis accelerometer*. Masing-masing data akan diuji ketika keadaan diam dan ketika ada gerakan.



```
Serial Monitor × Output
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM5')
12:36:41.516 -> Acceleration(g) of X,Y,Z:
12:36:41.555 -> 0.02,0.02,1.03
12:36:41.687 ->
12:36:41.808 -> Gyro (degrees/s) of X,Y,Z:
12:36:41.808 -> Derajat x:-1.66
12:36:41.808 -> Derajat y:0.24
12:36:41.883 -> Derajat z:-0.29
12:36:41.953 ->
12:36:41.987 -> Compass Value of X,Y,Z:
12:36:41.987 -> Sumbu x:12.89
12:36:42.027 -> Sumbu y:-31.64
12:36:42.073 -> Sumbu z:-32.81
```

Gambar 4.1 Tampilan ESP 32 dan Sensor IMU 9 DOF sudah bisa terkoneksi

Pada gambar 4.1 adalah ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof jika sudah dapat terkoneksi pada tampilan aplikasi arduino IDE, dari hasil pembacaan sensor IMU 9 Dof yang kemudian diolah ESP 32.

4.1.1 Kalibrasi Data *Axis gyroscope* Pada Blynk IoT dan LCD

Kalibrasi ini dilakukan untuk menguji apakah ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung atau tidak, yang nantinya jika sensor IMU 9 Dof dapat terhubung maka hasil dari pembacaan sensor dikirim ke ESP 32 dan ditampilkan pada *website* Blynk IoT, aplikasi *smartphone* Blynk IoT dan LCD.

4.1.1.1 Pengujian Axis gyroscope Dalam Keadaan Diam

Pengujian ini dilakukan dengan cara mendinginkan sensor IMU 9 Dof.



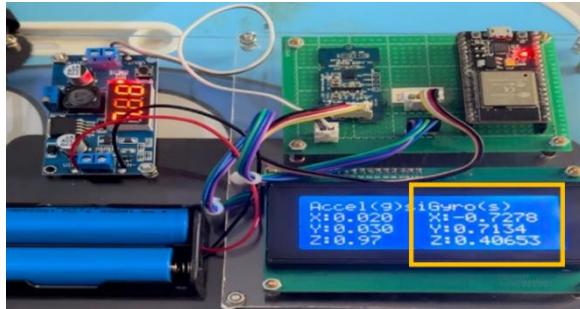
Gambar 4.2 Data *axis gyroscope* dalam keadaan diam pada *website*

Berdasarkan data pada gambar 4.2 dalam kotak kuning pengujian data *axis gyroscope* ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung dengan hasil pembacaan sensor pada *website* Bylnk IoT yaitu *axis X* ($-0,72^\circ$), *axis Y* ($0,71^\circ$) dan *axis Z* ($-0,4^\circ$) dalam keadaan diam.



Gambar 4.3 Data *axis gyroscope* dalam keadaan diam pada aplikasi *smartphone*.

Berdasarkan data pada gambar 4.3 dalam kotak kuning pengujian data *axis gyroscope* ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung dengan hasil pembacaan sensor pada aplikasi *smartphone* Bylnk IoT yaitu *axis X* ($-0,72^\circ$), *axis Y* ($0,71^\circ$) dan *axis Z* ($-0,4^\circ$) dalam keadaan diam.



Gambar 4.4 Data *axis gyroscope* dalam keadaan diam pada LCD

Berdasarkan data pada gambar 4.4 dalam kotak kuning pengujian data *axis gyroscope* ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung dengan hasil pembacaan sensor pada tampilan LCD yaitu *axis X* ($-0,72^\circ$), *axis Y* ($0,71^\circ$) dan *axis Z* ($0,4^\circ$) dalam keadaan diam.

Tabel 4.1 Perbandingan pembacaan Blynk IoT dan LCD saat diam

<i>Axis gyroscope</i>	<i>Website Blynk IoT</i>	<i>Smart-phone</i>	LCD
<i>Axis X</i>	$-0,72^\circ$	$-0,72^\circ$	$-0,72^\circ$
<i>Axis Y</i>	$0,71^\circ$	$0,71^\circ$	$0,71^\circ$
<i>Axis Z</i>	$0,4^\circ$	$0,4^\circ$	$0,4^\circ$

Pada pembacaan hasil perbandingan pengujian *axis gyroscope* seperti pada tabel 4.1 tidak ada perbedaan pembacaan data dari sensor IMU 9 Dof pada *website*, *smartphone* dan LCD.

4.1.1.2 Pengujian *Axis gyroscope* Ketika Ada Pergerakan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari pembacaan sensor IMU 9 Dof saat ada pergerakan atau getaran yang kemudian dari hasil pembacaan tersebut dikirim ke ESP 32 kemudian diolah dan data pembacaan sensor ditampilkan pada *website* Blynk IoT, aplikasi *smartphone* Blynk IoT dan LCD.



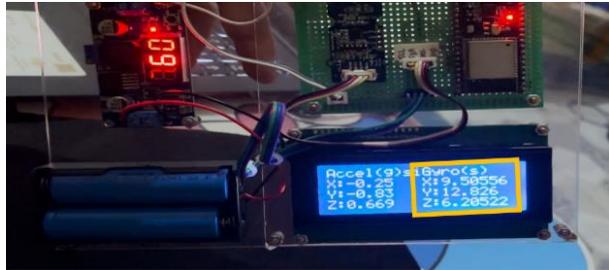
Gambar 4.5 Data *axis gyroscope* ketika ada pergerakan pada website.

Berdasarkan data pada gambar 4.5 dalam kotak kuning pengujian saat *axis gyroscope* ketika mendapat gerakan atau getaran sensor IMU 9 Dof dapat membaca gerakan dan mengirimnya ke ESP 32 kemudian diolah dan ditampilkan pada *website* Blynk IoT dengan hasil *axis X* ($9,5^\circ$), *axis Y* ($12,82^\circ$), dan *axis Z* ($6,2^\circ$).



Gambar 4.6 Data *axis gyroscope* saat ada pergerakan pada aplikasi *smartphone*.

Berdasarkan data pada gambar 4.6 dalam kotak kuning pengujian data *axis gyroscope* ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung dengan hasil pembacaan sensor pada aplikasi *smartphone* Blynk IoT yaitu *axis X* ($9,5^\circ$), *axis Y* ($12,82^\circ$) dan *axis Z* ($6,2^\circ$) pada saat gerakan yang terdeteksi.



Gambar 4.7 Data *axis gyroscope* ketika ada gerakan pada LCD.

Berdasarkan data pada gambar 4.7 dalam kotak kuning pengujian saat pada gambar 4.7 dalam kotak kuning pengujian saat *axis gyroscope* ketika mendapat gerakan atau getaran, sensor IMU 9 Dof dapat membaca gerakan dan mengirimnya ke ESP 32 kemudian diolah dan ditampilkan pada LCD dengan hasil *axis X* ($9,5^\circ$), *axis Y* ($12,82^\circ$), dan *axis Z* ($6,2^\circ$).

Tabel 4.2 Perbandingan pembacaan Blynk IoT dan LCD saat ada pergerakan.

<i>Axis gyroscope</i>	<i>Website Blynk IoT</i>	<i>Smartphone</i>	LCD
<i>Axis X</i>	$9,5^\circ$	$9,5^\circ$	$9,5^\circ$
<i>Axis Y</i>	$12,82^\circ$	$12,82^\circ$	$12,82^\circ$
<i>Axis Z</i>	$6,2^\circ$	$6,2^\circ$	$6,2^\circ$

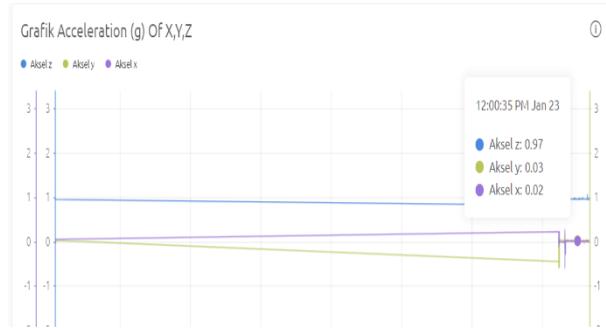
Pada pembacaan hasil perbandingan pengujian *axis gyroscope* seperti pada tabel 4.2 tidak terdapat perbedaan pembacaan data dari sensor IMU 9 Dof pada *website*, *smartphone* dan tampilan LCD.

4.1.2 Kalibrasi Data *Axis accelerometer* Pada Blynk IoT dan LCD

Kalibrasi data *axis accelerometer* hanya dilakukan dengan memberi getaran sekitar area sensor IMU 9 Dof karena *axis accelerometer* hanya untuk mendeteksi getaran pada setiap *axis accelerometer*.

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung atau tidak, yang nantinya jika sensor IMU 9 Dof dengan ESP 32 dapat terhubung maka hasil dari pembacaan sensor dikirim ke ESP 32 kemudian diolah dan ditampilkan pada website Blynk IoT, aplikasi *smartphone* dan LCD.

4.1.2.1 Kalibrasi Axis accelerometer



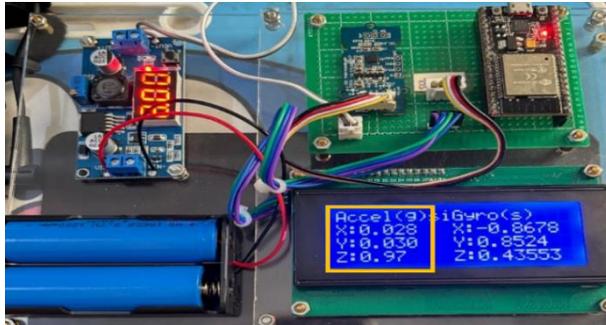
Gambar 4.8 Data *axis accelerometer* dalam keadaan diam pada *website*.

Berdasarkan data pada gambar 4.8 pengujian data *axis accelerometer* ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung dengan hasil melihat grafik pembacaan sensor pada *website* Bylnk IoT yang bergerak naik turun.



Gambar 4.9 Data *axis accelerometer* dalam keadaan diam pada *smartphone*.

Berdasarkan data pada gambar 4.9 data *axis accelerometer* ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung dengan hasil pembacaan sensor pada aplikasi Bylnk IoT menggunakan *smartphone* dalam keadaan diam atau tidak mendapat getaran.



Gambar 4.10 Data *axis accelerometer* dalam keadaan diam pada LCD.

Berdasarkan data pada gambar 4.7 dalam kotak kuning pengujian data *axis accelerometer* ESP 32 dan sensor IMU 9 Dof dapat terhubung dengan hasil dalam keadaan diam.

4.1.2.2 Pengujian *Axis accelerometer*

Pengujian *axis accelerometer* hanya dilakukan dengan memberi getaran pada area sensor IMU 9 Dof karena *axis accelerometer* hanya mendeteksi getaran dari setiap *axis accelerometer*.



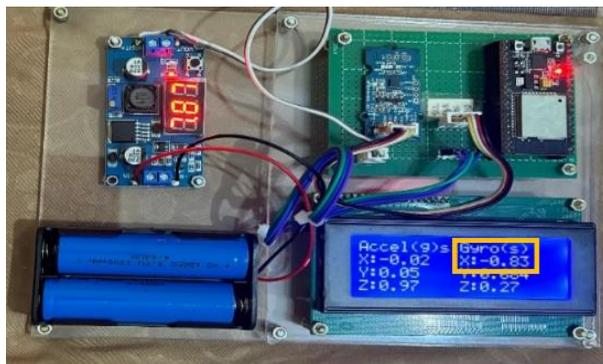
Gambar 4.11 Getaran pada *axis X accelerometer*.

Pada gambar 4. 11 pada kotak kuning grafik warna biru *axis X accelerometer* dalam pengujian didapatkan bahwa amplitudo tertinggi sebesar $0,196 \text{ mS}^2$.



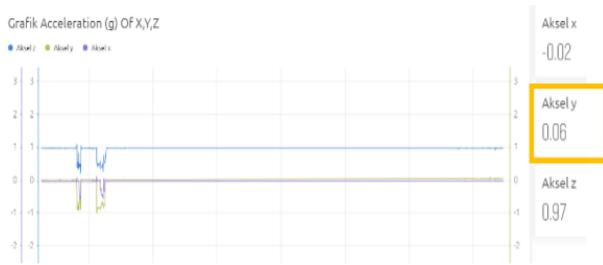
Gambar 4.12 Pergeseran *axis X accelerometer* pada aplikasi *smartphone*.

Pada gambar 4. 12 pada kotak kuning *axis X accelerometer* dalam pengujian didapatkan bahwa amplitudo tertinggi sebesar $0,196 \text{ mS}^2$.



Gambar 4.13 Pengujian *axis X accelerometer* saat diberi getaran.

Gambar 4. 13 *axis X accelerometer* diberikan getaran, dapat dilihat nilai pada *website*, *smartphone* maupun yang ditampilkan pada LCD tidak ada perbedaan.



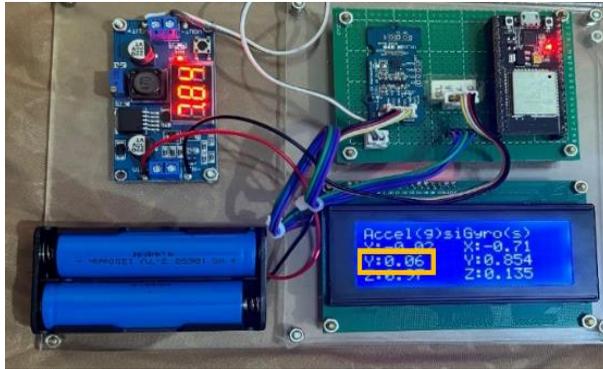
Gambar 4.14 Pengujian *axis Y accelerometer* pada *website*.

Pada gambar 4. 14 pada kotak kuning grafik warna hijau muda tampilan *website axis Y accelerometer* dalam pengujian didapatkan bahwa amplitudo tertinggi sebesar 0,58 mS².



Gambar 4.15 Pengujian *axis Y accelerometer* pada *smartphone*.

Pada gambar 4. 15 pada kotak kuning tampilan aplikasi *smartphone axis Y accelerometer* dalam pengujian didapatkan bahwa amplitudo tertinggi sebesar 0,58 mS².



Gambar 4.16 Pengujian *axis Y accelerometer* pada tampilan LCD

Gambar 4.16 *axis Y accelerometer* diberikan getaran, dapat dilihat nilai pada *website, smartphone* maupun yang ditampilkan pada LCD tidak ada perbedaan.



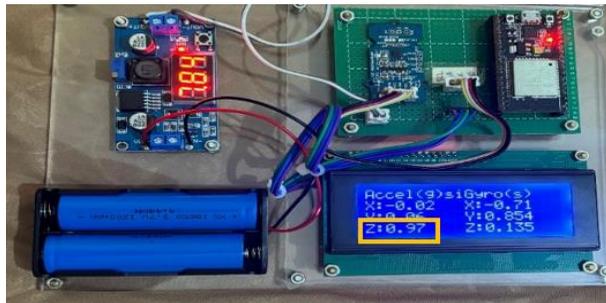
Gambar 4.17 Pengujian *axis Z accelerometer* pada *website*

Pada gambar 4.17 pada kotak kuning grafik warna ungu tampilan *website axis Z accelerometer* dalam pengujian didapatkan bahwa amplitudo tertinggi sebesar $9,5 \text{ mS}^2$.



Gambar 4.18 Pengujian *axis Y* accelerometer pada *smartphone*

Pada gambar 4. 18 pada kotak kuning grafik warna ungu tampilan *smartphone axis Z accelerometer* dalam pengujian didapatkan bahwa amplitudo tertinggi sebesar $9,5 \text{ mS}^2$.

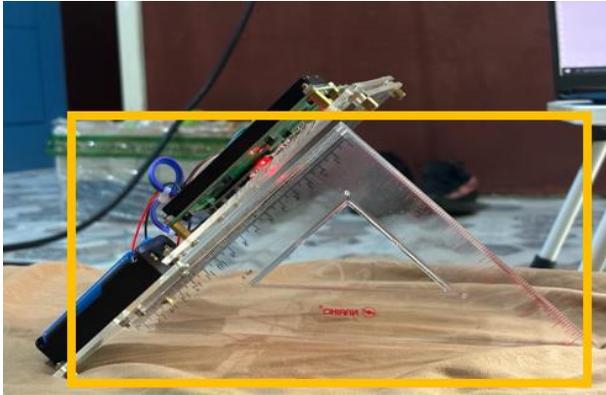


Gambar 4. 19 Pengujian *axis Z accelerometer* pada tampilan LCD

Gambar 4.19 *axis Z accelerometer* diberikan getaran, dapat dilihat nilai pada *website, smartphone* maupun yang ditampilkan pada LCD tidak ada perbedaan.

4.2 Pengujian Sensor IMU 9 Dof

Pengujian ini dilakukan setelah kalibrasi sensor dalam keadaan diam dan pada saat sensor mendapat getaran atau adanya pergerakan dan sudah dipastikan dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Pengujian ini dilakukan dengan memastikan sumbu 3 - *axis gyroscope* mendapatkan nilai yang sesuai, cara pengujian ini dilakukan menggunakan busur derajat dan penggaris segitiga 45° yang diibaratkan sebagai lereng gunung.



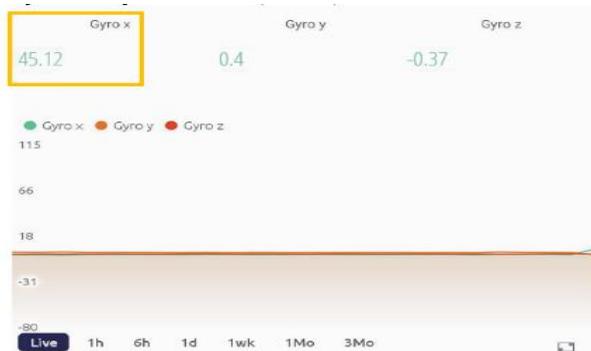
Gambar 4.20 Pengujian *axis X gyroscope* menggunakan penggaris segitiga 45°

Setelah dilakukan kalibrasi pada setiap sumbu atau *axis* maka pengujian selanjutnya dilakukan seperti yang ditandai dalam kotak kuning pada gambar 4.20 yaitu dengan menguji *axis X gyroscope* pada alat dengan menggunakan penggaris segitiga 45° .



Gambar 4.21 Nilai *axis X gyroscope* pada *website*.

Berdasarkan data pada gambar 4.21 dalam kotak kuning pengujian data *axis X gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada *website* Bylnk IoT yaitu *axis X* ($45,12^\circ$), dalam keadaan alat miring 45° .



Gambar 4.22 Nilai *axis X gyroscope* pada aplikasi *smartphone*.

Berdasarkan data pada gambar 4.22 dalam kotak kuning pengujian data *axis X gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada aplikasi *smartphone* Blynk IoT yaitu *axis X* (45,12°), dalam keadaan alat miring 45°.



Gambar 4.23 Nilai *axis X gyroscope* pada tampilan LCD.

Berdasarkan data pada gambar 4.23 dalam kotak kuning pengujian data *axis X gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada LCD yaitu *axis X* (45,12°), dalam keadaan alat dimiringkan 45°.

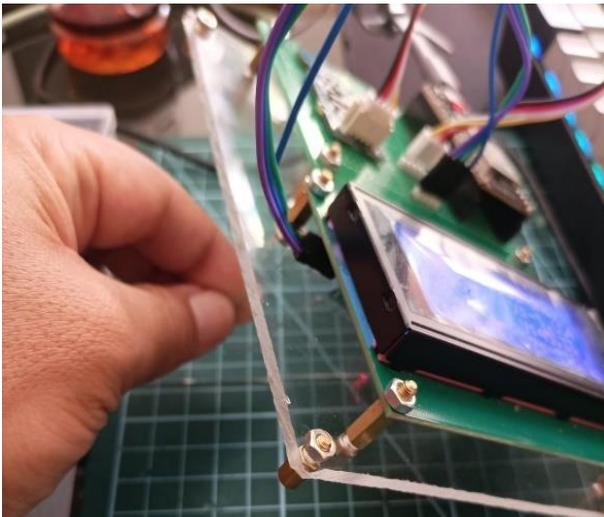
Pada gambar 4.21, gambar 4.22 dan gambar 4.23 diketahui nilai pembacaan sensor IMU 9 Dof yaitu 45,12°. Untuk mengetahui penyimpangan atau perbandingan nilai *error* antara sensor IMU 9 Dof dan penggaris 45° didapatkan dengan rumus berikut:

$$\%error = \left[\frac{\text{Nilai Sensor IMU 9 Dof} - 45^\circ}{45^\circ} \right] \times 100$$

Tabel 4.3 Perbandingan pembacaan Blynk IoT dan LCD saat pengujian.

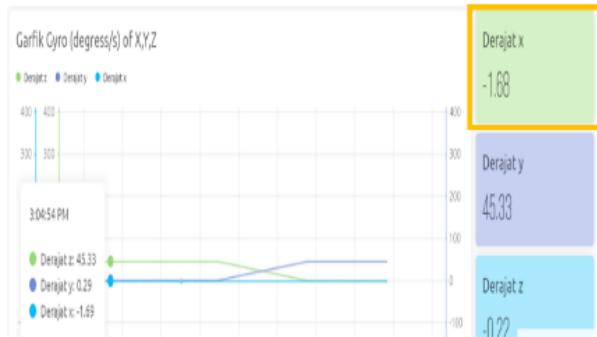
<i>Axis gyroscope</i>	<i>Website Blynk</i>	<i>Smart-phone</i>	LCD	Penggaris	Selisih	Error
<i>Axis X</i>	45,12°	45,12°	45,12°	45°	0,12°	0,20%

Perbandingan pengujian pada tabel 4.3 di atas data yang ditampilkan di *website* Blynk IoT, aplikasi *smartphone* Blynk IoT dan tampilan LCD tidak ada perbedaan nilai karena saat dimiringkan 45° dalam keadaan stabil dan diam, namun ada selisih pembacaan dengan penggaris 45° sebesar 0,12° dengan nilai *error* 0,20%.



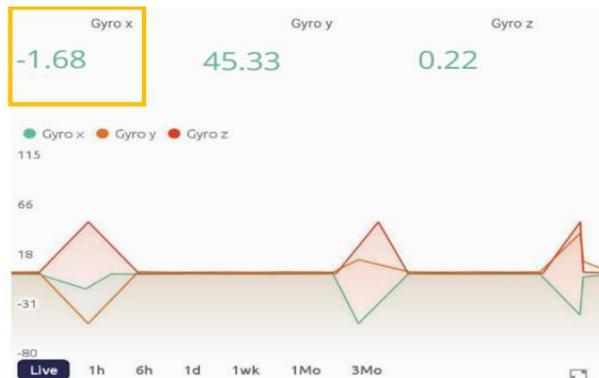
Gambar 4.24 Pengujian *axis Y gyroscope* menggunakan penggaris segitiga 45°

Setelah dilakukan kalibrasi pada setiap sumbu atau *axis* maka pengujian selanjutnya dilakukan seperti yang ditandai dalam kotak kuning pada gambar 4.24 yaitu dengan menguji *axis Y gyroscope* pada alat dengan menggunakan penggaris segitiga 45°.



Gambar 4.25 Tampilan *axis Y gyroscope* pada *website*.

Berdasarkan data pada gambar 4.25 dalam kotak kuning pengujian data *axis Y gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada *website* Blynk IoT yaitu *axis Y* ($45,33^\circ$), dalam keadaan alat dimiringkan 45° .



Gambar 4.26 Nilai *axis Y gyroscope* pada aplikasi *smartphone*.

Berdasarkan data pada gambar 4.26 dalam kotak kuning pengujian data *axis Y gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada aplikasi *smartphone* Blynk IoT yaitu *axis Y* ($45,33^\circ$), dalam keadaan alat miring 45° .



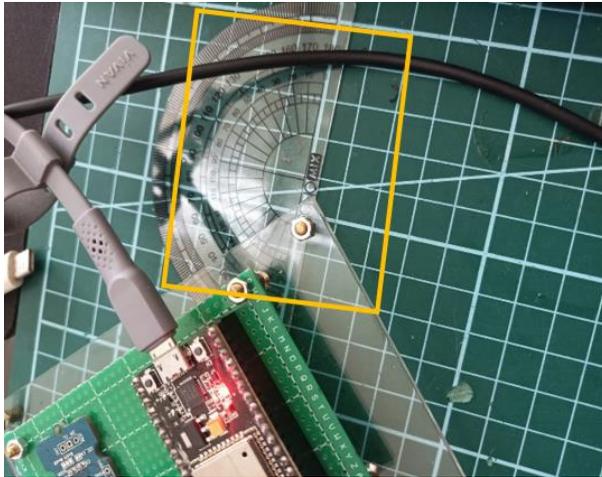
Gambar 4.27 Nilai *axis Y gyroscope* pada tampilan LCD.

Berdasarkan data pada gambar 4.27 dalam kotak kuning pengujian data *axis Y gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada tampilan LCD yaitu *axis Y* ($45,33^\circ$), dalam keadaan alat dimiringkan 45° .

Tabel 4.4 Perbandingan pembacaan Blynk IoT dan LCD saat pengujian.

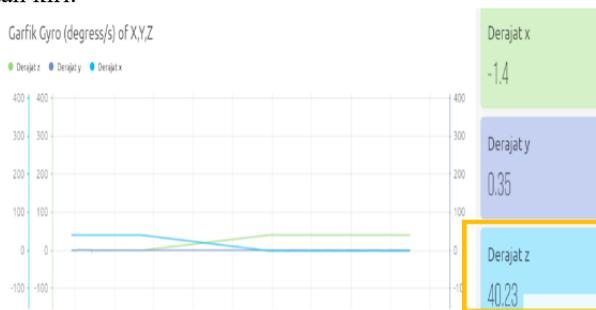
<i>Axis gyroscope</i>	<i>Website Blynk</i>	<i>Smartphone</i>	<i>LCD</i>	<i>Penggaris</i>	<i>Selisih</i>	<i>Error</i>
<i>Axis Y</i>	$45,33^\circ$	$45,33^\circ$	$45,33^\circ$	45°	$0,33^\circ$	$0,73\%$

Perbandingan pengujian pada tabel 4.4 di atas data yang ditampilkan di *website* Blynk IoT, aplikasi *smartphone* Blynk IoT dan tampilan LCD tidak ada perbedaan nilai karena saat dimiringkan 45° dalam keadaan stabil dan diam, namun ada selisih pembacaan dengan penggaris 45° sebesar $0,33^\circ$ dengan nilai *error* $0,73\%$.



Gambar 4.28 Pengujian *axis Z gyroscope* menggunakan busur derajat.

Setelah dilakukan kalibrasi pada setiap sumbu atau *axis* maka pengujian selanjutnya dilakukan seperti yang ditandai dalam kotak kuning pada gambar 4.28 yaitu dengan menguji *axis Z gyroscope* pada alat dengan menggunakan busur derajat dengan memutar sensor kearah kanan dan kiri.



Gambar 4.29 Nilai *axis Z gyroscope* pada *website*.

Berdasarkan data pada gambar 4.29 dalam kotak kuning pengujian data *axis Z gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada *website* Bylnk IoT yaitu *axis Z* ($40,23^\circ$), dengan menggeser *axis Z* ke sudut 40° menggunakan busur derajat.



Gambar 4.30 Nilai *axis Z gyroscope* pada aplikasi smartphone.

Berdasarkan data pada gambar 4.30 dalam kotak kuning pengujian data *axis Z gyroscope* dapat terbaca hasil pembacaan sensor pada aplikasi *smartphone* Blynk IoT yaitu *axis Y* (40,23°), dengan menggeser *axis Z* ke sudut 40° menggunakan busur derajat.



Gambar 4.31 Pengujian *axis Z gyroscope* menggunakan busur derajat.

Berdasarkan data pada gambar 4.31 dalam kotak kuning pengujian data *axis Z gyroscope* dapat terbaca dengan hasil pembacaan sensor pada LCD yaitu *axis Z* (40,23°), dengan menggeser sudut ke 40° menggunakan busur derajat.

Tabel 4.5 Perbandingan pengujian *Axis gyroscope*

<i>Axis Gyroscope</i>	<i>Website Blynk</i>	<i>Smartphone</i>	<i>LCD</i>	<i>Busur Derajat</i>	<i>Selisih</i>	<i>Error</i>
<i>Axis Z</i>	40,23°	40,23°	40,23°	40°	0,23°	0,57%

Perbandingan pengujian pada tabel 4.5 di atas data yang ditampilkan di *website* Blynk IoT, aplikasi *smartphone* Blynk IoT dan LCD tidak ada perbedaan nilai karena saat digeser ke sudut 40° pada busur derajat dalam keadaan stabil, namun ada selisih pembacaan dengan busur derajat yaitu sebesar 40,23° dengan nilai *error* 0,57%.