

rendah ke tempat yang lebih tinggi. Setelah dilakukannya pengambilan data maka data tersebut akan dibandingkan antara data dari GPS dan *altimeter* yang menjadi nilai acuan untuk mengetahui persentase *error* dari GPS yang ditunjukkan pada tabel 4.1. Berikut merupakan tabel data hasil pengamatan yang diperoleh dari GPS dan *altimeter* :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengamatan Ketinggian

No	Ketinggian dari Altimeter (mdpl)	Ketinggian dari GPS (mdpl)	Error (%)
1	109	108.19	0.74
2	113	113.717	0.63
3	128	129.302845	1.017
4	131	133.532	1.93

Keterangan :

1. Lapangan sepak bola UMY

($-7.807982^0, 110.320483^0$)

2. ATM BNI UMY

($-7.810991^0, 110.324197^0$)

3. Gedung AR A lantai 5 UMY

($-7.810989^0, 110.321846^0$)

4. *Twin tower building* UMY Lantai 5

($-7.812288^0, 110.321552^0$)

Berikut merupakan perhitungan persentase *error* data ketinggian yang diperoleh dari GPS NEO 6M beserta grafik perbandingannya:

1. Lapangan sepak bola UMY

($7.807982^0, 110.320483^0$)

$$\begin{aligned} \sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{109 - 108.19}{109} \times 100\% \\ &= 0.74 \% \end{aligned}$$

2. ATM BNI UMY

(7.810991⁰, 110.324197⁰)

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{113 - 113.717}{113} \times 100\% \\ &= 0.63 \%\end{aligned}$$

3. Gedung AR A lantai 5 UMY

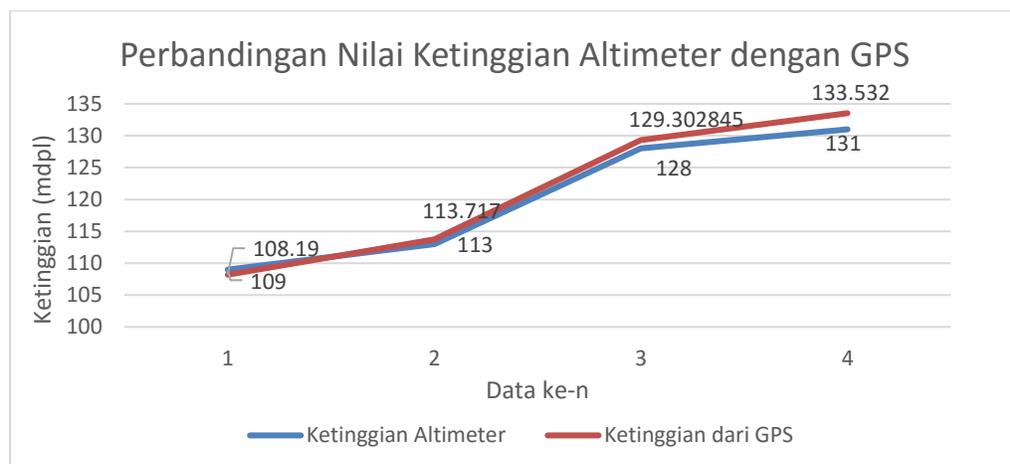
(-7.810989⁰, 110.321846⁰)

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{128 - 129.302845}{128} \times 100\% \\ &= 1.017 \%\end{aligned}$$

4. Twin tower building UMY Lantai 5

(7.812288⁰, 110.321552⁰)

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{131 - 133.532}{131} \times 100\% \\ &= 1.93 \%\end{aligned}$$



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Ketinggian *Altimeter* dengan GPS

Dari grafik data gambar 4.2 dapat di analisis bahwa nilai persentase *error* yang kurang dari 1% adalah data ke 1 dan 2. Untuk data ke 3 dan 4 memiliki persentase *error* yang lebih besar. Hal ini dikarenakan data 1 dan 2 merupakan tempat yang terbuka (*outdoor*) sehingga GPS mampu mendapatkan jumlah satelit yang lebih banyak dan mampu bekerja secara maksimal serta lebih akurat. Data ke 3 dan 4 merupakan ruangan yang tertutup (*indoor*) sehingga GPS tidak mampu bekerja secara maksimal karena minimnya satelit yang didapatkan.

4.1.2 Analisis Data *Latitude*

Pengamatan yang dilakukan adalah untuk mengetahui titik garis lintang (*latitude*) suatu tempat berdasarkan titik koordinat yang diperoleh menggunakan GPS dan *google maps*. Data yang diperoleh menggunakan *google maps* akan digunakan menjadi nilai acuan. Dari data yang diperoleh tersebut nantinya akan dibandingkan antara data dari GPS dengan data dari *google maps* sehingga dapat diketahui persentase *error* dari GPS yang diperlihatkan pada tabel 4.2. Berikut merupakan tabel hasil pengamatan data *latitude* :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengamatan Data *Latitude*

No	Latitude google maps (°)	Latitude dari GPS (°)	Error (%)
1	-7.807982	-7.807982	0
2	-7.810753	-7.810773	0.000256
3	-7.812288	-7.812302	0.00018
4	-7.810991	-7.810992	0.00028

Keterangan :

1. Lapangan sepak bola UMY
2. Lapangan bintang UMY
3. *Twin tower building* UMY

4. ATM BNI UMY

Keterangan : Tanda minus (-) pada garis lintang diabaikan karena hanya sebagai tanda titik koordinat.

Berikut merupakan perhitungan persentase *error* dari data *latitude* yang diperoleh dari GPS NEO 6M :

1. Lapangan sepak bola UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{7.807982^0 - 7.807982^0}{7.807982^0} \times 100\% \\ &= 0 \%\end{aligned}$$

2. Lapangan bintang UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{7.810753^0 - 7.810773^0}{7.810753^0} \times 100\% \\ &= 0.000256 \%\end{aligned}$$

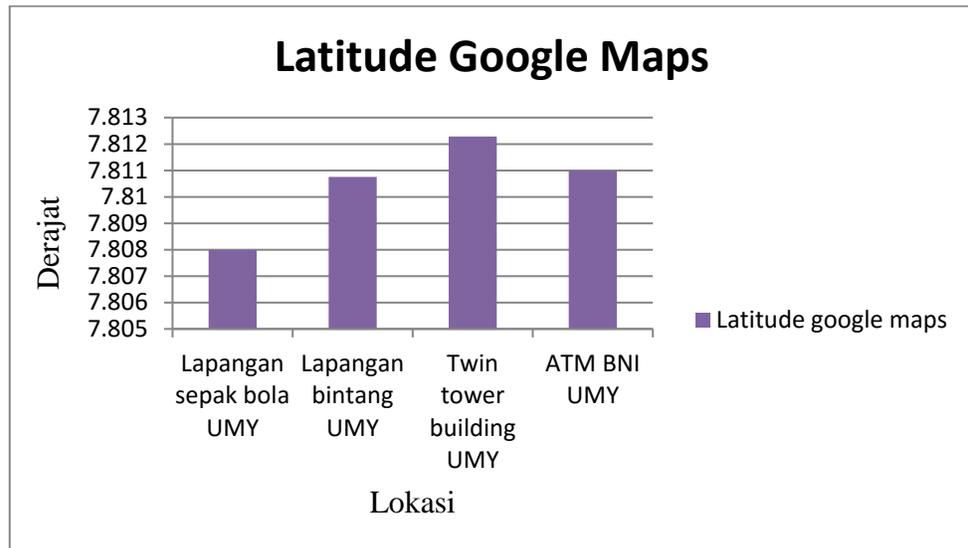
3. Twin tower building UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{7.812288^0 - 7.812302^0}{7.812288^0} \times 100\% \\ &= 0.00018 \%\end{aligned}$$

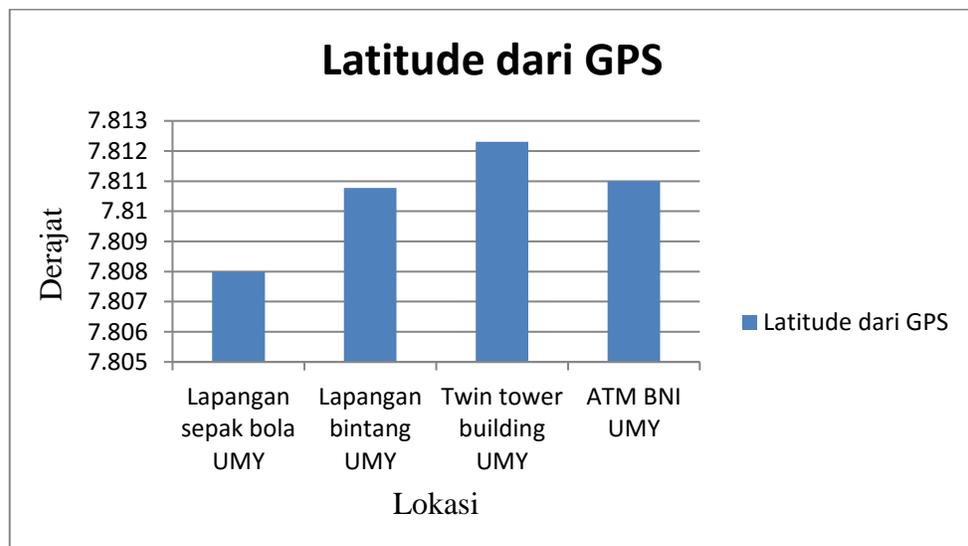
4. ATM BNI UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{7.810991^0 - 7.810992^0}{7.810991^0} \times 100\% \\ &= 0.00028 \%\end{aligned}$$

Berikut merupakan grafik *latitude* dari *google maps* (gambar 4.3) dan GPS (gambar 4.4):



Gambar 4.3 Grafik Data *Latitude* dari *Google Maps*



Gambar 4.4 Grafik Data *Latitude* dari GPS

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa data *latitude* yang diperoleh baik yang menggunakan *google maps* maupun GPS memiliki tingkat persentase *error* yang kecil. Hal ini dikarenakan lokasi

pengambilan data *latitude* berada di luar ruangan (*outdoor*) sehingga GPS mampu bekerja secara maksimal dan lebih akurat. Berdasarkan *datasheet* bahwa GPS NEO 6M ini memiliki toleransi posisi akurasi horizontal $\pm 3,5$ m sehingga *error* posisi jika tidak melebihi 3,5 m dari koordinat acuan bisa dikatakan GPS berjalan dengan baik. Data di atas juga memperlihatkan bahwa GPS mengalami perubahan nilai derajat garis lintang bahwa semakin ke selatan pengujian GPS pada garis khatulistiwa maka nilai derajat garis lintang akan semakin menurun.

4.1.3 Analisis Data *Longitude*

Pengamatan yang dilakukan adalah untuk mengetahui titik garis bujur (*longitude*) suatu tempat berdasarkan titik koordinat yang diperoleh menggunakan GPS dan menggunakan *google maps* yang menjadi nilai acuan. Dari data yang diperoleh tersebut nantinya akan dibandingkan antara data dari GPS dengan data dari *google maps* sehingga diketahui persentase *error* dari GPS yang diperlihatkan pada tabel 4.3. Berikut merupakan tabel hasil pengamatan data *longitude*:

Tabel 4.3 Data Hasil Pengamatan Data *Longitude*

No	Longitude Google Maps ($^{\circ}$)	Longitude dari GPS ($^{\circ}$)	Error (%)
1	110.320483	110.320483	0
2	110.321740	110.321689	0.000046
3	110.321552	110.321688	0.000123
4	110.324197	110.324202	0.000453

Keterangan :

1. Lapangan sepak bola UMY
2. Lapangan bintang UMY
3. *Twin tower building* UMY
4. ATM BNI UMY

Berikut merupakan perhitungan persentase *error* dari data *longitude* yang diperoleh dari GPS NEO 6M :

1. Lapangan sepak bola UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{110.320483^0 - 110.320483^0}{110.320483^0} \times 100\% \\ &= 0 \%\end{aligned}$$

2. Lapangan bintang UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{110.321740^0 - 110.321689^0}{110.321740^0} \times 100\% \\ &= 0.000046 \%\end{aligned}$$

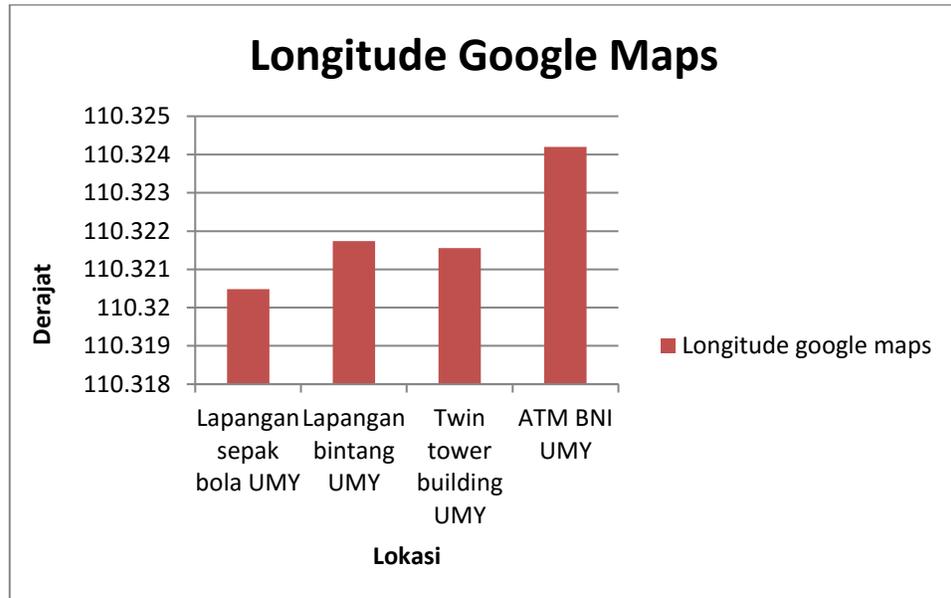
3. *Twin tower building* UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{110.321552^0 - 110.321688^0}{110.321552^0} \times 100\% \\ &= 0.000123 \%\end{aligned}$$

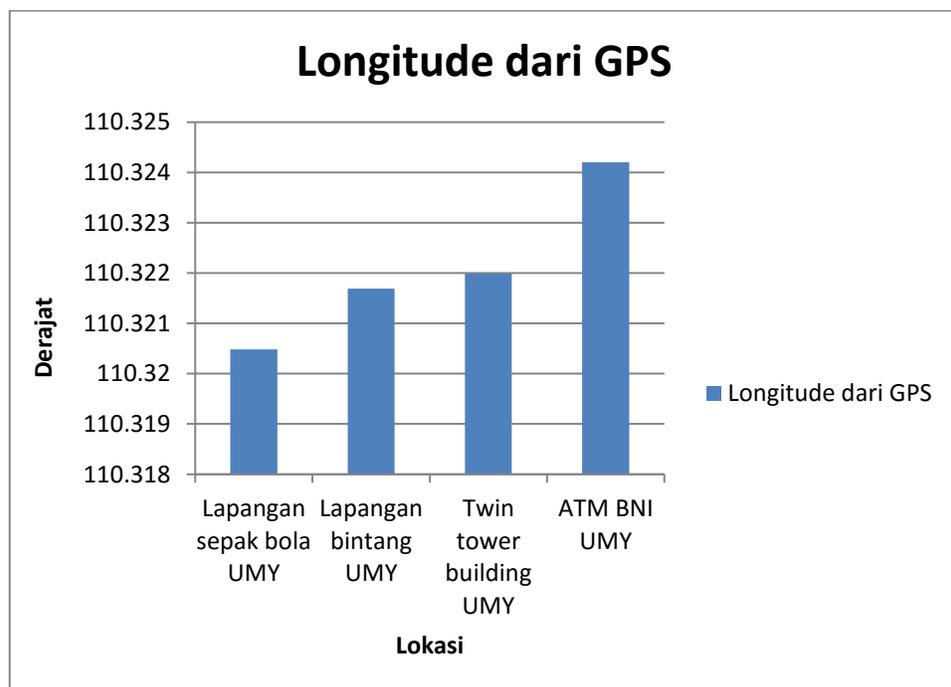
4. ATM BNI UMY

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{110.324197^0 - 110.324202^0}{110.324197^0} \times 100\% \\ &= 0.000453 \%\end{aligned}$$

Berikut merupakan grafik *longitude* dari *google maps* (gambar 4.5) dan GPS (gambar 4.6) :



Gambar 4.5 Grafik Data *Longitude* dari *Google Maps*



Gambar 4.6 Grafik Data *Longitude* dari GPS

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa data *longitude* yang diperoleh baik yang menggunakan *google maps* maupun GPS memiliki tingkat

persentase *error* yang kecil atau kurang dari 1%. GPS akan lebih akurat jika digunakan di ruangan yang terbuka (*outdoor*) dan tidak terhalang oleh gedung-gedung bertingkat. Hal ini bisa dibuktikan pada data hasil pengamatan yang menunjukkan tingkat persentase *error* 0% pada lokasi lapangan sepak bola UMY yang tidak dikelilingi gedung-gedung bertingkat.

4.2 Analisis Data *Temperature*

Pengujian ini menggunakan sensor HTU21D dan termometer digital yang telah terkalibrasi. Pengujian ini dilakukan dalam tiga kondisi suhu yang berbeda, diantaranya adalah pengujian pada suhu panas, suhu normal ruangan, dan suhu dingin. Dari data yang diperoleh nantinya akan dibandingkan antara data yang diperoleh menggunakan sensor HTU21D dan data dari termometer digital yang menjadi nilai acuan pengujian. Setelah dilakukan perbandingan data yang diperoleh maka bisa diketahui persentase *error* dari HTU21D ditunjukkan pada tabel 4.4. Berikut merupakan tabel data hasil pengamatan *temperature* :

Tabel 4.4 Data Hasil Pengamatan *Temperature*

No	Kondisi Suhu	Nilai Suhu dari Termometer Digital (C^0)	Nilai Suhu dari Sensor HTU21D (C^0)	Error (%)
1	Suhu panas	34.4	34.773718	1.086
2	Suhu ruangan	30.4	30.606655	0.68
3	Suhu dingin	20.9	20.964792	0.31

Berikut merupakan perhitungan persentase *error* dari data pembacaan suhu oleh HTU21D :

1. Pengujian suhu panas

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{34.4 - 34.773718}{34.4} \times 100\% \\ &= 1.086 \%\end{aligned}$$

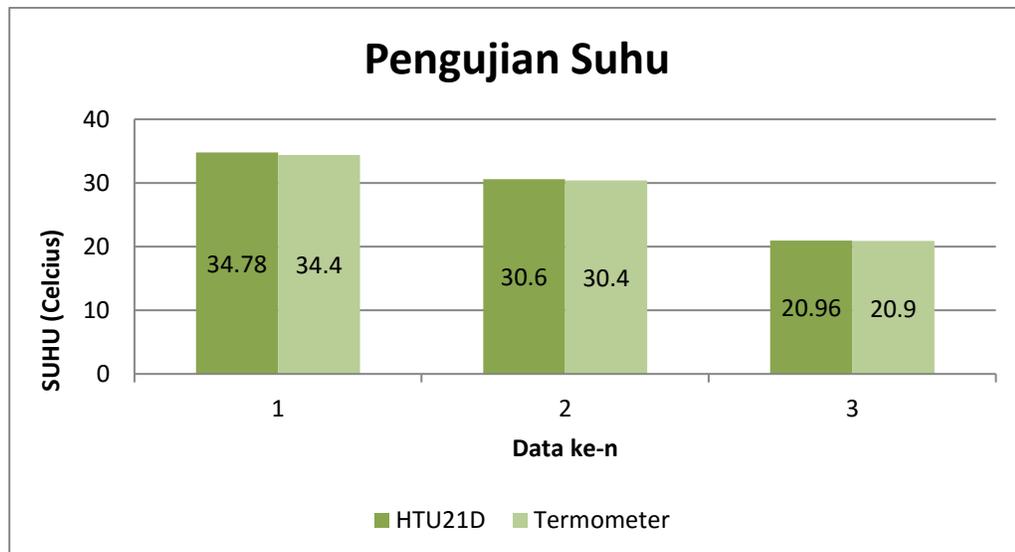
2. Pengujian suhu ruangan

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{30.4 - 30.606655}{30.4} \times 100\% \\ &= 0.68 \%\end{aligned}$$

3. Pengujian suhu dingin

$$\begin{aligned}\sum \% \text{ Error} &= \frac{\text{Nilai Acuan} - \text{Nilai Terukur}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \\ &= \frac{20.9 - 20.964792}{20.9} \times 100\% \\ &= 0.31 \%\end{aligned}$$

Berikut merupakan grafik pengujian suhu antara nilai termometer digital dengan sensor HTU21D yang ditunjukkan pada gambar 4.7 :



Gambar 4.7 Grafik Data Pengujian Suhu

Dari grafik di atas terlihat bahwa *error* data pembacaan suhu dari HTU21D sangatlah kecil. Hal ini dikarenakan bahwa sensor HTU21D telah terkalibrasi oleh perusahaan (*factory calibrated*). Pada suhu panas sensor HTU21D memiliki persentase *error* yang paling besar yakni 1.086%, sedangkan untuk suhu ruangan memiliki tingkat persentase *error* sebesar 0.68 % dan pada suhu dingin persentase *error* yang dimiliki paling kecil yakni 0.31%. Bisa dikatakan bahwa sensor HTU21D berjalan dengan baik dikarenakan persentase *error* yang dihasilkan kecil.

4.3 Analisis Data *Humidity*

Pengujian ini menggunakan sensor HTU21D untuk membaca nilai *humidity* yang ada pada tempat lembab dan tempat kering. Data yang diperoleh nantinya akan dibuat rata-rata untuk mengetahui berapa persen nilai kelembaban yang diperoleh baik di tempat yang lembab maupun di tempat yang kering seperti yang diperlihatkan pada tabel 4.5. Berikut merupakan data yang diperoleh dari tempat lembab dan juga tempat kering :

Tabel 4.5 Data Hasil Pengamatan Nilai *Humidity*

No	Kondisi Tempat	Nilai Kelembaban dari HTU21D (%)	Rata-rata Nilai Kelembaban (%)
1	Tempat Lembab (Kamar Mandi)	76.57	76.28
		76.56	
		76.27	
		76.23	
		76.17	
		76.03	
		76.17	
		76.24	

2	Tempat kering (Kamar Kos)	69.98	69.9175
		69.90	
		69.89	
		69.88	
		69.88	
		69.92	
		69.94	
		69.95	

Berikut merupakan perhitungan nilai rata-rata kelembaban dari tempat lembab dan tempat kering :

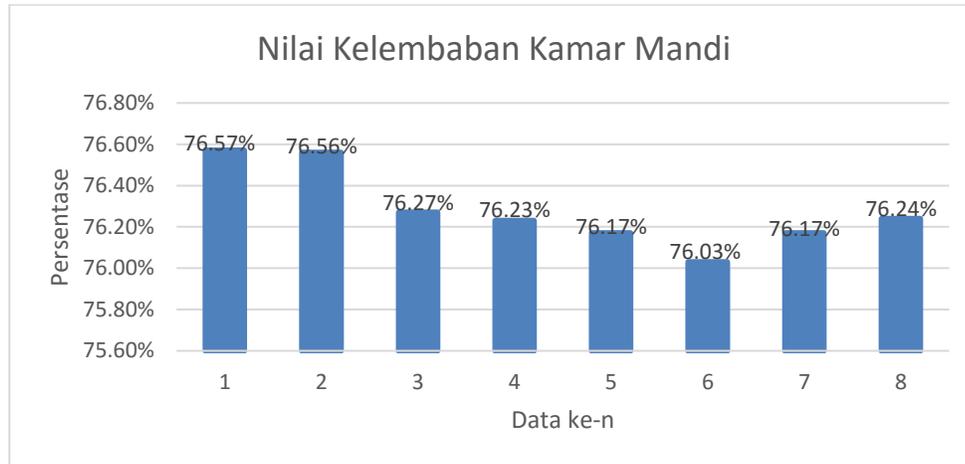
1. Nilai rata-rata kelembaban tempat lembab

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{nilai total kelembaban tempat kering}}{\text{jumlah data } n} \\ &= \frac{76.57+76.56+76.27+76.23+76.17+76.03+76.17+76.24}{8} \\ &= 76.28\% \end{aligned}$$

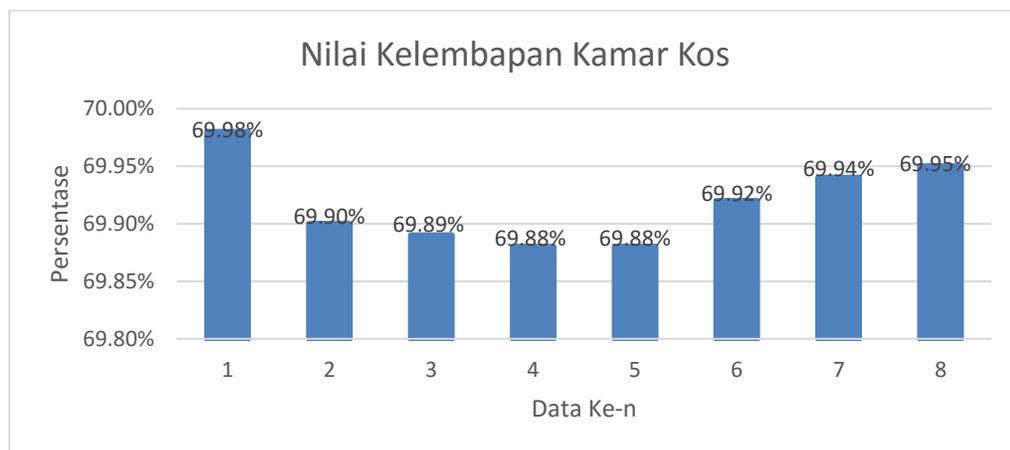
2. Nilai rata-rata kelembaban tempat kering

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{nilai total kelembaban tempat kering}}{\text{jumlah data } n} \\ &= \frac{69.98+69.90+69.89+69.88+69.88+69.92+69.94+69.95}{8} \\ &= 69.9175\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan grafik data nilai kelembaban pada tempat lembab (gambar 4.8) dan tempat kering (gambar 4.9) :



Gambar 4.8 Grafik Data Kelembaban Tempat Lembab



Gambar 4.9 Grafik Data Kelembaban Tempat Kering

Pada grafik di atas menunjukkan nilai pengujian *humidity* pada tempat lembab (kamar mandi) dan tempat kering (kamar kos). Kamar mandi memiliki nilai rata-rata persentase kelembaban yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kamar kos. Hal ini dikarenakan di kamar mandi terdapat genangan air yang menguap menjadi gas sehingga meningkatkan kelembabaan udara di kamar mandi tersebut. Berbeda dengan kamar kos yang kering tidak memiliki genangan air dan tidak adanya penguapan air sehingga menurunkan tingkat persentase kelembabannya

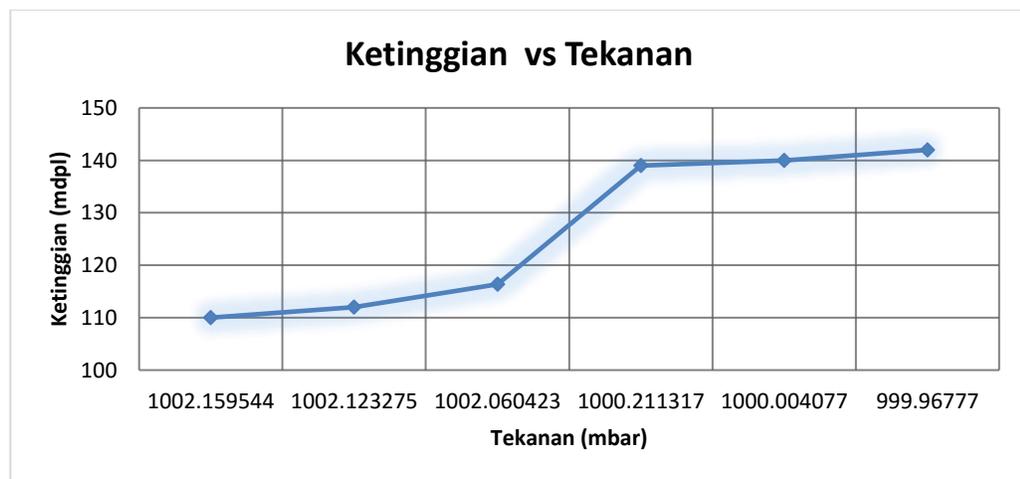
4.4 Analisis Data *Pressure*

Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tekanan udara suatu tempat tertentu dengan menggunakan sensor MS5637. Pada beberapa tempat memiliki nilai tekanan udara yang berbeda-beda. Data yang diperoleh nantinya akan dibuat perbandingan antara ketinggian terhadap tekanan udara seperti gambar 4.10. Berikut merupakan data pengujian tekanan udara pada beberapa tempat yang diperoleh ditunjukkan pada tabel 4.6:

Tabel 4.6 Data Hasil Pengamatan Tekanan Udara

No	Ketinggian (mdpl)	Nilai Pressure dari MS5637 (mbar)
1	110	1002.159
2	112	1002.123
3	116	1002.06
4	139	1002.211
5	140	1000.004
6	142	999.9678

Berikut merupakan grafik perbandingan antara ketinggian dengan tekanan udara:



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Data Ketinggian Dengan Tekanan

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut maka memiliki nilai tekanan udara yang semakin besar, sebaliknya bahwa semakin rendah ketinggian suatu tempat dari permukaan laut maka nilai tekanannya akan semakin menurun. Bisa dikatakan bahwa sensor MS5637 berjalan dengan baik dikarenakan telah terkalibrasi oleh perusahaan dan mampu memperoleh nilai tekanan udara yang berbeda pada ketinggian yang berbeda di suatu tempat tertentu.

4.5 Analisis Data Citra

Pada pengujian pengambilan citra ini dilakukan dengan menggunakan raspicam yang telah terhubung dengan raspberry pi. Untuk melakukannya menggunakan perintah 'raspistill -w '+str(imWidth)+' -h '+str(imHeight)+' -t 30 -q '+str(jpegQuality)+' -o /home/CUBEimg.jpg').

Raspistill merupakan perintah untuk melakukan pengambilan citra yang berada di *scrip python* raspberry pi. Citra yang diambil memiliki resolusi sebesar 320x240 *pixels* yang dimana resolusi tersebut dapat diatur sesuai keinginan dengan cara memasukkan nilai *-w (Width)* dan *-h (Height)*. Pengambilan citra ini dilakukan setiap 30 detik sekali yang diperlihatkan pada *script -t (time out)* dan memiliki kualitas citra 50.

Hasil gambar yang diperoleh disimpan dalam bentuk jpg yang disimpan di *home* raspberry pi dengan nama *file* CUBEimg.jpg. Setelah citra diperoleh dan disimpan di dalam raspberry pi maka citra tersebut kemudian dikirimkan secara serial dari raspberry pi menggunakan radio telemetry 3DR ke penerima yang berada di *ground station*. Berikut merupakan citra yang diambil oleh muatan (gambar 4.11) dan yang diterima oleh *ground station* (gambar 4.12 dan 4.13) :



Gambar 4.11 Citra yang Dikirim oleh Muatan



Gambar 4.12 Citra Cacat yang Diterima *Ground Station*



Gambar 4.13 Citra yang Diterima *Ground Station*

Dari pengujian pengambilan citra diketahui bahwa citra yang dikirimkan oleh muatan mampu diterima dengan baik oleh *ground station* meskipun terkadang mengalami cacat tetapi lebih banyak hasil yang diterima dalam kondisi baik.