

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN SKALA
LABORATORIUM SISTEM PERINGATAN DINI
BANJIR BERBASIS SENSOR ULTRASONIK HC-SR04
DAN *INTERNET OF THINGS* (IoT)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan Oleh:

Nur Khayati

15620033

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAN NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2019



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-3436/Un.02/DST/PP.00.9/08/2019

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun dan Pengujian Skala laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Internet of Things (IoT)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NUR KHAYATI
Nomor Induk Mahasiswa : 15620033
Telah diujikan pada : Senin, 19 Agustus 2019
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19780510 200501 1 003

Penguji I

Sdyatman, S.E.
NIP. 19800314 000000 1 301

Penguji II

Drs. Nur Untoro, M.Si.
NIP. 19661126 199603 1 001

Yogyakarta, 19 Agustus 2019

UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Plt. Dekan

Dr. Agung Fatwanto, S.Si., M.Kom.
NIP. 19770103 200501 1 003



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Persetujuan skripsi
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nur Khayati
NIM : 15620033
Judul Skripsi : Rancang Bangun dan Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan *Internet of Things* (IoT)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 1 Agustus 2019

Pembimbing I

Frida Agung Rakhmadi, M.Sc
NIP. 19780510 200501 1 003

Pembimbing II

Suyatman, S.E
NIP.-

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Khayati

NIM : 15620033

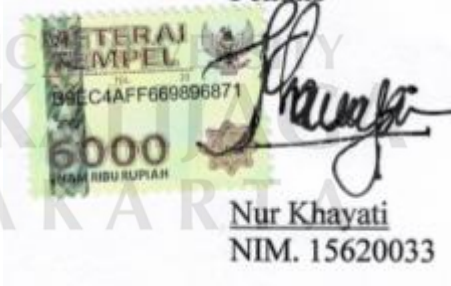
Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun dan Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan *Internet of Things* (IoT)” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 23 Juli 2019

Penulis



Nur Khayati
NIM. 15620033

MOTTO

Do the best and pray, God will take care of the rest

*The best revenge for the people who have insulted you is the
succes that you can show them later*

**Always be yourself no matter what they say and never be anyone else even if they look
better than you**

*Jika anda mendidik seorang laki-laki, maka seorang laki-laki itu akan
terdidik. Namun jika anda mendidik seorang perempuan, maka satu
generasi akan terdidik (Brigham Young)*

*Hiduplah seperti pohon kayu yang kebat buahnya; hidup di
tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, namun dibalas
dengan buah (Abu Bakar Sibli)*

STATISIA UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Allah SWT

Nabi Muhammad SAW

Bapak H. Ali Mukson dan Ibu Hj. Mardiyah

Bapak Bari dan Ibu Indartik

Irwan Gigih Juniarto, S.Pd.

Kakak-kakakku tercinta

Sahabat Fisika 2015



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil 'alamiin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul "*Rancang Bangun dan Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Internet of Things (IoT)*" tanpa ada halangan yang berarti. Shalawat serta salam selalu penulis curahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang dinantikan syafa'atnya di hari kiamat kelak.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis tidak terlepas dari pihak-pihak yang turut membantu dalam penyelesaiannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak H. Ali Mukson, Ibu Hj. Mardiyah, serta kakak-kakak tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, serta selalu mendoakan yang tak ada henti-hentinya.
2. Bapak Bari dan Ibu Indartik tercinta yang senantiasa mendoakan serta memberikan semangat tiada hentinya.
3. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Sc. selaku Kepala Program Studi Fisika sekaligus Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Frida Agung Rakhmadi, M.Sc. selaku pembimbing I, terima kasih atas segala bimbingan, arahan, nasihat, motivasi, waktu yang diberikan, serta kesabarannya selama penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Suyatman, S.E. selaku pembimbing II, terima kasih atas segala bimbingan, nasihat, arahan, motivasi, waktu yang diberikan, serta kesabarannya selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Drs. Nur Untoro, M.Si. selaku Penguji, terima kasih atas segala bimbingan, nasihat, arahan, waktu yang diberikan, serta saran-saran selama penyusunan skripsi ini.
7. Dosen serta laboran Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang telah mengajarkan dan membagikan ilmunya.
8. Kepala Pelaksana serta *staff* Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Yogyakarta yang telah mengizinkan penelitian serta ilmu yang dibagikan.
9. Mas Irwan Gigih Juniarto, S.Pd, terima kasih telah memberi semangat dukungan, kesabaran dalam menghadapi keluhan, dan menyediakan waktu untuk berbagi ilmunya.
10. Putri, Galih, dan Faruq, terima kasih telah memberikan semangat dukungan, dorongan, kesabaran mendengarkan keluhan, dan menyediakan waktu untuk membantu menyelesaikan skripsi ini.
11. Sulis dan Mas Asep, terima kasih telah membantu dalam menyelesaikan alat serta berbagi ilmu yang sangat bermanfaat.
12. Sahabat-sahabat Fisika 2015, terima kasih telah memberikan dukungan, mendengarkan curahan hati, menemani dan saling menyemangati satu sama lain.

13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu turut memberikan dukungan dan membantu selama penyusunan skripsi ini.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu diharapkan kritik dan saran demi kemajuan dan peningkatan skripsi ini. Penulis berharap dengan dilakukan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menambah ilmu pengetahuan khususnya di bidang sains. Amiin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 23 Juli 2019

Penulis



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR BERBASIS SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 DAN INTERNET OF THINGS (IoT)

NUR KHAYATI
15620033

INTISARI

Sistem peringatan dini banjir atau lebih dikenal sebagai *Early Warning System* (EWS) telah banyak membantu masyarakat yang berada di daerah rawan banjir, namun EWS banjir yang ada masih menggunakan sistem manual, yakni petugas yang berada di pos pantau memantau secara langsung ketinggian air di sungai. EWS banjir tersebut mempunyai kelemahan yakni proses pemantauan ketinggian air dilakukan secara langsung di pos pemantauan yang berada di dekat sungai. Oleh karena itu, diperlukan teknologi EWS yang dapat memantau ketinggian air secara *real time*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT), serta pengujian sistem pada skala laboratorium. Metodologi penelitian ini dibagi menjadi empat tahap. Tahapan pertama adalah observasi, yakni melihat EWS yang ada. Tahapan kedua adalah perancangan sistem peringatan dini banjir dengan menggunakan *software Fritzing* dan Visio. Tahapan ketiga adalah pembuatan sistem peringatan dini banjir dengan menghubungkan alat dan bahan yang dibutuhkan sehingga menjadi sebuah sistem. Tahapan keempat adalah pengujian sistem peringatan dini banjir pada skala laboratorium dengan menggunakan metode validasi (akurasi dan presisi) dan tingkat keberhasilan. Sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 dan IoT telah berhasil dirancang dan dibuat menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan IoT. Sistem tersebut telah diuji pada skala laboratorium. Hasil pengujian akurasi diperoleh sebesar 97,266%, presisi *repeatability* sebesar 98,120% dan presisi *reproducibility* sebesar 98,340%. Sementara itu, hasil pengujian keberhasilannya sebesar 97,857%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem ini dapat diaplikasikan sebagai sistem peringatan dini banjir.

Kata Kunci: *Early Warning System* (EWS), *real-time*, HC-SR04, *Internet of Things* (IoT), *Repeatability*, *Reproducibility*.

DESIGN AND TESTING THE LABORATORY SCALE OF FLOOD EARLY WARNING SYSTEM BASED ON ULTRASONIC SENSOR HC-SR04 AND INTERNET OF THINGS (IoT)

NUR KHAYATI
15620033

ABSTRACT

Early Warning System (EWS) of flood has helped many people in flood-prone areas, but the existing EWS of flood still uses a manual system, that is, officers at the monitoring post directly monitor water level in the river. The EWS of flood has weakness, that is the process of water level monitoring is carried out directly at the monitoring post near the river. Therefore, EWS technology is needed that can monitor water levels in real-time. This research aimed to design and manufacture an early warning system of flood based on ultrasonic sensor and Internet of Things (IoT) and test the system on a laboratory scale. The research methodology was divided into four phases. The first phase was observation by looking at the existing EWS. The second phase was the design of a flood early warning system by using Fritzing and Visio software. The third phase was the manufacturing of a flood early warning system by connecting the tools and the materials needed to become a system. The fourth phase was testing the flood early warning system on a laboratory scale by using validation method (accuracy and precision) and the success rate. The early warning system of flood has been successfully designed and manufactured using HC-SR04 ultrasonic sensors and IoT. The EWS of flood has been tested on a laboratory scale. Test results obtained by the accuracy of 97.266%, repeatability precision of 98.120%, and reproducibility precision of 98.340%. Meanwhile, the result of testing the success rate of 97.857%. These results indicate that this system can be applied as a flood early warning system.

Key words: Early Warning System (EWS), real-time, HC-SR04, Internet of Things (IoT), Repeatability, Reproducibility.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	19
1.1 Latar Belakang.....	19
1.2 Rumusan Masalah.....	26
1.3 Tujuan Penelitian.....	26
1.4 Batasan Penelitian.....	26
1.5 Manfaat Penelitian	27
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penelitian Terkait	Error! Bookmark not defined.
2.2 Landasan Teori	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Banjir	Error! Bookmark not defined.
2.2.2. Gelombang Ultrasonik.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.3. Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.4. NodeMCU LoL1n V3	Error! Bookmark not defined.
2.2.5. Arduino IDE	Error! Bookmark not defined.
2.2.6. <i>Internet of Things</i> (IoT)	Error! Bookmark not defined.
2.2.7. <i>Blynk</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.8. <i>Buzzer</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.9. Karakteristik Alat Ukur	Error! Bookmark not defined.

2.2.10.	Wawasan Al-Qur'an Tentang Banjir	Error! Bookmark not defined.
2.2.11.	Tolong-Menolong Sebagai Nilai Dasar Islam	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN.....		Error! Bookmark not defined.
3.1	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Alat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Bahan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3	Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Observasi	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Perancangan Sistem Peringatan Dini Banjir ...	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Pembuatan Sistem Peringatan Dini Banjir.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.4	Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Hasil	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Perancangan dan Pembuatan Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik dan <i>Internet of Things</i> (IoT).....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Pengujian Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik dan <i>Internet of Things</i> (IoT) Pada Skala Laboratorium.....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Perancangan dan Pembuatan Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik dan <i>Internet of Things</i> (IoT).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Pengujian Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik dan <i>Internet of Things</i> (IoT) Pada Skala Laboratorium.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.3	Integrasi Interkoneksi	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....		28
5.1	Kesimpulan	28
5.2	Saran	28

DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	33



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Bencana Tahun 2014 sampai Tahun 2019.....	20
Tabel 2.1 Penelitian-Penelitian Terkait.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU LoL1n V3	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1 Alat Perancangan Sistem Peringatan Dini Banjir	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.2 Daftar Alat Untuk Membuat Sistem Peringatan Dini Banjir	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.3 Daftar Alat Untuk Pengujian Sistem Peringatan Dini Banjir Pada Skala Laboratorium	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.4 Bahan Untuk Pembuatan Sistem Peringatan Dini Banjir	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.5 Bahan Untuk Pengujian Sistem Peringatan Dini Banjir Pada Skala Laboratorium	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.6 Pengujian Akurasi Sistem dengan Variasi Jarak .	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.7 Pengujian Presisi Sistem Peringatan Dini Banjir .	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.8 Pengujian Keberhasilan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2 Uji Keberhasilan Sistem Peringatan Dini Banjir .	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Jumlah Kejadian Banjir Tahun 2014 sampai dengan 2019..... 19
- Gambar 2.1 Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2 Waktu Tempuh Gelombang Ultrasonik **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3 Diagram Pewaktu Sensor Ultrasonik **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4 Bentuk Fisis NodeMCU LoL1n V3 ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5 Konfigurasi Pin NodeMCU**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 *Software* Arduino IDE.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7 Aplikasi *Blynk***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8 Tampilan *Widget Controllers*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9 Tampilan *Widget Displays***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10 Tampilan *Widget Notification***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.11 Tampilan *Widget Device Management* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12 Tampilan *Widget Other*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.13 Tampilan *Widget Interface*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.14 Tampilan *Widget Smartphone Sensors* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.15 Simbol *Buzzer***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1 Tahapan-tahapan Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3 Perancangan Sistem Peringatan Dini Banjir **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan *Hardware*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5 Skema Rangkaian.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.6 Diagram Blok Sistem**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.7 Tahapan Pembuatan *Software***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.8 Penginstallan *Blynk* Pada *Smartphone* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.9 (a)Tampilan Awal *Blynk* (b) Mendaftarkan Akun *Blynk* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.10 (a) Tampilan Halaman Depan *Blynk* (b) Membuat Nama Papan Pemantauan.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.11 (a) Notifikasi *Blynk* (b) Kode *Auth* Yang Dikirim ke Email.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.12 Tampilan Awal Papan Pemantauan..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.13 Tampilan *Widget***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.14 Tampilan LCD Pada Papan Pemantauan **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.15 Tampilan LCD Setting**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.16 (a) LCD Setting Kedua (b) Tampilan LCD Pertama dan Kedua
.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3.17 (a) Tampilan *Widget Gauge* (b) Tampilan Gauge Setting..... **Error!**
Bookmark not defined.
Gambar 3.18 (a) Tampilan *Widget Button* (b) Tampilan Button Setting..... **Error!**
Bookmark not defined.
Gambar 3.19 Tampilan Papan Pemantauan Sistem Peringatan Dini Banjir . **Error!**
Bookmark not defined.
Gambar 3.20 Diagram Alir Sistem.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4.1 Perancangan Sistem Peringatan Dini Banjir**Error! Bookmark not**
defined.
Gambar 4.2 Sistem Peringatan Dini Banjir.....**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4.3 Bagian Dalam Box Hitam**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4.4 Tampilan Papan Pemantauan Pada *Blynk* **Error! Bookmark not**
defined.
Gambar 4.5 Tampilan Notifikasi Pada *Blynk*.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian.....	33
Lampiran 2 Kartu Bimbingan	34
Lampiran 3 Observasi EWS di Warungboto.....	37
Lampiran 4 Pembuatan Sistem Peringatan Dini Banjir	38
Lampiran 5 Program Sistem Peringatan Dini Banjir	41
Lampiran 6 Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir	45
Lampiran 7 Data Akurasi	46
Lampiran 8 Perhitungan Akurasi	51
Lampiran 9 Data Presisi	52
Lampiran 10 Perhitungan Presisi	67
Lampiran 11 Data Pengujian Keberhasilan	68
Lampiran 12 Perhitungan Pengujian Keberhasilan.....	73



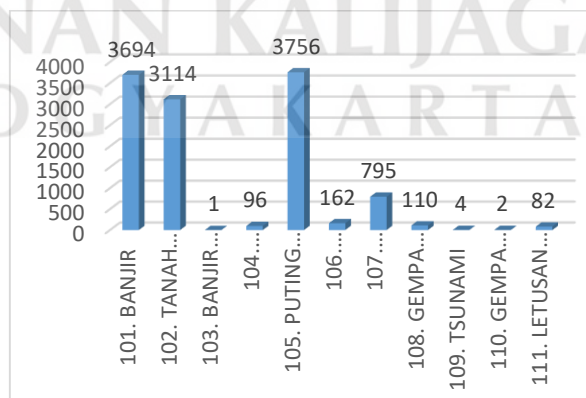
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan peristiwa terjadinya genangan (limpahan) air di area tertentu sebagai akibat meluapnya air sungai, danau ataupun laut yang menimbulkan kerugian baik materi maupun nonmateri terhadap manusia dan lingkungan (Pusat Penanggulangan Krisis, 2007). Banjir merupakan suatu bencana alam yang begitu merugikan dan sudah menjadi tradisi tahunan di beberapa daerah terutama di Indonesia.

Indonesia memiliki lebih dari 5.000 sungai besar dan kecil, 30% diantaranya melewati kawasan padat penduduk, yang tentunya mempunyai potensi terjadinya banjir pada pemukiman yang dilalui oleh aliran sungai (Pusat Penanggulangan Krisis, 2007). Data banjir yang terjadi di Indonesia 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada Gambar 1.1, dimana banjir merupakan urutan kedua bencana alam yang sering terjadi di Indonesia daripada bencana alam yang lain.



Gambar 1.1 Jumlah Kejadian Banjir Tahun 2014 sampai dengan 2019 (Badan Nasional Penganggulangan Bencana, 2019)

Banjir yang sering terjadi pada umumnya mengganggu aktivitas kehidupan serta dapat merugikan manusia. Kerugian yang ditimbulkan antara lain yaitu merusak tempat tinggal, fasilitas masyarakat, fasilitas pendidikan bahkan sampai menimbulkan korban jiwa. Dampak yang disebabkan oleh banjir tergantung skala banjir yang terjadi. Semakin besar banjir yang melanda suatu daerah maka dampak yang ditimbulkan semakin besar pula, begitupun sebaliknya. Data dampak banjir pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Bencana Tahun 2014 sampai Tahun 2019

Jenis Bencana	Jumlah Kejadian	Korban (Jiwa)	Rumah (Unit)	Kerusakan (Unit)
Banjir	3694	2865	47533	4865

Sumber: (Badan Nasional Penganggulangan Bencana, 2019)

Dampak yang ditimbulkan banjir selain mengganggu aktivitas masyarakat, banjir juga dapat memakan korban jiwa. Korban jiwa yang ditimbulkan banjir tergantung pada skala banjir yang terjadi. Banjir dengan skala yang kecil dapat memakan korban jiwa tidak begitu banyak. Namun banjir dengan skala besar dapat memakan korban jiwa yang besar bahkan dapat menghilangkan beberapa bahkan hingga setengah dari kehidupan yang ada di suatu daerah yang terkena banjir.

Dampak banjir dengan skala besar telah dijelaskan Allah SWT dalam Al-Qur'an Surat Al-Ankabut ayat ke 14.

وَلَقَدْ أَرْسَلْنَا نُوحًا إِلَىٰ قَوْمِهِ فَلَبِثَ فِيهِمْ أَلْفَ سَنَةٍ إِلَّا خَمْسِينَ عَامًا فَأَخَذَهُمُ الطُّوفَانُ
وَهُمْ ظَالِمُونَ

Artinya:

”Dan sesungguhnya Kami telah mengutus Nuh kepada Kaumnya, maka ia tinggal diantara mereka seribu tahun kurang lima puluh tahun. Maka mereka timpa banjir besar, dan mereka adalah orang-orang zalim.” (Departemen Agama RI, 2007:397)

Ayat diatas menjelaskan Allah SWT mengutus Nabi Nuh AS kepada kaumnya untuk mengajarkan tauhid. Nabi Nuh AS mengajarkan tauhid selama 950 tahun. Namun selama Nabi Nuh mengajarkan ilmu tauhid, banyak kaumnya yang durhaka dan tidak memenuhi ajarannya, sehingga Allah SWT menurunkan azab kepada kaum Nabi Nuh AS. Azab yang diturunkan berupa banjir yang besar. Hal ini berdampak pada kehidupan manusia pada zamannya Nabi Nuh AS. Banjir yang terjadi pada zamannya Nabi Nuh AS merupakan banjir yang sangat besar hingga dampak yang ditimbulkan tidak sedikit. Dampak yang ditimbulkan antara lain kerugian materi yang besar dan banyaknya korban jiwa yang meninggal akibat banjir bahkan sebagian kehidupan pada zaman itu musnah.

Sebagaimana telah dipaparkan di atas, bahwa dampak banjir besar dapat mengganggu aktivitas kehidupan masyarakat bahkan dapat menimbulkan korban jiwa. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah alat peringatan banjir yang digunakan belum mampu memberi informasi secara

tepat kapan tepatnya banjir terjadi. Alat peringatan banjir ini disebut sebagai sistem peringatan dini banjir atau *Early Warning System* (EWS).

EWS merupakan suatu penyampaian informasi hasil prediksi terhadap sebuah ancaman kepada masyarakat sebelum terjadinya peristiwa yang dapat menimbulkan risiko. EWS banjir yang digunakan terdiri dari *accu*, kontroler, *power amplifier*, *core*, *solar sel*, radio komunikasi dan speaker, dimana masing-masing komponen memiliki fungsi yang berbeda-beda. Salah satu komponen EWS yaitu radio komunikasi memiliki fungsi untuk menyampaikan informasi peringatan banjir kepada masyarakat apabila ketinggian air melebihi batas aman.

EWS selama ini telah banyak membantu masyarakat yang berada di daerah rawan banjir. EWS menyampaikan informasi peringatan banjir kepada warga sekitar yang berada didekat tempat pemasangan EWS sehingga warga dapat bersiap-siap untuk di evakuasi. Namun EWS memiliki kekurangan yaitu belum mampu memberikan informasi ketinggian air yang dapat diakses oleh masyarakat. Informasi ketinggian air yang digunakan sebagai acuan untuk memberikan peringatan yaitu dengan memantau secara langsung ketinggian air di sungai.

Ketinggian air sungai diamati melalui pos pemantauan yang berada di bantaran sungai. Apabila ketinggian air mencapai batas kritis atau diluar batas aman maka penjaga di pos pemantauan akan memberi informasi kepada pos induk BPBD, kemudian pos induk BPBD akan menyampaikan informasi ketinggian air kepada masyarakat melalui radio komunikasi yang berada di pos

pemantauan. Hal ini kurang efisien karena air akan memasuki batas kota sekitar 30 menit sampai 40 menit sehingga masyarakat dapat melakukan evakuasi secara mandiri tidak menunggu air mulai meluap. Sehingga perlu dilakukan pengembangan EWS agar BPBD dapat memantau ketinggian air sungai secara *real-time* serta masyarakat bisa lebih cepat, tepat dan akurat untuk melakukan evakuasi ke daerah yang lebih aman atau titik kumpul yang telah ditentukan.

Penelitian pengembangan EWS telah dilakukan oleh beberapa peneliti yaitu dengan monitoring ketinggian air secara *real-time* menggunakan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik yang digunakan untuk pengembangan EWS ada beberapa macam, salah satunya yaitu tipe PING (Sulistiyowati, Sujono, & Musthofa, 2015). Sensor ultrasonik PING merupakan sensor pengukuran jarak yang sangat sederhana dan sangat mudah dihubungkan dengan mikrokontroler karena hanya memiliki 3 pin saja. Namun sensor ultrasonik PING ini hanya mampu membaca jarak maksimal 2 hingga 3 meter.

Jenis lain sensor ultrasonik yang digunakan untuk pengembangan EWS yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 (Satria, Yana, Munadi, & Syahreza, 2017). Dibandingkan sensor ultrasonik PING, sensor ultrasonik HC-SR04 lebih mudah diperoleh dan lebih murah. Jarak maksimal yang dapat dibaca sensor ultrasonik HC-SR04 lebih jauh dibandingkan sensor ultrasonik PING yaitu 4 meter.

Pengembangan EWS secara *real-time*, selain menggunakan bantuan sensor ultrasonik untuk membaca ketinggian air diperlukan media penyampaian jarak jauh. Salah satu diantaranya berbasis *Short Message Service* (SMS) *gateway* (Sulistiyowati, dkk, 2015). Pada pengembangan EWS ini sistem

peringatan dini banjir dikirim melalui SMS. Namun untuk informasi ketinggian air masih ditampilkan pada LCD yang ada pada sistem sehingga belum mampu untuk dipantau jarak jauh.

Pengembangan EWS yang lain yaitu menggunakan Modul GSM. Pada pengembangan ini informasi ketinggian air sudah dapat diakses oleh semua masyarakat melalui *website* yang telah dibuat melalui *link* yang telah disediakan. Modul GSM digunakan sebagai pemberi peringatan berupa panggilan ke nomor yang telah dicantumkan dalam *sketch* (Arifin, 2018). Namun penyampaian informasi menggunakan SMS maupun modul GSM bergantung pada *provider* telekomunikasi. Apabila *provider* yang digunakan mengalami gangguan seperti cuaca, jangkauan sinyal, dan kesibukan server maka penyampaian informasi akan terganggu.

Untuk mengatasi kekurangan tersebut, perlu dikembangkan EWS yang tidak bergantung pada *provider* telekomunikasi. Mengacu pada perkembangan teknologi, sistem tersebut dapat dibuat menggunakan internet. Hal ini karena sekarang semua informasi dapat diakses melalui internet secara cepat dan praktis. Sehingga untuk menampilkan data ketinggian air sungai digunakan *internet of things* (IoT). IoT merupakan salah satu perkembangan teknologi internet pada saat ini. IoT merupakan salah satu layanan bagi masyarakat untuk mendapatkan informasi serta fasilitas teknologi komunikasi yang canggih.

Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT). Perancangan ini dilakukan agar dapat dijadikan acuan untuk membuat sistem

peringatan dini banjir serta dapat mengetahui prinsip kerja dari sistem yang telah dibuat. Selain untuk mengetahui prinsip kerja dari sistem yang telah dibuat, perancangan ini digunakan untuk menentukan pin-pin dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan *buzzer* yang akan dihubungkan dengan pin-pin dari NodeMCU LoL1n V3 agar menjadi satu kesatuan dan membentuk sebuah sistem.

Perancangan sistem peringatan dini banjir yang telah dibuat dijadikan acuan untuk membuat sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan IoT yang menggunakan *blynk* dalam penyampaian informasinya. Sistem peringatan dini banjir ini dilengkapi sensor ultrasonik HC-SR04 yang akan digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air, dan NodeMCU yang digunakan untuk menyambungkan informasi dari sensor ke *blynk*.

Sistem peringatan dini yang telah dibuat, nantinya perlu diuji terlebih dahulu untuk skala laboratorium. Hal ini dilakukan agar mengetahui kinerja sistem peringatan dini apakah sistem ini dapat bekerja atau tidak, apakah sensor ultrasonik HC-SR04 dapat membaca jarak sensor dengan permukaan air atau tidak. Selain mengetahui kinerja sistem juga untuk mengetahui apakah NodeMCU dapat menyambungkan informasi ke *blynk* atau tidak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT)?
2. Bagaimana membuat sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT)?
3. Bagaimana kinerja sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT) pada skala laboratorium?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merancang sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT).
2. Membuat sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT).
3. Pengujian sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik dan *internet of things* (IoT) pada skala laboratorium.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan pada perancangan sistem adalah *software Fritzing* dan Visio;
2. Sensor yang digunakan sensor ultrasonik HC-SR04, karena sensor ultrasonik HC-SR04 mampu membaca jarak sampai 4 meter;

3. Mikrokontroler yang digunakan NodeMCU LoL1n V3, karena NodeMCU sudah terdapat fitur WiFi sehingga tidak memerlukan tambahan mikrokontroler;
4. *Internet of things* yang digunakan *blynk*;
5. *Blynk* ditampilkan pada *smartphone*;
6. Peringatan untuk petugas di pos pemantauan menggunakan *buzzer*;
7. Informasi kinerja sistem peringatan dini meliputi akurasi dan presisi;

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian sistem peringatan dini banjir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini mampu memberikan informasi ketinggian air sungai secara *real-time* yang dapat dipantau jarak jauh.
2. Penelitian ini mampu memberikan peringatan apabila ketinggian air melebihi batas aman berupa notifikasi pada *smartphone* untuk pihak BPBD terkait serta *buzzer* untuk memberikan peringatan kepada pihak pemantauan yang berada di pos pemantauan.
3. Penelitian ini mampu memberikan peringatan dini sejak awal sehingga memberikan waktu yang lebih lama untuk melakukan evakuasi dengan demikian dapat mengurangi jatuhnya korban jiwa akibat banjir.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, serta pengujian sistem peringatan dini banjir pada skala laboratorium yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem peringatan dini banjir telah berhasil dirancang dan dibuat menggunakan *software Fritzing* dan *visio* serta menggunakan beberapa komponen antara lain sensor ultrasonik HC-SR04, NodeMCU LoLin V3, *buzzer* serta dilengkapi dengan *charger adaptor*. Hasil pemantauan jarak sensor dengan permukaan air dapat dilihat melalui aplikasi *blinky* yang ada di *smartphone*.

Sistem peringatan dini banjir telah diuji pada skala laboratorium. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian akurasi, presisi dan tingkat keberhasilan. Hasil yang diperoleh dari pengujian akurasi sebesar 97,266 %, presisi *repeatability* sebesar 98,120% dan presisi *reproducibility* sebesar 98,340% , serta tingkat keberhasilan sebesar 97,857%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem ini dapat diaplikasikan sebagai sistem peringatan dini banjir.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, masih ditemukan beberapa kendala selama proses pembuatan dan pengujian skala laboratorium. Oleh karena itu, pada pengembangan selanjutnya disarankan agar sistem peringatan dini banjir ini diinstalasikan di lapangan yakni di

sungai. Hal ini agar dapat membantu pihak BPBD yang terkait untuk memantau jarak sensor dengan permukaan air secara *real-time*. Saran berikutnya yakni agar sistem peringatan dini banjir diuji pada skala lapangan karena pada penelitian ini sistem hanya diuji pada skala laboratorium. Hal ini dapat digunakan untuk mengetahui bagaimana kinerja dari sistem yang telah dibuat pada skala lapangan.



DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. (2018). *Prototipe Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Sensor Ultrasonik Yang Dapat Diakses Melalui Internet*. UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Badan Nasional Penganggulangan Bencana. (2019). Badan Nasional Penganggulangan Bencana (BNPB). Diambil 21 Januari 2019, dari dibi.bnpb.go.id
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Pringsewu. (2017). Peringatan Dini. Diambil 24 Juni 2019, dari <http://bpb.d.pringsewukab.go.id/peringatan-dini/>
- Departemen Agama RI. (2007). *Al-Qur'an dan Terjemahannya Al-Jumanatul'ali*. Bandung: CV Penerbit J-Art.
- Doshi, H. S., Shah, M., & Shaikh, U. S. A. (2017). Internet of Things (IoT): Integration Of Blynk For Domestic Usability, *1*(4), 149–157.
- Dwiatmaja, A. W. (2013). *Rancang Bangun Sistem Deteksi Daging Ayam Tiren Berbasis Resistansi Dan Mikrokontroler ATmega8*. Universita Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Eridani, D., & Windarto, Y. E. (2017). Desain Monitor Dan Kontrol Jarak Jauh Prototipe Ruang Cerdas Menggunakan Papan Intel Galileo Sebagai Implementasi Internet of Things, *7*(2), 65–68.
- Fraden, J. (2004). *Handbook Of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications* (3rd ed). California: Springer.
- Freaks, E. (2011). Ultrasonic Ranging Modul HC-SR04. Diambil 8 Juni 2019, dari <http://www.elekfreaks.com/store/hcsr04-ultrasonic-sensor-distance-measuring-module-ultra01-p-91.html>
- Hirose, A., & Langgren, K. E. (1985). *Introduction To Wave Phenomena*. Canada: John Wiley & Son.
- Junaidi, A. (2015). Internet of Things , Sejarah , Teknologi Dan Penerapannya : Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan (JITTER)*, *1*(3), 62–66.
- Morris, A. S., & Langari, R. (2012). *Measurement and Instrumentation Theory and Application*. California: Imprint Elsevier.

- Ningsih, Y. R. (2014). *Pembangunan Aplikasi Game Edukasi Cegah Banjir*. Universitas Komputer Indonesia, Bandung.
- Nugraha, F. (2016). *Tugas Sensor Ultrasonik HC-SR04*. Makasar.
- Prasasti, I., Sofan, P., Febrianti, N., & Suprpto, T. (2015). *Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Mitigasi Bencana Banjir* (Edisi 1). Bogor: IPB Press.
- Pusat Penanggulangan Krisis. (2007). *Buku Banjir. Departemen Kesehatan Republik Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Rahmawati, V., & Efendi, A. T. (2017). *Sistem Pengendali Pintu Berbasis WEB Menggunakan NodeMCu 8266*. STMIK AKAKOM Yogyakarta.
- Rakhmadi, F. A. (2017). *Keterpaduan Islam dan Sains*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Riyanto. (2014). *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Romdloni, M. N. S., Alfita, R., & Nahari, R. V. (2017). Prototype Sistem Monitoring dan Pengendalian Pintu Air Otomatis Sebagai Peringatan Dini Bahaya Banjir Berbasis Internet of Things. *Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya*, 377–385.
- Satria, D., Yana, S., Munadi, R., & Syahreza, S. (2017). Sistem Peringatan Dini Banjir Secara Real-Time Berbasis Web Menggunakan Arduino dan Ethernet. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 1(1), 1–6.
- Sinar Arduino. (2016). Mengenal Arduino Software (IDE). Diambil 28 Februari 2019, dari <https://www.sinarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>
- Sulistyowati, R., & Febriantoro, D. D. (2012). Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal IPTEK Vol 16 No.1 Mei 2012*, 16(1), 24–32. Diambil dari <http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2013/06/4.-RINY-FINAL-hal-24-32.pdf>
- Sulistyowati, R., Sujono, H. A., & Musthofa, A. K. (2015). Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler dengan Media Komunikasi SMS Gate Way, 49–58.

- Sumarno, Irawan, B., & Brianorma, Y. (2013). Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Mikrokontroler ATmega 16 Dengan Buzzer Dan Short Message Service (SMS). *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, 1(1). Diambil dari <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jcskommipa/article/view/2317>
- Suryono. (2018). *Teknologi Sensor: Konsep Fisis dan Teknik Akuisisi Data Berbasis Mikrokontroler 32 Bit ATSAM3X8E (Arduino DUE)*. (H. Fitriyani, Ed.) (Edisi 1). Semarang: Undip Press.
- Tafsir Ibnu Katsir. (2015a). Tafsir Surat Al-Maidah Ayat 1-2. Diambil 17 Maret 2019, dari <http://www.ibnukatsironline.com/2015/05/tafsir-surat-al-maidah-ayat-1-2.html>
- Tafsir Ibnu Katsir. (2015b). Tafsir Surat Saba Ayat 15-17. Diambil 17 Maret 2019, dari <http://www.ibnukatsironline.com/2015/09/tafsir-surat-saba-ayat-15-17.html>
- Wardani, F. M. (2017). *Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Tangki Pendam SPBU Berbasis ModeMCU dan Internet of Things (IoT) Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Koreksi Temperatur*. UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Yuliza, & Panguribuan, H. (2016). Rancang Bangun Kompor Listrik Digital IoT, 7(3), 187–192.
- Zetri, R. N. (2013). *Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Melalui Sms Berbasis Mikrokontroler Pic16F877a*. Universitas Islam Negeri Sulthan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LAMPIRAN

Lampiran 1

Surat Izin Penelitian



PEMERINTAH KOTA YOGYAKARTA
BADAN PENANGGULANGAN BENCANA DAERAH

Jl. Kenari No. 56 Yogyakarta Kode Pos : 55165 Telp. 08112828911
EMAIL : bpbdd@jogjakota.go.id HOTLINE SMS : 08122780001
HOTLINE EMAIL : upik@jogjakota.go.id
WEBSITE : www@jogjakota.go.id

SURAT TUGAS

Nomor : 800 / 652

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hari Wahyudi, SE
NIP : 19650206 199203 1 009
Jabatan : Kepala Pelaksana
Instansi : Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Yogyakarta
Alamat : Komplek Balaikota Yogyakarta Jln Kenari No 56 Umbulharjo, YK
selanjutnya disebut Pemberi Tugas

Dengan ini memberi kuasa kepada:

Nama : Suyatman, SE
Tempat, Tanggal lahir : Bantul, 14 Maret 1980
Jabatan : Administrator / PUSDALOPS PB BPBD Kota Yogyakarta
Instansi : BPBD Kota Yogyakarta
Alamat : Komplek Balai Kota Timoho Jln Kenari No.56 Timoho Yogyakarta

selanjutnya disebut Penerima Tugas

Untuk dapat membimbing penyusunan tugas akhir kepada :

Nama : Nur Khayati
No Mahasiswa : 15620033
Jurusan : Fisika (Instrumentasi) UIN Sunan Kalijaga

Yang akan dilaksanakan pada :

Tanggal : 25 April 2019 s/d selesai
Tempat : - Kantor BPBD Kota Yogyakarta
- Lokasi EWS Sungai di Kota Yogyakarta
Acara : Kajian dan Bimbingan Tugas Akhir
Judul : Rancang bangun dan pengujian skala laboratorium sistem peringatan dini banjir berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 dan Internet of Things (IoT)

Demikian Surat Tugas ini diberikan agar dapat dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab

Ditetapkan di Yogyakarta
Pada tanggal 30 April 2019
Kepala Pelaksana



Hari Wahyudi, SE
NIP 19650206 199203 1 009

Lampiran 2

Kartu Bimbingan



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-02/R0

KARTU BIMBINGAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nama mahasiswa : Nur Khayati
 NIM : 15620033
 Pembimbing : Frida Agung Rakhmadi, M.Sc.
 Judul : Rancang Bangun dan Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan *Internet of Things* (IoT)
 Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
 Program Studi : FISIKA

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	Materi Bimbingan	Tanda tangan Pembimbing
1.	18 Februari 2019		outline skripsi	
2.	21 Februari 2019		outline skripsi	
3.	4 Maret 2019		Proposal skripsi BAB I	
4.	11 Maret 2019		Proposal skripsi BAB II dan I	
5.	18 Maret 2019		Proposal skripsi BAB I, II, dan III	
6.	25 Maret 2019		Proposal skripsi BAB I, II, dan IV	
7.	4 Juli 2019		outline Pembahasan	
8.	5 Juli 2019		BAB IV	

Yogyakarta, 5 Juli 2019
 Pembimbing

Frida Agung Rakhmadi, M.Sc.
 NIP. 19780510 200501 1 003



KARTU BIMBINGAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nama mahasiswa : Nur Khayati
NIM : 15620033
Pembimbing : Frida Agung Rakhmadi, M.Sc.
Judul : Rancang Bangun dan Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan *Internet of Things* (IoT)
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Program Studi : FISIKA

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	Materi Bimbingan	Tanda tangan Pembimbing
1.	18 Juli 2019		BAB IV	
2.	23 Juli 2019		BAB IV, BAB V, Abstract	

Yogyakarta, 25 Juli 2019

Pembimbing

Frida Agung Rakhmadi, M.Sc.
NIP. 19780510 200501 1 003

**KARTU BIMBINGAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nama mahasiswa : Nur Khayati
NIM : 15620033
Pembimbing : Suyatman, S.E.
Judul : Rancang Bangun dan Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan *Internet of Things* (IoT)
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Program Studi : FISIKA

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	Materi Bimbingan	Tanda tangan Pembimbing
1.	28 Januari 2019		Diskusi EWS yang sudah ada.	
2.	20 Februari 2019		Observasi EWS Banjir di Warungboto	
3.	25 Maret 2019		BAB I, BAB II, BAB III	
4.	2 April 2019		BAB I, BAB II, BAB III	
5.	9 April 2019		BAB I, BAB II, BAB III	
6.	6 Mei 2019		Konsultasi Alat	
7.	30 Juli 2019		Konsultasi sistem, skripsi full BAB	
8.	2 Agustus 2019		Skripsi semua BAB	

Yogyakarta, 30 Juli 2019
Pembimbing

Suyatman, S.E.
NIP. -

Lampiran 3

Observasi EWS di Warungboto



EWS dipinggir sungai Warungboto



Tampak Dalam EWS

c. Pengecekan Komponen



d. Penggabungan Alat



2. Pembuatan *Software*

a. Penulisan *Sketch*



b. Pemasangan *Sketch*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Lampiran 5

Program Sistem Peringatan Dini Banjir

1. `#define BLYNK_PRINT Serial`
2. `#include <ESP8266WiFi.h>`
3. `#include <BlynkSimpleEsp8266.h>`
4. `#define TRIGGERPIN D5`
5. `#define ECHOPIN D6`
6. `#define Buzzer D8`
7. `char auth[] = "8aca8a223b6a4e16880221debd7c69b7";`
8. `char ssid[] = "Andromax A16C3H";`
9. `char pass[] = "makanyamodaldong";`
10. `WidgetLCD lcd(V1);`
11. `WidgetLCD LCD(V7);`
12. `void setup()`
13. `{`
14. `// Debug console`
15. `Serial.begin(9600);`
16. `pinMode(TRIGGERPIN, OUTPUT);`
17. `pinMode(ECHOPIN, INPUT);`

```
18. pinMode (Buzzer, OUTPUT);
19. Blynk.begin(auth, ssid, pass);
20. lcd.clear();
21. lcd.print(4, 0, "Jarak (cm)");
22. }

23. void loop()
24. {
25. lcd.clear();
26. lcd.print(4, 0, "Jarak (cm)");
27. long duration, distance;
28. digitalWrite(TRIGGERPIN, LOW);
29. delayMicroseconds(3);
30. digitalWrite(TRIGGERPIN, HIGH);
31. delayMicroseconds(12);
32. digitalWrite(TRIGGERPIN, LOW);
33. duration = pulseIn(ECHOPIN, HIGH);
34. distance = 0.0343*duration/2;
35. Serial.print(distance);
36. Serial.println("cm");
37. lcd.print(7, 1, distance);
```

```
38. BLYNK_READ(V6);

39. Blynk.virtualWrite(V6,distance);

40. Blynk.virtualWrite(D8, HIGH);

41. Blynk.setProperty(D8, "onLabel","ON");

42. Blynk.setProperty(D8, "offLabel","OFF");

43. if (distance>151)
44. {
45. LCD.clear();
46. LCD.print(2, 0, "Status Level:   NORMAL");
47. delay(500);
48. }

49. if (distance<150)
50. {
51. LCD.clear();
52. LCD.print(2, 0, "Status Level:   WASPADA");
53. delay(500);
54. }

55. if (distance<100)
56. {
57. LCD.clear();
```

```
58. LCD.print(2, 0, "Status Level:  SIAGA");
```

```
59. Blynk.notify("SIAGA BANJIR");
```

```
60. delay(500);
```

```
61. }
```

```
62. if (distance<50)
```

```
63. {
```

```
64. LCD.clear();
```

```
65. LCD.print(2, 0, "Status Level:  AWAS");
```

```
66. Blynk.notify("AWAS BANJIR!!!!!!!!");
```

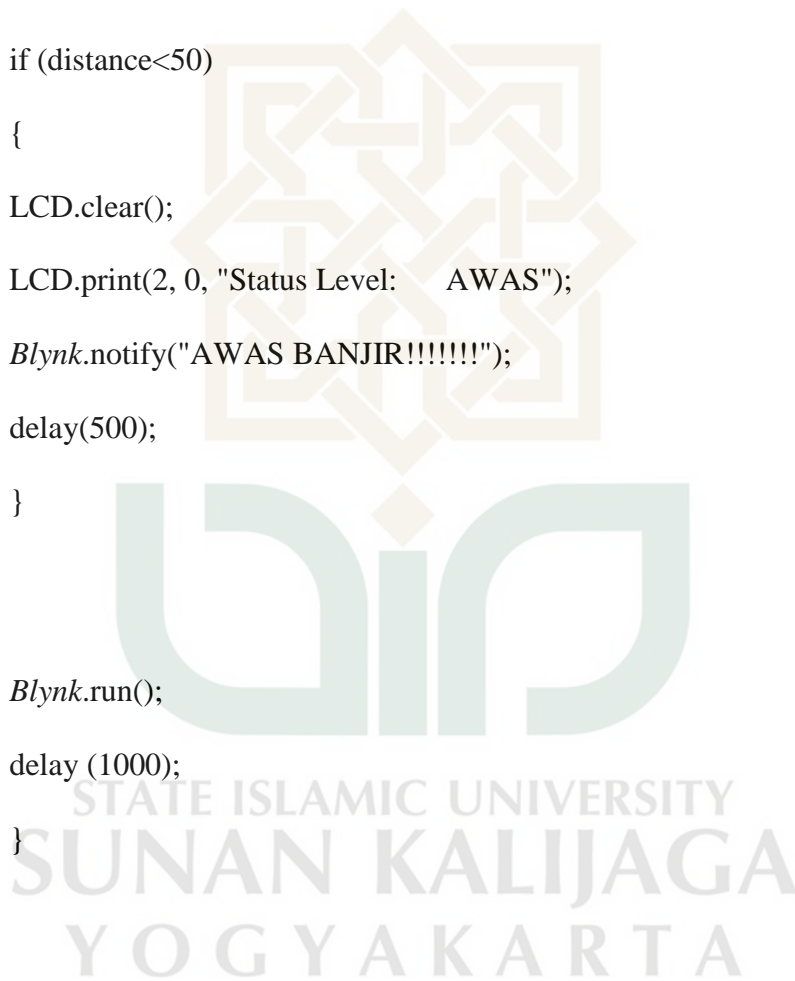
```
67. delay(500);
```

```
68. }
```

```
69. Blynk.run();
```

```
70. delay (1000);
```

```
71. }
```



Lampiran 6

Pengujian Skala Laboratorium Sistem Peringatan Dini Banjir

1. Pengujian Akurasi



2. Pengujian Presisi



Lampiran 7

Data Akurasi

No	Jarak Sensor dengan Permukaan Air (cm)		$X \times Y$	X^2	Y^2	Status Level Standart	Status Level Bacaan Sistem	Akurasi
	Meteran (Y)	Blynk (X)						
1	200	198	39600	39204	40000	Normal	Normal	99.000
2	199	196	39004	38416	39601	Normal	Normal	98.492
3	198	197	39006	38809	39204	Normal	Normal	99.495
4	197	195	38415	38025	38809	Normal	Normal	98.985
5	196	193	37828	37249	38416	Normal	Normal	98.469
6	195	191	37245	36481	38025	Normal	Normal	97.949
7	194	191	37054	36481	37636	Normal	Normal	98.454
8	193	190	36670	36100	37249	Normal	Normal	98.446
9	192	188	36096	35344	36864	Normal	Normal	97.917
10	191	189	36099	35721	36481	Normal	Normal	98.953
11	190	187	35530	34969	36100	Normal	Normal	98.421
12	189	185	34965	34225	35721	Normal	Normal	97.884
13	188	182	34216	33124	35344	Normal	Normal	96.809
14	187	180	33660	32400	34969	Normal	Normal	96.257
15	186	178	33108	31684	34596	Normal	Normal	95.699
16	185	176	32560	30976	34225	Normal	Normal	95.135
17	184	175	32200	30625	33856	Normal	Normal	95.109
18	183	173	31659	29929	33489	Normal	Normal	94.536
19	182	171	31122	29241	33124	Normal	Normal	93.956
20	181	170	30770	28900	32761	Normal	Normal	93.923
21	180	168	30240	28224	32400	Normal	Normal	93.333
22	179	167	29893	27889	32041	Normal	Normal	93.296
23	178	164	29192	26896	31684	Normal	Normal	92.135
24	177	162	28674	26244	31329	Normal	Normal	91.525
25	176	161	28336	25921	30976	Normal	Normal	91.477
26	175	160	28000	25600	30625	Normal	Normal	91.429
27	174	158	27492	24964	30276	Normal	Normal	90.805
28	173	156	26988	24336	29929	Normal	Normal	90.173
29	172	154	26488	23716	29584	Normal	Normal	89.535
30	171	153	26163	23409	29241	Normal	Normal	89.474
31	170	151	25670	22801	28900	Normal	Normal	88.824
32	169	149	25181	22201	28561	Normal	Waspada	88.166
33	168	146	24528	21316	28224	Normal	Waspada	86.905
34	167	143	23881	20449	27889	Normal	Waspada	85.629
35	166	141	23406	19881	27556	Normal	Waspada	84.940
36	165	138	22770	19044	27225	Normal	Waspada	83.636

No	Jarak Sensor dengan Permukaan Air (cm)		$X \times Y$	X^2	Y^2	Status Level Standart	Status Level Bacaan Sistem	Akurasi
	Meter	Blynk						
	an (Y)	(X)						
37	164	136	22304	18496	26896	Normal	Waspada	82.927
38	163	134	21842	17956	26569	Normal	Waspada	82.209
39	162	132	21384	17424	26244	Normal	Waspada	81.481
40	161	131	21091	17161	25921	Normal	Waspada	81.366
41	160	130	20800	16900	25600	Normal	Waspada	81.250
42	159	128	20352	16384	25281	Normal	Waspada	80.503
43	158	127	20066	16129	24964	Normal	Waspada	80.380
44	157	125	19625	15625	24649	Normal	Waspada	79.618
45	156	124	19344	15376	24336	Normal	Waspada	79.487
46	155	123	19065	15129	24025	Normal	Waspada	79.355
47	154	121	18634	14641	23716	Normal	Waspada	78.571
48	153	119	18207	14161	23409	Normal	Waspada	77.778
49	152	118	17936	13924	23104	Normal	Waspada	77.632
50	151	116	17516	13456	22801	Normal	Waspada	76.821
51	150	115	17250	13225	22500	Normal	Waspada	76.667
52	149	113	16837	12769	22201	Waspada	Waspada	75.839
53	148	110	16280	12100	21904	Waspada	Waspada	74.324
54	147	111	16317	12321	21609	Waspada	Waspada	75.510
55	146	110	16060	12100	21316	Waspada	Waspada	75.342
56	145	108	15660	11664	21025	Waspada	Waspada	74.483
57	144	105	15120	11025	20736	Waspada	Waspada	72.917
58	143	103	14729	10609	20449	Waspada	Waspada	72.028
59	142	105	14910	11025	20164	Waspada	Waspada	73.944
60	141	102	14382	10404	19881	Waspada	Waspada	72.340
61	140	104	14560	10816	19600	Waspada	Waspada	74.286
62	139	101	14039	10201	19321	Waspada	Waspada	72.662
63	138	100	13800	10000	19044	Waspada	Waspada	72.464
64	137	101	13837	10201	18769	Waspada	Waspada	73.723
65	136	100	13600	10000	18496	Waspada	Waspada	73.529
66	135	98	13230	9604	18225	Waspada	Siaga	72.593
67	134	97	12998	9409	17956	Waspada	Siaga	72.388
68	133	95	12635	9025	17689	Waspada	Siaga	71.429
69	132	94	12408	8836	17424	Waspada	Siaga	71.212
70	131	93	12183	8649	17161	Waspada	Siaga	70.992
71	130	101	13130	10201	16900	Waspada	Siaga	77.692
72	129	99	12771	9801	16641	Waspada	Siaga	76.744
73	128	97	12416	9409	16384	Waspada	Siaga	75.781
74	127	96	12192	9216	16129	Waspada	Siaga	75.591
75	126	95	11970	9025	15876	Waspada	Siaga	75.397
76	125	93	11625	8649	15625	Waspada	Siaga	74.400

No	Jarak Sensor dengan Permukaan Air (cm)		$X \times Y$	X^2	Y^2	Status Level Standart	Status Level Bacaan Sistem	Akurasi
	Meter an (Y)	Blynk (X)						
	77	124						
78	123	90	11070	8100	15129	Waspada	Siaga	73.171
79	122	87	10614	7569	14884	Waspada	Siaga	71.311
80	121	86	10406	7396	14641	Waspada	Siaga	71.074
81	120	89	10680	7921	14400	Waspada	Siaga	74.167
82	119	86	10234	7396	14161	Waspada	Siaga	72.269
83	118	84	9912	7056	13924	Waspada	Siaga	71.186
84	117	82	9594	6724	13689	Waspada	Siaga	70.085
85	116	84	9744	7056	13456	Waspada	Siaga	72.414
86	115	81	9315	6561	13225	Waspada	Siaga	70.435
87	114	80	9120	6400	12996	Waspada	Siaga	70.175
88	113	79	8927	6241	12769	Waspada	Siaga	69.912
89	112	81	9072	6561	12544	Waspada	Siaga	72.321
90	111	78	8658	6084	12321	Waspada	Siaga	70.270
91	110	80	8800	6400	12100	Waspada	Siaga	72.727
92	109	79	8611	6241	11881	Waspada	Siaga	72.477
93	108	76	8208	5776	11664	Waspada	Siaga	70.370
94	107	78	8346	6084	11449	Waspada	Siaga	72.897
95	106	75	7950	5625	11236	Waspada	Siaga	70.755
96	105	73	7665	5329	11025	Waspada	Siaga	69.524
97	104	71	7384	5041	10816	Waspada	Siaga	68.269
98	103	72	7416	5184	10609	Waspada	Siaga	69.903
99	102	70	7140	4900	10404	Waspada	Siaga	68.627
100	101	68	6868	4624	10201	Waspada	Siaga	67.327
101	100	70	7000	4900	10000	Waspada	Siaga	70.000
102	99	67	6633	4489	9801	Siaga	Siaga	67.677
103	98	69	6762	4761	9604	Siaga	Siaga	70.408
104	97	67	6499	4489	9409	Siaga	Siaga	69.072
105	96	64	6144	4096	9216	Siaga	Siaga	66.667
106	95	66	6270	4356	9025	Siaga	Siaga	69.474
107	94	63	5922	3969	8836	Siaga	Siaga	67.021
108	93	68	6324	4624	8649	Siaga	Siaga	73.118
109	92	69	6348	4761	8464	Siaga	Siaga	75.000
110	91	67	6097	4489	8281	Siaga	Siaga	73.626
111	90	64	5760	4096	8100	Siaga	Siaga	71.111
112	89	67	5963	4489	7921	Siaga	Siaga	75.281
113	88	63	5544	3969	7744	Siaga	Siaga	71.591
114	87	65	5655	4225	7569	Siaga	Siaga	74.713
115	86	62	5332	3844	7396	Siaga	Siaga	72.093
116	85	60	5100	3600	7225	Siaga	Siaga	70.588

No	Jarak Sensor dengan Permukaan Air (cm)		$X \times Y$	X^2	Y^2	Status Level Standart	Status Level Bacaan Sistem	Akurasi
	Meter	<i>Blynk</i>						
	an (Y)	(X)						
117	84	58	4872	3364	7056	Siaga	Siaga	69.048
118	83	60	4980	3600	6889	Siaga	Siaga	72.289
119	82	57	4674	3249	6724	Siaga	Siaga	69.512
120	81	60	4860	3600	6561	Siaga	Siaga	74.074
121	80	58	4640	3364	6400	Siaga	Siaga	72.500
122	79	56	4424	3136	6241	Siaga	Siaga	70.886
123	78	59	4602	3481	6084	Siaga	Siaga	75.641
124	77	57	4389	3249	5929	Siaga	Siaga	74.026
125	76	53	4028	2809	5776	Siaga	Siaga	69.737
126	75	59	4425	3481	5625	Siaga	Siaga	78.667
127	74	57	4218	3249	5476	Siaga	Siaga	77.027
128	73	55	4015	3025	5329	Siaga	Siaga	75.342
129	72	53	3816	2809	5184	Siaga	Siaga	73.611
130	71	50	3550	2500	5041	Siaga	Siaga	70.423
131	70	51	3570	2601	4900	Siaga	Siaga	72.857
132	69	49	3381	2401	4761	Siaga	Siaga	71.014
133	68	47	3196	2209	4624	Siaga	Siaga	69.118
134	67	50	3350	2500	4489	Siaga	Siaga	74.627
135	66	48	3168	2304	4356	Siaga	Awas	72.727
136	65	46	2990	2116	4225	Siaga	Awas	70.769
137	64	50	3200	2500	4096	Siaga	Awas	78.125
138	63	47	2961	2209	3969	Siaga	Awas	74.603
139	62	43	2666	1849	3844	Siaga	Awas	69.355
140	61	46	2806	2116	3721	Siaga	Awas	75.410
141	60	44	2640	1936	3600	Siaga	Awas	73.333
142	59	42	2478	1764	3481	Siaga	Awas	71.186
143	58	40	2320	1600	3364	Siaga	Awas	68.966
144	57	41	2337	1681	3249	Siaga	Awas	71.930
145	56	39	2184	1521	3136	Siaga	Awas	69.643
146	55	42	2310	1764	3025	Siaga	Awas	76.364
147	54	40	2160	1600	2916	Siaga	Awas	74.074
148	53	43	2279	1849	2809	Siaga	Awas	81.132
149	52	41	2132	1681	2704	Siaga	Awas	78.846
150	51	44	2244	1936	2601	Siaga	Awas	86.275
151	50	41	2050	1681	2500	Siaga	Awas	82.000
152	49	40	1960	1600	2401	Awas	Awas	81.633
153	48	42	2016	1764	2304	Awas	Awas	87.500
154	47	40	1880	1600	2209	Awas	Awas	85.106
155	46	38	1748	1444	2116	Awas	Awas	82.609
156	45	41	1845	1681	2025	Awas	Awas	91.111

No	Jarak Sensor dengan Permukaan Air (cm)		$X \times Y$	X^2	Y^2	Status Level Standart	Status Level Bacaan Sistem	Akurasi
	Meteran (Y)	Blynk (X)						
157	44	39	1716	1521	1936	Awas	Awas	88.636
158	43	36	1548	1296	1849	Awas	Awas	83.721
159	42	38	1596	1444	1764	Awas	Awas	90.476
160	41	35	1435	1225	1681	Awas	Awas	85.366
161	40	32	1280	1024	1600	Awas	Awas	80.000
162	39	34	1326	1156	1521	Awas	Awas	87.179
163	38	30	1140	900	1444	Awas	Awas	78.947
164	37	33	1221	1089	1369	Awas	Awas	89.189
165	36	31	1116	961	1296	Awas	Awas	86.111
166	35	32	1120	1024	1225	Awas	Awas	91.429
167	34	29	986	841	1156	Awas	Awas	85.294
168	33	26	858	676	1089	Awas	Awas	78.788
169	32	24	768	576	1024	Awas	Awas	75.000
170	31	25	775	625	961	Awas	Awas	80.645
171	30	26	780	676	900	Awas	Awas	86.667
Jumlah	19665	15953	2236090	1897223	2678145			

Lampiran 8

Perhitungan Akurasi

$$\begin{aligned}r &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \\&= \frac{(171 \times 2236090) - (15953 \times 19665)}{\sqrt{[171 \times 1897223 - (15953)^2][171 \times 2678145 - (19665)^2]}} \\&= \frac{382371390 - 313715745}{\sqrt{[324425133 - 254498209][457962795 - 386712225]}} \\&= \frac{68655645}{\sqrt{69926924 \times 71250570}} \\&= \frac{68655645}{70585644,39} \\&= 0,97266\end{aligned}$$

$$Akurasi = r \times 100\%$$

$$Akurasi = 0,97266 \times 100\%$$

$$Akurasi = 97,266\%$$

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Lampiran 9

Data Presisi

a. *Repeatability*

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	200	198	197	198	197	197	196	198	197	196	198	197,2	0,748	0,379	99,621
2	199	196	195	196	195	196	194	196	195	197	196	195,6	0,800	0,409	99,591
3	198	197	196	194	196	195	195	197	196	197	196	195,9	0,943	0,482	99,518
4	197	195	194	195	195	194	196	195	194	195	194	194,7	0,640	0,329	99,671
5	196	193	192	193	193	195	194	196	195	193	195	193,9	1,221	0,630	99,370
6	195	191	190	191	191	193	190	194	193	191	193	191,7	1,345	0,702	99,298
7	194	193	191	192	190	191	191	192	191	194	194	191,9	1,300	0,677	99,323
8	193	190	189	190	190	192	189	193	192	190	192	190,7	1,345	0,705	99,295
9	192	188	190	189	188	188	191	189	189	188	188	188,8	0,980	0,519	99,481
10	191	189	188	187	189	186	189	187	186	189	186	187,6	1,281	0,683	99,317
11	190	187	186	185	187	184	187	185	184	186	184	185,5	1,204	0,649	99,351
12	189	185	184	183	185	182	185	183	182	185	182	183,6	1,281	0,698	99,302
13	188	182	181	180	182	183	183	184	183	182	183	182,3	1,100	0,603	99,397
14	187	180	179	178	180	180	179	181	180	180	180	179,7	0,781	0,435	99,565
15	186	178	177	176	178	175	175	176	175	178	175	176,3	1,269	0,720	99,280
16	185	176	175	174	176	173	173	174	173	176	173	174,3	1,269	0,728	99,272
17	184	175	174	173	175	172	172	173	172	175	172	173,3	1,269	0,732	99,268
18	183	173	172	171	173	170	170	171	170	173	170	171,3	1,269	0,741	99,259
19	182	171	170	169	171	168	168	169	168	171	168	169,3	1,269	0,749	99,251
20	181	170	169	168	170	167	167	168	167	170	167	168,3	1,269	0,754	99,246

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
21	180	168	167	166	168	165	165	166	165	168	165	166,3	1,269	0,763	99,237
22	179	167	166	165	167	164	164	165	164	167	164	165,3	1,269	0,768	99,232
23	178	164	163	162	164	161	161	162	161	164	161	162,3	1,269	0,782	99,218
24	177	162	161	160	162	159	159	160	159	162	159	160,3	1,269	0,792	99,208
25	176	161	160	159	161	158	158	159	158	161	158	159,3	1,269	0,797	99,203
26	175	160	159	158	160	157	157	158	157	160	157	158,3	1,269	0,802	99,198
27	174	158	157	156	158	155	155	156	155	158	155	156,3	1,269	0,812	99,188
28	173	156	155	154	156	153	153	154	153	156	153	154,3	1,269	0,822	99,178
29	172	154	153	152	154	151	151	152	151	154	151	152,3	1,269	0,833	99,167
30	171	153	152	151	153	150	150	151	150	153	150	151,3	1,269	0,839	99,161
31	170	151	150	149	151	148	148	149	148	151	148	149,3	1,269	0,850	99,150
32	169	149	148	147	149	146	146	147	146	149	146	147,3	1,269	0,861	99,139
33	168	146	145	144	146	143	143	144	143	146	143	144,3	1,269	0,879	99,121
34	167	143	142	141	143	140	140	141	140	143	140	141,3	1,269	0,898	99,102
35	166	141	140	139	141	138	138	139	138	141	138	139,3	1,269	0,911	99,089
36	165	138	137	136	138	135	135	136	135	138	135	136,3	1,269	0,931	99,069
37	164	136	135	134	136	133	133	134	133	136	133	134,3	1,269	0,945	99,055
38	163	134	133	132	134	131	131	132	131	134	131	132,3	1,269	0,959	99,041
39	162	132	131	130	132	129	129	130	129	132	129	130,3	1,269	0,974	99,026
40	161	131	130	129	131	128	128	129	128	131	128	129,3	1,269	0,981	99,019
41	160	130	129	128	130	127	127	128	127	130	127	128,3	1,269	0,989	99,011
42	159	128	127	126	128	125	125	126	125	128	125	126,3	1,269	1,005	98,995
43	158	127	126	125	127	124	124	125	124	127	124	125,3	1,269	1,013	98,987
44	157	125	124	123	125	122	122	123	122	125	122	123,3	1,269	1,029	98,971
45	156	124	123	122	124	121	121	122	121	124	121	122,3	1,269	1,037	98,963

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
46	155	123	122	121	123	120	120	121	120	123	120	121,3	1,269	1,046	98,954
47	154	121	120	119	121	118	118	119	118	121	118	119,3	1,269	1,064	98,936
48	153	119	118	117	119	116	116	117	116	119	116	117,3	1,269	1,082	98,918
49	152	118	117	116	118	115	115	116	115	118	115	116,3	1,269	1,091	98,909
50	151	116	115	114	116	113	113	114	113	116	113	114,3	1,269	1,110	98,890
51	150	115	114	113	115	112	112	113	112	115	112	113,3	1,269	1,120	98,880
52	149	113	112	111	113	110	110	111	110	113	110	111,3	1,269	1,140	98,860
53	148	110	109	108	110	107	107	108	107	110	107	108,3	1,269	1,172	98,828
54	147	111	110	109	111	108	108	109	108	111	108	109,3	1,269	1,161	98,839
55	146	110	109	108	110	107	107	108	107	110	107	108,3	1,269	1,172	98,828
56	145	108	107	106	108	105	105	106	105	108	105	106,3	1,269	1,194	98,806
57	144	105	104	103	105	102	102	103	102	105	102	103,3	1,269	1,228	98,772
58	143	103	102	101	103	100	100	101	100	103	100	101,3	1,269	1,253	98,747
59	142	105	104	103	105	102	102	103	102	105	102	103,3	1,269	1,228	98,772
60	141	102	101	100	102	99	99	100	99	102	99	100,3	1,269	1,265	98,735
61	140	104	103	102	104	101	101	102	101	104	101	102,3	1,269	1,240	98,760
62	139	101	100	99	101	98	98	99	98	101	98	99,3	1,269	1,278	98,722
63	138	100	99	98	100	97	97	98	97	100	97	98,3	1,269	1,291	98,709
64	137	101	100	99	101	98	98	99	98	101	98	99,3	1,269	1,278	98,722
65	136	100	99	98	100	97	97	98	97	100	97	98,3	1,269	1,291	98,709
66	135	98	97	96	98	95	95	96	95	98	95	96,3	1,269	1,318	98,682
67	134	97	96	95	97	94	94	95	94	97	94	95,3	1,269	1,331	98,669
68	133	95	94	93	95	92	92	93	92	95	92	93,3	1,269	1,360	98,640
69	132	94	93	92	94	91	91	92	91	94	91	92,3	1,269	1,375	98,625
70	131	93	92	91	93	90	90	91	90	93	90	91,3	1,269	1,390	98,610

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
71	130	101	100	99	101	98	98	99	98	101	98	99,3	1,269	1,278	98,722
72	129	99	98	97	99	96	96	97	96	99	96	97,3	1,269	1,304	98,696
73	128	97	96	95	97	94	94	95	94	97	94	95,3	1,269	1,331	98,669
74	127	96	95	94	96	93	93	94	93	96	93	94,3	1,269	1,346	98,654
75	126	95	94	93	95	92	92	93	92	95	92	93,3	1,269	1,360	98,640
76	125	93	92	91	93	90	90	91	90	93	90	91,3	1,269	1,390	98,610
77	124	90	89	88	90	87	87	88	87	90	87	88,3	1,269	1,437	98,563
78	123	90	89	88	90	87	87	88	87	90	87	88,3	1,269	1,437	98,563
79	122	87	86	85	87	84	84	85	84	87	84	85,3	1,269	1,488	98,512
80	121	86	85	84	86	83	83	84	83	86	83	84,3	1,269	1,505	98,495
81	120	89	88	87	89	86	86	87	86	89	86	87,3	1,269	1,453	98,547
82	119	86	85	84	86	83	83	84	83	86	83	84,3	1,269	1,505	98,495
83	118	84	83	82	84	81	81	82	81	84	81	82,3	1,269	1,542	98,458
84	117	82	81	80	82	79	79	80	79	82	79	80,3	1,269	1,580	98,420
85	116	84	83	82	84	81	81	82	81	84	81	82,3	1,269	1,542	98,458
86	115	81	80	79	81	78	78	79	78	81	78	79,3	1,269	1,600	98,400
87	114	80	79	78	80	77	77	78	77	80	77	78,3	1,269	1,621	98,379
88	113	79	78	77	79	76	76	77	76	79	76	77,3	1,269	1,641	98,359
89	112	81	80	79	81	78	78	79	78	81	78	79,3	1,269	1,600	98,400
90	111	78	77	76	78	75	75	76	75	78	75	76,3	1,269	1,663	98,337
91	110	80	79	78	80	77	77	78	77	80	77	78,3	1,269	1,621	98,379
92	109	79	78	77	79	76	76	77	76	79	76	77,3	1,269	1,641	98,359
93	108	76	75	74	76	73	73	74	73	76	73	74,3	1,269	1,708	98,292
94	107	78	77	76	78	75	75	76	75	78	75	76,3	1,269	1,663	98,337
95	106	75	74	73	75	72	72	73	72	75	72	73,3	1,269	1,731	98,269

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
96	105	73	72	71	73	70	70	71	70	73	70	71,3	1,269	1,780	98,220
97	104	71	70	69	71	68	68	69	68	71	68	69,3	1,269	1,831	98,169
98	103	72	71	70	72	69	69	70	69	72	69	70,3	1,269	1,805	98,195
99	102	70	69	68	70	67	67	68	67	70	67	68,3	1,269	1,858	98,142
100	101	68	67	66	68	65	65	66	65	68	65	66,3	1,269	1,914	98,086
101	100	70	69	68	70	67	67	68	67	70	67	68,3	1,269	1,858	98,142
102	99	67	66	65	67	64	64	65	64	67	64	65,3	1,269	1,943	98,057
103	98	69	68	67	69	66	66	67	66	69	66	67,3	1,269	1,885	98,115
104	97	67	66	65	67	64	64	65	64	67	64	65,3	1,269	1,943	98,057
105	96	64	63	62	64	61	61	62	61	64	61	62,3	1,269	2,037	97,963
106	95	66	65	64	66	63	63	64	63	66	63	64,3	1,269	1,973	98,027
107	94	63	62	61	63	60	60	61	60	63	60	61,3	1,269	2,070	97,930
108	93	68	67	66	68	65	65	66	65	68	65	66,3	1,269	1,914	98,086
109	92	69	68	67	69	66	66	67	66	69	66	67,3	1,269	1,885	98,115
110	91	67	66	65	67	64	64	65	64	67	64	65,3	1,269	1,943	98,057
111	90	64	63	62	64	61	61	62	61	64	61	62,3	1,269	2,037	97,963
112	89	67	66	65	67	64	64	65	64	67	64	65,3	1,269	1,943	98,057
113	88	63	62	61	63	60	60	61	60	63	60	61,3	1,269	2,070	97,930
114	87	65	64	63	65	62	62	63	62	65	62	63,3	1,269	2,005	97,995
115	86	62	61	60	62	59	59	60	59	62	59	60,3	1,269	2,104	97,896
116	85	60	59	58	60	57	57	58	57	60	57	58,3	1,269	2,176	97,824
117	84	58	57	56	58	55	55	56	55	58	55	56,3	1,269	2,254	97,746
118	83	60	59	58	60	57	57	58	57	60	57	58,3	1,269	2,176	97,824
119	82	57	56	55	57	54	54	55	54	57	54	55,3	1,269	2,294	97,706
120	81	60	59	58	60	57	57	58	57	60	57	58,3	1,269	2,176	97,824

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
121	80	58	57	56	58	55	55	56	55	58	55	56,3	1,269	2,254	97,746
122	79	56	55	54	56	53	53	54	53	56	53	54,3	1,269	2,337	97,663
123	78	59	58	57	59	56	56	57	56	59	56	57,3	1,269	2,214	97,786
124	77	57	56	55	57	54	54	55	54	57	54	55,3	1,269	2,294	97,706
125	76	53	52	51	53	50	50	51	50	53	50	51,3	1,269	2,473	97,527
126	75	59	58	57	59	56	56	57	56	59	56	57,3	1,269	2,214	97,786
127	74	57	56	55	57	54	54	55	54	57	54	55,3	1,269	2,294	97,706
128	73	55	54	53	55	52	52	53	52	55	52	53,3	1,269	2,381	97,619
129	72	53	52	51	53	50	50	51	50	53	50	51,3	1,269	2,473	97,527
130	71	50	49	48	50	47	47	48	47	50	47	48,3	1,269	2,627	97,373
131	70	51	50	49	51	48	48	49	48	51	48	49,3	1,269	2,574	97,426
132	69	49	48	47	49	46	46	47	46	49	46	47,3	1,269	2,683	97,317
133	68	47	46	45	47	44	44	45	44	47	44	45,3	1,269	2,801	97,199
134	67	50	49	48	50	47	47	48	47	50	47	48,3	1,269	2,627	97,373
135	66	48	47	46	48	45	45	46	45	48	45	46,3	1,269	2,741	97,259
136	65	46	45	44	46	43	43	44	43	46	43	44,3	1,269	2,864	97,136
137	64	50	49	48	50	47	47	48	47	50	47	48,3	1,269	2,627	97,373
138	63	47	46	45	47	44	44	45	44	47	44	45,3	1,269	2,801	97,199
139	62	43	42	41	43	40	40	41	40	43	40	41,3	1,269	3,072	96,928
140	61	46	45	44	46	43	43	44	43	46	43	44,3	1,269	2,864	97,136
141	60	44	43	42	44	41	41	42	41	44	41	42,3	1,269	3,000	97,000
142	59	42	41	40	42	39	39	40	39	42	39	40,3	1,269	3,149	96,851
143	58	40	39	38	40	37	37	38	37	40	37	38,3	1,269	3,313	96,687
144	57	41	40	39	41	38	38	39	38	41	38	39,3	1,269	3,229	96,771
145	56	39	38	37	39	36	36	37	36	39	36	37,3	1,269	3,402	96,598

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
146	55	42	41	40	42	39	39	40	39	42	39	40,3	1,269	3,149	96,851
147	54	40	39	38	40	37	37	38	37	40	37	38,3	1,269	3,313	96,687
148	53	43	42	41	43	40	40	41	40	43	40	41,3	1,269	3,072	96,928
149	52	41	40	39	41	38	38	39	38	41	38	39,3	1,269	3,229	96,771
150	51	44	43	42	44	41	41	42	41	44	41	42,3	1,269	3,000	97,000
151	50	41	40	39	41	38	38	39	38	41	38	39,3	1,269	3,229	96,771
152	49	40	39	38	40	37	37	38	37	40	37	38,3	1,269	3,313	96,687
153	48	42	41	40	42	39	39	40	39	42	39	40,3	1,269	3,149	96,851
154	47	40	39	38	40	37	37	38	37	40	37	38,3	1,269	3,313	96,687
155	46	38	37	36	38	35	35	36	35	38	35	36,3	1,269	3,495	96,505
156	45	41	40	39	41	38	38	39	38	41	38	39,3	1,269	3,229	96,771
157	44	39	38	37	39	36	36	37	36	39	36	37,3	1,269	3,402	96,598
158	43	36	35	34	36	33	33	34	33	36	33	34,3	1,269	3,699	96,301
159	42	38	37	36	38	35	35	36	35	38	35	36,3	1,269	3,495	96,505
160	41	35	34	33	35	32	32	33	32	35	32	33,3	1,269	3,810	96,190
161	40	32	31	30	32	29	29	30	29	32	29	30,3	1,269	4,188	95,812
162	39	34	33	32	34	31	31	32	31	34	31	32,3	1,269	3,928	96,072
163	38	30	29	28	30	27	27	28	27	30	27	28,3	1,269	4,484	95,516
164	37	33	32	31	33	30	30	31	30	33	30	31,3	1,269	4,054	95,946
165	36	31	30	29	31	28	28	29	28	31	28	29,3	1,269	4,331	95,669
166	35	32	31	30	32	29	29	30	29	32	29	30,3	1,269	4,188	95,812
167	34	29	28	27	29	26	26	27	26	29	26	27,3	1,269	4,648	95,352
168	33	26	25	24	26	23	23	24	23	26	23	24,3	1,269	5,222	94,778
169	32	24	23	22	24	21	21	22	21	24	21	22,3	1,269	5,690	94,310
170	31	25	24	23	25	22	22	23	22	25	22	23,3	1,269	5,446	94,554

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
171	30	26	25	24	26	23	23	24	23	26	23	24,3	1,269	5,222	94,778



b. *Reproducibility*

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	200	198	197	198	198	197	196	198	197	198	198	197,5	0,671	0,340	99,660
2	199	196	195	194	196	193	195	196	195	194	195	194,9	0,943	0,484	99,516
3	198	197	196	195	197	194	194	197	196	197	196	195,9	1,136	0,580	99,420
4	197	195	194	193	195	192	192	193	192	195	192	193,3	1,269	0,656	99,344
5	196	193	192	191	193	190	190	191	190	193	190	191,3	1,269	0,663	99,337
6	195	191	190	189	191	192	188	193	189	191	192	190,6	1,497	0,785	99,215
7	194	191	189	190	192	189	189	190	191	194	189	190,4	1,562	0,820	99,180
8	193	190	187	191	190	188	190	189	188	190	191	189,4	1,281	0,676	99,324
9	192	188	190	189	188	187	188	188	190	188	187	188,3	1,005	0,534	99,466
10	191	189	186	188	189	189	190	187	187	189	186	188	1,342	0,714	99,286
11	190	187	188	187	187	186	186	187	186	187	186	186,7	0,640	0,343	99,657
12	189	185	184	187	185	184	186	182	181	185	184	184,3	1,676	0,910	99,090
13	188	182	183	182	182	184	181	183	182	184	182	182,5	0,922	0,505	99,495
14	187	180	182	181	180	183	180	184	182	180	183	181,5	1,432	0,789	99,211
15	186	178	180	179	178	181	178	182	181	178	181	179,6	1,497	0,833	99,167
16	185	176	178	177	176	179	176	180	179	176	178	177,5	1,432	0,807	99,193
17	184	175	176	175	173	175	174	176	177	173	175	174,9	1,221	0,698	99,302
18	183	173	172	171	173	174	172	175	174	173	174	173,1	1,136	0,656	99,344
19	182	171	170	172	171	171	171	172	172	171	172	171,3	0,640	0,374	99,626
20	181	170	171	170	170	169	172	170	171	170	169	170,2	0,872	0,512	99,488
21	180	168	167	168	167	167	168	167	169	168	167	167,6	0,663	0,396	99,604
22	179	167	166	165	165	164	165	165	167	166	165	165,5	0,922	0,557	99,443
23	178	164	163	162	164	162	163	163	164	164	163	163,2	0,748	0,459	99,541
24	177	162	161	164	162	163	161	162	161	162	161	161,9	0,943	0,583	99,417

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
25	176	161	160	161	160	161	162	160	162	160	159	160,6	0,917	0,571	99,429
26	175	160	159	159	158	159	160	159	160	159	160	159,3	0,640	0,402	99,598
27	174	158	157	156	157	157	158	157	158	157	158	157,3	0,640	0,407	99,593
28	173	156	155	154	156	155	156	156	155	156	156	155,5	0,671	0,431	99,569
29	172	154	156	155	154	153	154	154	153	154	153	154	0,894	0,581	99,419
30	171	153	153	152	152	151	151	152	151	153	151	151,9	0,831	0,547	99,453
31	170	151	151	150	150	149	150	150	149	151	149	150	0,775	0,516	99,484
32	169	149	148	147	149	146	147	149	147	149	148	147,9	1,044	0,706	99,294
33	168	146	145	144	146	143	144	145	145	146	146	145	1,000	0,690	99,310
34	167	143	143	141	143	141	141	142	142	143	143	142,2	0,872	0,613	99,387
35	166	141	140	139	141	139	138	140	139	141	140	139,8	0,980	0,701	99,299
36	165	138	137	137	138	137	136	138	137	139	137	137,4	0,800	0,582	99,418
37	164	136	135	134	136	135	133	136	135	136	135	135,1	0,943	0,698	99,302
38	163	134	133	132	134	133	131	134	133	134	134	133,2	0,980	0,736	99,264
39	162	132	131	130	132	131	130	132	131	132	131	131,2	0,748	0,570	99,430
40	161	131	130	131	131	130	128	131	130	131	130	130,3	0,900	0,691	99,309
41	160	130	128	129	129	128	130	129	128	130	128	128,9	0,831	0,644	99,356
42	159	128	126	127	130	126	127	127	126	128	129	127,4	1,281	1,005	98,995
43	158	127	127	125	127	124	126	125	124	126	127	125,8	1,166	0,927	99,073
44	157	125	124	123	125	122	123	123	122	125	125	123,7	1,187	0,960	99,040
45	156	124	123	124	124	123	124	124	123	124	124	123,7	0,458	0,370	99,630
46	155	123	121	122	123	121	123	122	120	123	121	121,9	1,044	0,856	99,144
47	154	121	119	120	121	119	120	120	119	121	119	119,9	0,831	0,693	99,307
48	153	119	118	117	119	117	118	118	117	119	116	117,8	0,980	0,832	99,168
49	152	118	116	119	117	118	116	119	118	117	118	117,6	1,020	0,867	99,133

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
50	151	116	117	116	115	115	115	116	115	115	115	115,5	0,671	0,581	99,419
51	150	115	115	114	113	113	112	114	113	114	113	113,6	0,917	0,807	99,193
52	149	113	112	112	114	111	113	112	111	112	111	112,1	0,943	0,842	99,158
53	148	110	109	110	111	109	110	110	109	109	109	109,6	0,663	0,605	99,395
54	147	111	108	111	108	110	108	108	107	111	107	108,9	1,578	1,449	98,551
55	146	110	109	108	110	108	111	109	108	110	108	109,1	1,044	0,957	99,043
56	145	108	107	106	108	105	107	107	107	108	106	106,9	0,943	0,883	99,117
57	144	105	104	103	105	102	104	103	105	105	102	103,8	1,166	1,123	98,877
58	143	103	102	101	103	100	101	101	103	101	100	101,5	1,118	1,102	98,898
59	142	105	103	104	100	103	100	104	101	105	103	102,8	1,778	1,729	98,271
60	141	102	101	100	102	99	99	100	99	102	99	100,3	1,269	1,265	98,735
61	140	104	99	98	104	100	97	101	100	104	100	100,7	2,410	2,394	97,606
62	139	101	100	96	100	95	101	96	95	101	95	98	2,646	2,700	97,300
63	138	100	99	98	98	97	99	98	97	100	97	98,3	1,100	1,119	98,881
64	137	101	98	97	101	96	96	97	96	101	96	97,9	2,119	2,164	97,836
65	136	100	99	96	99	99	100	99	98	100	98	98,8	1,166	1,180	98,820
66	135	98	97	98	97	100	98	100	99	98	99	98,4	1,020	1,036	98,964
67	134	97	98	97	95	98	96	99	97	96	97	97	1,095	1,129	98,871
68	133	95	96	95	93	95	94	96	95	94	95	94,8	0,872	0,920	99,080
69	132	94	93	93	94	92	91	93	92	92	92	92,6	0,917	0,990	99,010
70	131	93	95	94	91	93	93	95	91	95	90	93	1,732	1,862	98,138
71	130	101	97	95	95	97	96	98	97	101	97	97,4	2,010	2,064	97,936
72	129	99	95	93	96	95	97	96	95	99	95	96	1,789	1,863	98,137
73	128	97	98	96	94	97	95	98	97	97	97	96,6	1,200	1,242	98,758
74	127	96	95	94	96	94	93	95	94	96	94	94,7	1,005	1,061	98,939

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
75	126	95	96	92	94	91	95	92	91	95	93	93,4	1,744	1,867	98,133
76	125	93	92	90	93	93	93	90	93	93	91	92,1	1,221	1,325	98,675
77	124	90	89	88	90	90	91	88	90	89	88	89,3	1,005	1,125	98,875
78	123	90	91	90	87	89	89	90	89	90	89	89,4	1,020	1,141	98,859
79	122	87	88	87	85	86	87	88	87	86	87	86,8	0,872	1,004	98,996
80	121	86	85	84	86	83	85	84	83	86	83	84,5	1,204	1,425	98,575
81	120	89	86	88	89	87	87	88	87	84	87	87,2	1,400	1,606	98,394
82	119	86	85	86	87	84	85	86	85	86	85	85,5	0,806	0,943	99,057
83	118	84	86	85	84	84	84	85	84	84	83	84,3	0,781	0,926	99,074
84	117	82	83	82	81	82	81	83	82	81	81	81,8	0,748	0,915	99,085
85	116	84	81	80	84	80	83	81	80	84	80	81,7	1,735	2,124	97,876
86	115	81	82	81	81	81	80	82	81	82	81	81,2	0,600	0,739	99,261
87	114	80	80	79	78	79	78	80	79	80	78	79,1	0,831	1,050	98,950
88	113	79	78	77	79	76	75	77	76	79	76	77,2	1,400	1,813	98,187
89	112	81	80	79	77	78	78	75	78	81	77	78,4	1,800	2,296	97,704
90	111	78	77	76	78	76	75	77	76	78	76	76,7	1,005	1,310	98,690
91	110	80	79	78	76	77	77	79	78	80	78	78,2	1,249	1,597	98,403
92	109	79	77	76	79	75	78	76	75	79	80	77,4	1,744	2,253	97,747
93	108	76	75	74	76	73	75	74	73	76	76	74,8	1,166	1,559	98,441
94	107	78	77	76	78	75	73	76	75	74	78	76	1,673	2,202	97,798
95	106	75	74	73	75	72	75	73	72	75	74	73,8	1,166	1,580	98,420
96	105	73	72	71	73	74	72	75	74	73	71	72,8	1,249	1,716	98,284
97	104	71	70	72	71	72	70	73	72	71	72	71,4	0,917	1,284	98,716
98	103	72	71	70	72	70	71	71	70	72	70	70,9	0,831	1,172	98,828
99	102	70	69	68	70	68	69	69	68	70	68	68,9	0,831	1,206	98,794

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
100	101	68	67	67	68	66	66	70	69	68	69	67,8	1,249	1,842	98,158
101	100	70	69	70	67	69	69	70	69	70	69	69,2	0,872	1,260	98,740
102	99	68	67	68	65	67	68	68	67	68	67	67,3	0,900	1,337	98,663
103	98	69	65	66	67	69	64	70	69	65	68	67,2	1,990	2,961	97,039
104	97	67	66	65	65	67	66	68	67	67	66	66,4	0,917	1,380	98,620
105	96	64	63	62	63	65	63	66	65	64	63	63,8	1,166	1,828	98,172
106	95	66	65	64	66	63	64	64	63	66	65	64,6	1,114	1,724	98,276
107	94	63	62	61	64	60	61	61	60	63	62	61,7	1,269	2,056	97,944
108	93	68	64	63	67	62	65	63	62	65	65	64,4	1,908	2,963	97,037
109	92	69	66	65	68	64	63	65	64	69	66	65,9	2,022	3,069	96,931
110	91	67	63	62	66	62	61	63	62	67	63	63,6	2,107	3,313	96,687
111	90	64	65	64	64	63	62	64	63	64	61	63,4	1,114	1,756	98,244
112	89	67	63	62	66	65	61	66	65	67	62	64,4	2,107	3,272	96,728
113	88	65	64	63	63	62	62	64	63	65	63	63,4	1,020	1,609	98,391
114	87	64	62	61	65	64	60	62	64	67	61	63	2,049	3,253	96,747
115	86	62	63	60	62	61	62	63	62	64	62	62,1	1,044	1,681	98,319
116	85	60	61	58	60	59	60	60	59	61	60	59,8	0,872	1,458	98,542
117	84	58	59	57	58	57	61	58	57	58	59	58,2	1,166	2,004	97,996
118	83	60	58	60	59	56	59	60	60	60	61	59,3	1,345	2,269	97,731
119	82	57	56	58	57	58	57	59	58	59	58	57,7	0,900	1,560	98,440
120	81	60	59	56	56	60	58	61	60	61	60	59,1	1,758	2,974	97,026
121	80	58	57	57	54	58	56	59	58	58	58	57,3	1,345	2,348	97,652
122	79	56	55	54	56	55	53	56	55	56	55	55,1	0,943	1,712	98,288
123	78	57	56	56	59	57	55	58	57	57	58	57	1,095	1,922	98,078
124	77	55	54	53	56	55	52	56	55	54	55	54,5	1,204	2,209	97,791

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
125	76	53	52	51	53	53	50	54	53	56	53	52,8	1,536	2,910	97,090
126	75	56	53	53	55	56	53	56	55	54	55	54,6	1,200	2,198	97,802
127	74	57	56	55	57	54	55	54	53	57	56	55,4	1,356	2,448	97,552
128	73	55	54	53	55	55	52	56	55	55	54	54,4	1,114	2,047	97,953
129	72	53	52	51	53	52	50	53	52	53	52	52,1	0,943	1,811	98,189
130	71	50	50	52	50	50	51	50	53	51	50	50,7	1,005	1,982	98,018
131	70	51	51	50	51	52	52	53	51	52	52	51,5	0,806	1,565	98,435
132	69	49	48	51	49	50	49	51	49	50	49	49,5	0,922	1,863	98,137
133	68	47	46	48	47	48	47	49	47	48	47	47,4	0,800	1,688	98,312
134	67	50	49	50	50	49	49	50	49	50	49	49,5	0,500	1,010	98,990
135	66	48	47	48	48	47	47	48	47	48	47	47,5	0,500	1,053	98,947
136	65	46	45	44	46	45	48	46	45	46	45	45,6	1,020	2,236	97,764
137	64	48	47	46	48	46	47	48	47	48	47	47,2	0,748	1,585	98,415
138	63	47	48	47	46	47	46	46	45	46	45	46,3	0,900	1,944	98,056
139	62	45	46	45	43	44	44	43	42	44	42	43,8	1,249	2,852	97,148
140	61	46	44	43	45	42	45	45	44	46	44	44,4	1,200	2,703	97,297
141	60	44	45	44	43	43	43	42	42	44	42	43,2	0,980	2,268	97,732
142	59	42	43	42	41	40	41	41	40	41	40	41,1	0,943	2,295	97,705
143	58	40	41	40	42	41	39	42	41	39	41	40,6	1,020	2,512	97,488
144	57	41	39	41	40	39	40	40	39	41	39	39,9	0,831	2,082	97,918
145	56	39	40	39	38	40	38	38	37	39	37	38,5	1,025	2,662	97,338
146	55	42	41	41	40	42	40	43	41	42	42	41,4	0,917	2,214	97,786
147	54	40	39	39	41	40	38	41	39	40	40	39,7	0,900	2,267	97,733
148	53	43	41	42	42	41	40	42	41	42	41	41,5	0,806	1,943	98,057
149	52	41	42	40	40	39	38	40	39	40	39	39,8	1,077	2,706	97,294

No (<i>i</i>)	Jarak (cm)	Pengulangan (X_i)										Rata- Rata (\bar{X})	SD	RSD (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
150	51	44	42	41	43	40	42	43	42	44	42	42,3	1,187	2,807	97,193
151	50	41	40	42	41	41	41	41	40	40	40	40,7	0,640	1,573	98,427
152	49	40	38	39	38	38	38	40	41	41	38	39,1	1,221	3,122	96,878
153	48	42	41	40	40	41	39	42	43	42	40	41	1,183	2,886	97,114
154	47	40	39	38	38	39	37	40	39	40	38	38,8	0,980	2,525	97,475
155	46	38	37	36	36	37	35	38	37	37	39	37	1,095	2,961	97,039
156	45	41	40	39	39	38	38	39	38	41	38	39,1	1,136	2,905	97,095
157	44	39	38	40	37	39	39	40	39	39	40	39	0,894	2,293	97,707
158	43	36	35	38	35	38	37	37	36	37	38	36,7	1,100	2,997	97,003
159	42	38	37	36	38	35	36	38	37	39	36	37	1,183	3,198	96,802
160	41	35	34	33	35	32	32	36	35	35	34	34,1	1,300	3,812	96,188
161	40	32	31	31	33	30	34	33	32	32	32	32	1,095	3,423	96,577
162	39	34	33	32	34	31	32	34	35	34	33	33,2	1,166	3,513	96,487
163	38	30	30	30	31	29	30	32	31	32	31	30,6	0,917	2,995	97,005
164	37	32	31	31	33	31	31	30	32	33	29	31,3	1,187	3,794	96,206
165	36	30	29	28	31	27	29	31	30	31	31	29,7	1,345	4,530	95,470
166	35	31	30	29	32	28	32	29	31	32	29	30,3	1,418	4,679	95,321
167	34	29	28	27	30	26	29	27	28	29	26	27,9	1,300	4,659	95,341
168	33	26	25	24	28	23	27	24	27	26	23	25,3	1,676	6,626	93,374
169	32	24	26	25	25	25	25	26	25	24	25	25	0,632	2,530	97,470
170	31	25	24	23	27	26	26	27	26	25	26	25,5	1,204	4,722	95,278
171	30	26	25	24	26	24	27	25	24	26	24	25,1	1,044	4,159	95,841

Lampiran 10

Perhitungan Presisi

a. *Repeatability*

$$RSD \text{ rata - rata} = \frac{\sum_1^{171} \%RSD}{171}$$

$$RSD \text{ rata - rata} = \frac{321,533\%}{26}$$

$$RSD \text{ rata - rata} = 1,880\%$$

$$\text{Repeatability rata - rata} = \frac{\sum_1^{171} \%repeatability}{171}$$

$$\text{Repeatability rata - rata} = \frac{16778,467\%}{171}$$

$$\text{Repeatability rata - rata} = 98,120\%$$

b. *Reproducibility*

$$RSD \text{ rata - rata} = \frac{\sum_1^{171} \%RSD}{171}$$

$$RSD \text{ rata - rata} = \frac{283,827\%}{171}$$

$$RSD \text{ rata - rata} = 1,660\%$$

$$\text{Reproducibility rata - rata} = \frac{\sum_1^{171} \%Reproducibility}{171}$$

$$\text{Reproducibility rata - rata} = \frac{16816,173\%}{171}$$

$$\text{Reproducibility rata - rata} = 98,340\%$$

Lampiran 11

Data Pengujian Keberhasilan

No	Jarak (cm)	Pengulangan Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1	200	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	199	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	198	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	197	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	196	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	195	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	194	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	193	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	192	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	191	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	190	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	189	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	188	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	187	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	186	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	185	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	184	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	183	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	182	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	181	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	180	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22	179	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	178	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	177	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	176	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	175	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27	174	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	173	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	172	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	171	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	170	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	169	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
33	168	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	167	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
35	166	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
36	165	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
37	164	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
38	163	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
39	162	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No	Jarak (cm)	Pengulangan Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
40	161	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
41	160	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42	159	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
43	158	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
44	157	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
45	156	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
46	155	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47	154	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48	153	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
49	152	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	151	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
51	150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
52	149	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
53	148	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
54	147	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
55	146	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
56	145	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
57	144	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
58	143	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
59	142	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
60	141	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
61	140	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
62	139	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
63	138	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
64	137	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
65	136	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
66	135	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
67	134	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
68	133	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
69	132	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	131	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
71	130	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
72	129	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
73	128	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
74	127	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
75	126	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
76	125	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
77	124	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
78	123	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
79	122	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
80	121	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
81	120	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
82	119	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No	Jarak (cm)	Pengulangan Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
83	118	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
84	117	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
85	116	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
86	115	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
87	114	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
88	113	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
89	112	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
90	111	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
91	110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
92	109	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
93	108	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
94	107	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
95	106	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
96	105	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
97	104	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
98	103	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
99	102	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
100	101	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
101	100	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
102	99	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
103	98	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
104	97	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
105	96	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
106	95	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√
107	94	√	√	√	√	X	√	√	√	√	√
108	93	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
109	92	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
110	91	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
111	90	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
112	89	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
113	88	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
114	87	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
115	86	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
116	85	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√
117	84	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
118	83	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
119	82	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
120	81	√	√	√	X	√	√	√	√	√	√
121	80	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
122	79	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X
123	78	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
124	77	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
125	76	√	X	√	√	√	√	√	√	√	√

No	Jarak (cm)	Pengulangan Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
126	75	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√
127	74	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
128	73	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
129	72	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
130	71	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
131	70	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
132	69	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
133	68	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
134	67	√	√	X	√	√	√	√	√	√	√
135	66	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
136	65	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
137	64	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
138	63	√	X	√	√	√	√	√	√	√	√
139	62	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
140	61	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
141	60	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
142	59	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
143	58	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
144	57	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
145	56	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
146	55	√	√	√	√	X	√	√	√	X	√
147	54	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
148	53	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
149	52	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
150	51	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
151	50	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
152	49	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
153	48	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
154	47	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
155	46	√	√	√	X	√	√	√	√	√	√
156	45	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
157	44	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
158	43	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
159	42	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√
160	41	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
161	40	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X
162	39	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
163	38	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
164	37	√	√	√	√	√	√	X	√	√	√
165	36	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
166	35	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
167	34	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
168	33	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

No	Jarak (cm)	Pengulangan Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
169	32	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
170	31	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
171	30	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Keterangan:

- N: Notifikasi pada *smartphone*
- Notifikasi di *smartphone* diberi tanda (√)
- Tidak ada notifikasi di *smartphone* diberi tanda (X)

Lampiran 12

Perhitungan Pengujian Keberhasilan

1. Notifikasi dismartphone

$$\text{Tingkat Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Notifikasi}}{\text{Jumlah Pengujian Yang dilakukan}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{685}{700} \times 100\% \\ &= 97,857\% \end{aligned}$$



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA