TUGAS AKHIR - VI190836

SISTEM MONITORING KECACATAN PADA BETON DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS APLIKASI *BLYNK*

ALVIN CAHYA ADI PRADANA
NRP. 10511710000028

Dosen Pembimbing:
Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.
NIP. 198820171056

Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT - **VI190836**

DEFECT MONITORING SYSTEM IN CONCRETE USING ULTRASONIC SENSOR BASED ON BLYNK APPLICATION

ALVIN CAHYA ADI PRADANA
NRP. 10511710000028

Supervisors:
Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.
NIP. 198820171056

Department of Instrumentation Engineering
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama	: Alvin Cahya Adi Pradana
NRP	: 110511710000028
Departemen / Prodi	: Teknik Instrumentasi / S.Tr Teknik Instrumentasi
Fakultas	: Fakultas Vokasi (FV)
Perguruan Tinggi	: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "***Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Aplikasi Blynk***" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 20 April 2021

Yang membuat pernyataan,

Alvin Cahya Adi Pradana

NRP. 10511710000028

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

SISTEM MONITORING KECACATAN PADA BETON DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS APLIKASI *BLYNK*

Oleh:

Alvin Cahya Adi Pradana

NRP. 10511710000028

Surabaya,10 Agustus 2021

Menyetujui,

Pembimbing I

Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.

NIP. 198820171056

Mengetahui,

Kepala Departemen

Teknik Instrumentasi FV-ITS

Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

NIP. 19650309 199002 1 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM MONITORING KECACATAN PADA BETON DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS APLIKASI *BLYNK*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan
pada
Progam Studi S.Tr Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi (FV)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ALVIN CAHYA ADI PRADANA

NRP. 10511710000028

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Herry Sufyan Hadi., S.T., M.T. …… (Pembimbing I)
2. Dwi Oktavianto Wahyu N., S.T., M.T. …… (Ketua Penguji)
3. Putri Yeni Aisyah., S.T., M.T. …… (Penguji II)

SURABAYA

2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

SISTEM MONITORING KECACATAN PADA BETON DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS APLIKASI BLYNK

Nama	**:**	**Alvin Cahya Adi Pradana**
NRP	**:**	**10511710000028**
Departemen	**:**	**Teknik Instrumentasi FV - ITS**
Dosen Pembimbing	**:**	**Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.**

ABSTRAK

Beton merupakan benda padat yang sering digunakan sebagai bahan pada bangunan. Beton seringkali mengalami kecacatan pada struktrunya yang diakibatkan terjadinya korosi maupun pembebanan yang berlebih. Kecacatan yang terjadi pada struktru beton ini dapat dideteksi dengan menggunakan metode *Non Destructive Test* dengan menggunakan sensor ultrasonic. Metode ini diaplikasikan untuk memonitoring kecacatan pada struktur beton berupa retakan, lubang atau cacat yang lainnya, sehingga dapat dilakukan pengawasan terhadap kondisi struktur beton agar tidak dibiarkan hingga parah sehingga dapat dilakukan pencegahan agar tidak menimbulkan kerugian. Sistem monitoring ini dibuat dengan menerapkan konsep *IoT (Internet of Things)* dengan memanfaatkan konektivitas internet untuk menampilakn data hasil pengukuran retak yang terjadi pada struktur beton akibat pembebanan yang berlebihan dengan menggunakan aplikasi *Blynk*. Sistem monitoring ini memanfaatkan gelombang ultrasonic berfrekuensi tinggi yang dipancarkan menembus struktur beton sehingga Ketika terdapat cacat *(Discontinuitas)* maka akan terjadi perubahan amplitude yang dapat dilihat dari perubahan tegangan yang terjadi. Hasil pengujian alat pada system monitoring kecacatan pada beton ini memiliki nilai akurasi sebesar 0,873 %.

Kata Kunci: : Beton, Retak, *Non Destructive Test (NDT), Ultrasonic Test.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

DEFECT MONITORING SYSTEM IN CONCRETE USING ULTRASONIC SENSOR BASED ON BLYNK APPLICATION

Name	**:**	**Alvin Cahya Adi Pradana**
NRP	**:**	**10511710000028**
Department	**:**	**Instrumentation Engineering FV - ITS**
Supervisors	**:**	**Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.**

ABSTRACT

Concrete is a solid object that is often used as a building material. Concrete often suffers from defects in its structure due to corrosion and excessive loading. Defects that occur in this concrete structure can be detected using the Non Destructive Test method using an ultrasonic sensor. This method is applied to monitor defects in concrete structures in the form of cracks, holes or other defects, so that monitoring can be carried out on the condition of the concrete structure so that it does not get worse so that prevention can be done so as not to cause losses. This monitoring system was created by applying the concept of IoT (Internet of Things) by utilizing internet connectivity to display data on crack measurements that occur in concrete structures due to excessive loading using the Blynk application. This monitoring system utilizes high-frequency ultrasonic waves that are emitted through the concrete structure so that when there is a defect (discontinuity) there will be a change in amplitude which can be seen from the change in voltage that occurs. The results of testing tools on the disability monitoring system in this concrete have an accuracy value of 0.873 %.

Keywords: Concrete, Crack, Non Destructive Test (NDT), Ultrasonic Test.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul " Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Aplikasi *Blynk* sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Terapan (S.Tr) pada Departemen Rekayasa Teknologi Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun material. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto., DEA selaku Kepala Departemen Rekayasa Teknologi Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Bapak Herry Sufyan Hadi., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya yang telah berkenan membimbing dan memberikan solusi dalam pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Detak Yan Pratama., S.T., M.Sc. selaku Dosen Wali yang telah memberikan dukungan dan arahan selama masa perkuliahan.
4. Seluruh jajaran Dosen dan Staff Departemen Rekayasa Teknologi Instrumentasi yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama masa perkuliahan
5. Ayahanda tercinta Ir. Totok Subijanto dan Ibu saya yang saya cintai Dwi Yuniati yang telah memberikan dukungan baik moril maupun material.
6. Seluruh teman-teman dari Angkatan 2017 yang telah menemani berjuang dari awal masa perkuliahan.
7. Teman-teman saya Haris, Raka, Daniel, Mesita Karin, Ummul, Evan, Ririn. Yang telah membantu , sharing dan memberikan semangat di awal perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir.

8. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga laporan tugas akhir ini dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Surabaya, 21 April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

COVER PAGE iii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI v

LEMBAR PENGESAHAN vii

LEMBAR PENGESAHAN ix

ABSTRAK xi

ABSTRACT xiii

KATA PENGANTAR xv

DAFTAR ISI xvii

DAFTAR GAMBAR xx

DAFTAR TABEL xxv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Sistematika Laporan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 5

2.1 Kecacatan Pada Beton 5

2.2 Metode *Non Destructive Test (NDT)* 6

2.3 Mikrokontroller Arduino Uno 7

2.4 Modul DDS AD9850 8

2.5 Penguat Daya dengan *Operational Ampliefier (Op-Amp)* 9

2.6 Sensor Ultrasonik 10

2.7 *Liquid Crystal Display (LCD)* dan I2C 11

2.8 Sistem Pengukuran Kecacatan pada Beton 11

2.9 Karakteristik Statik Sistem Pengukuran 12

2.10 Studi Tugas Akhir Sebelumnya *(State of the Art)* 13

2.10.1 Pengukuran Lebar Keretakan Beton dengan Menggunakan Sensor Ultrasonic. 13

2.10.2 Pengukuran Kedalaman Retak pada Beton 15

2.10.3 Sistem Monitoring Berbasis *Internet of Things (IoT)*..... 16

2.10.4 Mengukur Kedalaman Retak pada Beton menggunakan Gelombang Ultrassonik 17

2.10.5 Inspeksi dengan menggunakan Metode *Non Destructive Testing (NDT)* 18

2.10.6 Perancangan Alat Uji NDT *Ultrasonic test* 19

2.10.7 Pengujian *Non Destructive Testing (NDT)* pada Piringan Metal 20

2.10.8 Monitor Proses Korosi dari Baja Tulangan pada Beton 21

2.10.9 Kontrol lampu Berbasis *Internet of Things (IoT)* 22

2.10.10 Pengaruh Jarak Tranduser Terhadap Pengukuran Kedalaman Retak pada Beton 22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 25

3.1 Prosedur Tugas Akhir 25

3.2 Perancangan Sistem 26

3.3 Pemilihan Komponen..... 28

3.4 Perancangan Perangkat Keras 28

3.4.1 Modul DDS AD9850 29

3.4.2 Modul LM386 30

3.4.3 Sensor Ultrasonik 31

3.4.4 Modul Sensor Tegangan 32

3.4.5 Modul Wifi ESP8266 33
3.5 Pengujian Hardware 33
3.6 Pembuatan Objek Uji 33
3.7 Perancangan Perangkat Lunak 38
3.8 Pengujian Pada Objek Uji 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Perakitan Hardware 41
4.2 Pengujian Hardware 43
4.2.1 Pengujian Sinyal Generator dengan Menggunakan Modul DDS AD9850 44
4.2.2 Pengujian Penguat Tegangan 46
4.2.3 Pengujian Penguatan Tegangan dengan Trafo Step Up 47
4.2.4 Pengujian Receiver 47
4.2.5 Pengujian Sensor Ultrasonik 49
4.2.6 Pengujian Pada Beton Uji dengan Cacat Buatan 52
4.2.7 Pengujian Validasi Alat 56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 61
5.1 Kesimpulan 61
5.2 Saran 61
DAFTAR PUSTAKA 63
LAMPIRAN 67
BIODATA PENULIS 72

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 NDT Dengan Sensor Ultrasonik (Swasoko & Rouf, 2017) 7
Gambar 2. 2 Mikrokontroller Arduino Uno (Pindrayana, Borman, Prasetyo, & Samsugi, 2018) 7
Gambar 2. 3 Konfigurasi Pin Antara Mikrokontroller Arduino Uno dengan Modul DDS AD9850 (Khanan & Ashar, 2020) 8
Gambar 2. 4 Gelombang Sinusoidal (Pratomo, Rouf, & Supardi, 2016) 9
Gambar 2. 5 Datasheet Pengaturan Clock DDS AD9850 (Swasoko & Rouf, 2017) 9
Gambar 2. 6 Rangakaian Op-Amp Penguatan 200 kali (Khanan & Ashar, 2020) 10
Gambar 2. 7 Tranduser Sensor Ultrasonik TCT40-16T/R 10
Gambar 2. 8 Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 dan I2C (Ebay, 2021) 11
Gambar 2. 9 Blok Diagram Sistem Pengukuran 12
Gambar 2. 10 Grafik deteksi cacat beton pertama oleh ketiga sensor 14
Gambar 2. 11 Grafik deteksi cacat beton kedua oleh ketiga sensor 14
Gambar 2. 12 Grafik deteksi cacat beton ketiga oleh ketiga sensor 15
Gambar 2. 13 Tabel hasil pengukuran 15
Gambar 2. 14 (a) Retak langsung (b) Retak Semi Langsung (c) Retak Tak Langsung 16
Gambar 2. 15 Cara pengukuran kedalaman retak 16
Gambar 2. 16 Diagram blok perancangan sistem 17
Gambar 2. 17 Pengukuran dengan metode ke 1 17
Gambar 2. 18 Persamaan matematis metode 1 17
Gambar 2. 19 Pengukuran dengan metode ke 2 18
Gambar 2. 20 Persamaan matematis metode 2 18
Gambar 2. 21 Resume hasil pengujian 19
Gambar 2. 22 Skema alat uji Non Destructive Test (NDT) 20
Gambar 2. 23 Table hasil perbandingan alat yang dibuat dengan alat ukur standar 20

Gambar 2. 24 Tabel koordinat 4 tranduser dan pusat cacat 21
Gambar 2. 25 Diagram eksperiman 21
Gambar 2. 26 Korosi pada LS1 21
Gambar 2. 27 Korosi pada LS2 21
Gambar 2. 28 Metode Bungey..... 22
Gambar 2. 29 Metode BS1881 22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir 25
Gambar 3. 2 Kerangka Prototype 26
Gambar 3. 3 Sensor Box 26
Gambar 3. 4 Skema Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton..... 27
Gambar 3. 5 Diagram Blok Sistem Pengukuran Kecacatan pada Beton 27
Gambar 3. 6 Skema Perancangan Hardware 29
Gambar 3. 7 Skema Pengujian Hardware 29
Gambar 3. 8 Modul DDS AD9850 30
Gambar 3. 9 Wiring Modul DDS AD9850 30
Gambar 3. 10 Modul LM386..... 31
Gambar 3. 11 Wiring Modul LM386..... 31
Gambar 3. 12 Sensor Ultrasonik TCT40-16 R/T..... 31
Gambar 3. 13 Wiring Sensor Ultrasonik..... 32
Gambar 3. 14 Modul Sensor Tegangan..... 32
Gambar 3. 15 Wiring Modul Sensor Tegangan..... 32
Gambar 3. 16 Modul Wifi ESP8266..... 33
Gambar 3. 17 Wiring Modul Wifi ESP8266..... 33
Gambar 3. 18 Mix Desain yang digunakan untuk membuat Beton..... 34
Gambar 3. 19 Proses Penimbangan setiap bahan yang digunakan..... 34
Gambar 3. 20 Pencampuran Semua Bahan dengan Menggunakan Mesin Mixer . 35
Gambar 3. 21 Proses Slum Test..... 35
Gambar 3. 22 Proses Pencetakan Adonan Beton..... 36
Gambar 3. 23 Proses Perawatan Beton 36
Gambar 3. 24 Beton Uji Berbentuk Kubus dengan Ukuran 150 mm x 150 mm .. 37
Gambar 3. 25 Beton Uji Dengan Panjang Kedalaman Cacat Buatan Sebesar 5,5 cm dan 6,5 cm 37

Gambar 3. 26 Beton Uji Dengan Panjang Kedalaman Cacat Buatan Sebesar 4,5 cm 37
Gambar 3. 27 Beton Uji Dengan Panjang Kedalaman Cacat Buatan Sebesar 2 cm dan 3 cm 38
Gambar 3. 28 Flowchart Perancangan Perangkat Lunak 39
Gambar 3. 29 Hasil Tampilan Software Pada Aplikasi Blynk 40
Gambar 4. 1 Sensor Box Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton Tampak Atas 41
Gambar 4. 2 Sensor Box Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton Tampak Samping Bagian Sensor Ultrasonik 41
Gambar 4. 3 Kerangka Sensor Box 42
Gambar 4. 4 Rangkaian Hardware 43
Gambar 4. 5 Pengujian Hardware dengan Menggunakan Osilokop 43
Gambar 4. 6 Nilai Input Frekeunsi yang di tampilkan pada LCD 45
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian dengan Menggunakan Osiloskop dengan Frekuensi 40 MHz 45
Gambar 4. 8 Hasil Pengukuran Tegangan Output dari Modul DDS AD9850 46
Gambar 4. 9 Hasil Pengukuran Output Penguat Tegangan 46
Gambar 4. 10 Hasil Pengukuran Output Penguat Tegangan dengan Menggunakn Trafo Step Up 47
Gambar 4. 11 Posisi Sensor Saat Pengujian Receiver 48
Gambar 4. 12 Hasil Pembacaan Output Tegangan Pada Receiver dengan Menggunakan Avometer 48
Gambar 4. 13 Hasil Pembacaan Output Receiver dengan Menggunakan Osiloskop 49
Gambar 4. 14 Posisi Sensor dengan Menggunakan Objek Lain 49
Gambar 4. 15 Hasil Pengukuran dengan Avometer pada Jenis Objek Lain 50
Gambar 4. 16 Posisi Sensor dengan Menggunakan Objek Beton pada Sisi yang terdapat cacat 51
Gambar 4. 17 Hasil Pengukuran dengan Avometer pada Jenis Objek Beton pada Sisi yang terdapat Cacat 51
Gambar 4. 18 Posisi Sensor terhadap Beton Uji 52

Gambar 4. 19 Beton Uji dengan Panjang Cacat Buatan 4 cm 52
Gambar 4. 20 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 14 cm 53
Gambar 4. 21 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 12 cm 53
Gambar 4. 22 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 10 cm 54
Gambar 4. 23 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 8 cm 54
Gambar 4. 24 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 6 cm 55
Gambar 4. 25 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 4 cm 55
Gambar 4. 26 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 2 cm 56
Gambar 4. 27 Hasil Pembacaan Alat Pada Beton Permukaan Normal Tanpa Cacat 57
Gambar 4. 28 Grafik Hasil Pembacaan Tegangan..... 58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pin Mikrokontroller Arduino dengan Modul DDS AD9850 8
Tabel 4. 1Tabel Hasil Pengujian Validasi Alat 57
Tabel 4. 2 Nilai Koreksi dan Error dari Hasil Kalibrasi. 58

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton yang merupakan sebuah elemen komposit yang memiliki peran penting dalam bidang sipil dan konstruksi dimana dapat menjadikan suatu bangunan menjadi kuat dan tahan lama (Chand, Prasad, Mamun, & Islam, 2019). Pada sebuah struktur beton menahan beban pada suatu bangunan dimana beban yang ditahan oleh sebuah struktur beton jika menagalami pertamabahan beban yang melebihi dari kemampuan beton maka dapat mengakibatkan terjadinya retak (Herlambang & Setyono, 2017). Selain pembebanan yang berlebih cacat pada beton juga terjadi karena korosi. Korosi yang terjadi pada struktur beton menjadi salah satu alasan terhadap penurunan kinerja dan juga kualitas struktur (Li, et al., 2020). Kerusakan atau cacat yang terjadi pada beton umumnya dikelompokkan menjadi 3 yaitu Retak (Cracks), Voids, Scalling. Retak merupakan jenis kerusakan atau kecacatan yang paling sering terjadi pada beton (Chelcea, 2017). Kerusakan yang sering terjadi pada struktur beton yang dibiarkan tanpa adanya sebuah pencegahan akan mempengaruhi dari kekuatan beton bertulang bahkan dapat menyebabkan beton tersebut hancur.

Kecacatan yang terjadi pada beton akibat dari terjadinya korosi dapat diketahui dengan melakukan uji tak merusak (Non Destructive Testing) dengan menggunakan metode ultrasonic test (Swasoko & Rouf, 2017) . Kedalaman dan lebar retak yang terdapat pada sebuah beton dapat diukur dengan memancarkan gelombang ultrasonic dengan memperhatikan waktu tempuh gelombang yang menjalar pada struktur beton (Linggasari, 2019). Apabila terjadi kenaikan tegangan dari sinyal yang dipancarkan, maka di dalam obyek tersebut terdapat cacat (Swasoko & Rouf, 2017).

Sistem Monitoring kecacatan yang terjadi pada struktur beton melalui uji kualitas struktur beton merupakan system yang dirancang untuk melakukan pengawasan terhadap struktur beton agar dapat segera dilakukan pencegahan jika sudah terjadi keretakan pada struktur beton sehingga kecacatan pada struktur beton

tidak semakin parah sehingga nantinya akan mengakibatkan kerugian dan juga resiko membahayakan. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Swasoko & Rouf, 2017) hanya dilakukan sebuah pengukuran terhadap lebar retak yang timbul pada beton. Pada penelitian ini belum adanya system monitoring, oleh karena itu pada penelitian ini merancang sebuah system monitoring untuk mengukur lebar retak yang ada pada beton akibat dari terjadinya korosi. System monitoring ini dibangun dengan menerapkan konsep IoT (Internet of Things) yaitu berfungsi untuk mengumpulkan data-data yang dihasilkan oleh masing-masing benda yang terhubung ke internet untuk dapat diolah dan dianalisis menjadi informasi yang berguna, sehingga nantinya dapat digunakan untuk mengontrol dan memonitor benda tersebut (Sorongan, Hidayati, & Kuat, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a) Bagaimana mendeteksi adanya cacat pada beton dengan metode *Non Destructive Test (NDT)* dengan menggunakan sensor ultrasonic ?
b) Bagaimana memonitoring kecacatan pada beton akibat dari terjadinya pembebanan yang berlebih pada struktur beton berbasis aplikasi Blynk?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a) Mendeteksi adanya cacat pada beton dengan menggunakan metode *Non Destructive Test (NDT)* menggunakan sensor ultrasonic.
b) Memberikan informasi berupa grafik hasil pengukuran mengenai adanya cacat yang terdapat pada struktur beton berbasis aplikasi Blynk.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang, Batasan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a) Frekuensi yang digunakan untuk membangkitkan sinyal yaitu sebesar 40 Mhz.

b) Batas Tinggi yang diukur maksimal 30 cm.
c) Pengukuran yang dilakukan merupakan pendeteksian adanya cacat yang ditunjukkan oleh perubahan dari tegangan output yang terukur.
d) Keadalaman Cacat dari permukaan beton divariasikan dengan ukuran 2 cm, 3 cm, 4,5 cm, 5,5 cm, 6,5 cm.
e) Ukuran beton Uji yang digunakan yaitu bentuk Kubus dengan ukuran 150 mm x 150 mm (SNI 03-4810-1998) sebanyak 2 buah.
f) Ketinggian dan pergeseran alat dilakukan oleh user, tetapi bukan user yang memegang Sensor box sehingga pengukuran tetap dalam keadaan steady.
g) Beton yang digunakan adalah jenis beton tanpa tulang.
h) Monitoring yang dilakukan yaitu pengukuran lebar retak yang terjadi akibat diberikannya pembebenan terhadap beton uji dengan menganalisa grafik hasil pembacaan sensor ultrasonic.
i) Tidak dilakukan pengujian hysteresis.

1.5 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini dibuat dengan sistematika laporan yang dibagi menjadi 5 bab yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah dari tugas akhir saya. Rumusan masalah, tujuan, Batasan masalah dan sistematika laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini berisi tentang dasar teori untuk mendukung system monitoring kecacatan pada beton

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai alur pengerjaan tugas akhir dan juga metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang data-data yang di dapat dari pengerjaan tugas akhir dan juga berisikan mengenai pembahasan dari data-data yang di dapat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir dan saran untuk pengembangan tugas akhir kedepannya.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kecacatan Pada Beton

Beton merupakan bahan yang mudah dibentuk, tahan temperatur tinggi dan memiliki kekuatan tinggi tetapi kemampuan daya kuat tariknya rendah. Retak pada beton dapat disebabkan oleh pembebanan serta penyusutan karena perbedaan suhu yang besar atau oleh proses kimiawi antara semen dan agregat selama pemrosesan (Hafid & Rahayu, 2020). Beton juga memiliki sifat utama yaitu beton memiliki kemampuan sanagt kuat dalam menerima beban tekan, hal ini mempengaruhi perbedaan mutu beton (Nugraha, 2018). Mutu beton tergantung dari kemampuan beton untuk menerima gaya dari beban per satuan luas dari beton (Wallah & Bonny, 2019).

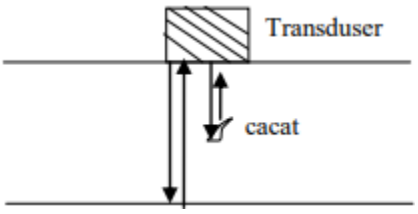
Kerusakan atau cacat yang terjadi pada beton umumnya dikelompokkan menjadi 3 yaitu Retak (Cracks), Voids, Scallingi. Retak merupakan jenis kerusakan atau kecacatan yang paling sering terjadi pada beton. Secara visual cacat pada beton ini nampak seperti garis (Chelcea, 2017). Keretakan yang terjadi pada beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu retak structural yang terjadi akibat tegangan dan pembebanan yang berlebihan, retak susut plastis yang diakibatkan karena keadaan kelembaban permukaan beton segar yang mengalami penguapan air lebih cepat dari permukaan beton , retak settlement terjadi karena masalah pada material beton, retak susut kering terjadi karena kandungan air pada perukaan tinggi, dan retak suhu yang disebabkan karena perbedaan suhu yang terjadi di lokasi pembetonan (Sulardi, 2018).

Keretakan atau kecacatan yang terjadi pada suatu bangunan dengan menggunakan beton bertulang bisa dideteksi lebih dini untuk bisa dilakukan sebuah pencegahan dengan mengatahui adanya retak yang timbul pada struktur beton (Aditama & Wedyantadji, 2021). Kecacatan atau kerusakan pada beton biasanya berupa retak-retak. Dalam hal kecacatan yang terjadi pada beton sangatlah penting untuk mengetahui kedalaman retak yang terdapat pada beton. Hal ini dikarenakan

dengan mengetahui kedalaman retaknya dapat segera dilakukan pencegahan agar kondisi struktur beton tidak semakin parah hingga menyebabkan kerugian (Herlambang & Setyono, 2017).

2.2 Metode *Non Destructive Test (NDT)*

Non Destructive Testing (NDT) merupakan suatu metode yang dilakukan terhadapa benda uji untuk mengetahui adanya kecacatan pada permukaan atau di dalam suatu benda uji tersebut (Pramono, 2019). Metode ultrasonic memanfaatkan gelombang ultrasonic dengan frekuensi diatas 40Khz. Metode ini terdiri dari pulser/Receiver, Tranducer, dan display. NDT dengan metode Ultrasonic memiliki tingkat akurasi yang baik dengan menggunakan mikrokontroller (Sumarjo & Aa Santosa, 2017). Metode NDT bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kondisi material yang mungkin menyebabkan kegagalan sehingga dapat menganggu kinerja dari unit. Salah satu metode NDT yaitu Ultrasonic test dimana metode dengan menggunakan sensor ultrasonic ini banyak digunakan untuk mendeteksi adanya diskontinuitas seperti cacat permukaan maupun cacat dekat permukaan. Metode NDT dengan menggunakan sensor ultrasonic ini menggunakan media gelombang ultrasonic yang mempunya frekuensi tinggi lebih dari 20khz (aziz, 2018). Metode ini bekerja dengan prinsip memanfaatkan rambatan dari gelombang ultrasonic yang dipancarkan oleh tranduser. Gelombang ultrasonic sendiri dibangkitkan melalui peralatan pulser untuk menghasilkan gelombang dengan frekuensi tinggi. Gelombang yang dipancarkan menjalar melalui material benda uji, jika sepanjang jalur terdapat kecacatan (crack) maka akan dipantulkan Kembali dari permukaan cacat tersebut. Gelombang ultrasonic yang dipantulkan Kembali akan diubah menjadi sinyal listrik oleh tranduser dan hasilnya akan ditampilkan melalui display. Waktu tempuh suatu sinyal dapat diubah secara langsung menjadi jarak yang ditempuh oleh sinyal tersebut. Semakin pendek jarak lubang pada benda padat maka hasil tegangan dari amplitude yang diperoleh semakin besar (Swasoko & Rouf, 2017).



Gambar 2. 1 NDT Dengan Sensor Ultrasonik (Swasoko & Rouf, 2017)

Gelombang ultrasonic merupakan gelombang yang membutuhkan sebuah medium sebagai perantaranya. Ketika suatu gelombang ultrasonic merambat menembus suatu medium maka gelombang ultrasonic akan mengalami suatu kejadian dimana gelombang ultrasonic mengalami kehilangan beberapa energi yang disebut koefisien antenuitas.

2.3 Mikrokontroller Arduino Uno

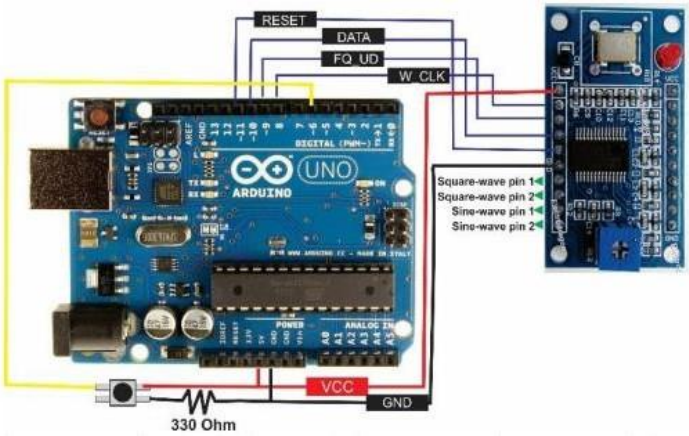
Arduino Uno merupakan salah satu jenis mikrokontroller yang menggunakan Mikrokontroller Atmega 328P. Atmega 328 sendiri merupakan chip controller 8-bit yang berbasis AVR-RISC yang memiliki kapasitas memori flash sebesar 32 kb (Handoko, 2017). Arduino Uno digunakan untuk memberikan input frekuensi ke Modul DDS AD9850 yang nantinya akan diubah menjadi gelombang sinusoidal. Selain itu juga digunakan untuk mengolah data hasil pengukuran oleh sensor ultrasonic sebelum dikirim menggunakan modul wifi.

Gambar 2. 2 Mikrokontroller Arduino Uno (Pindrayana, Borman, Prasetyo, & Samsugi, 2018)

Arduino Uno memiliki 20 pin I/O dengan 6 buah pin input analog dan 14 pin digital I/O. Pin input analog juga dapat digunakan sebagai output digital dengan mengubah konfigurasi program yang digunakan (Arijaya, 2019).

2.4 Modul DDS AD9850

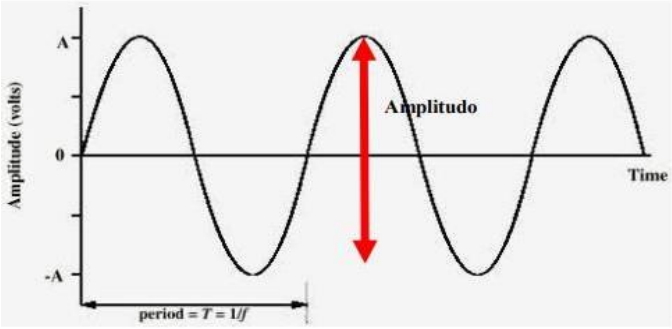
Untuk memberikan input berupa nilai frekuensi menggunakan modul DDS AD9850 yang diatur oleh mikrokontroller Arduino. Dimana nanti mikrokontroller Arduino akan memberikan intruksi untuk mengubah nilai nilai yang dimasukkan oleh user diubah menjadi sebuah gelombang sinusoidal. Berikut ini konfigurasi pin antara mikrokontroller Arduino dengan Modul DDS AD9850. Gelombang sinusoidal ini nantinya akan dilihat berapa tengangan amplitudonya Ketika menembus struktur beton.



Gambar 2. 3 Konfigurasi Pin Antara Mikrokontroller Arduino Uno dengan Modul DDS AD9850 (Khanan & Ashar, 2020)

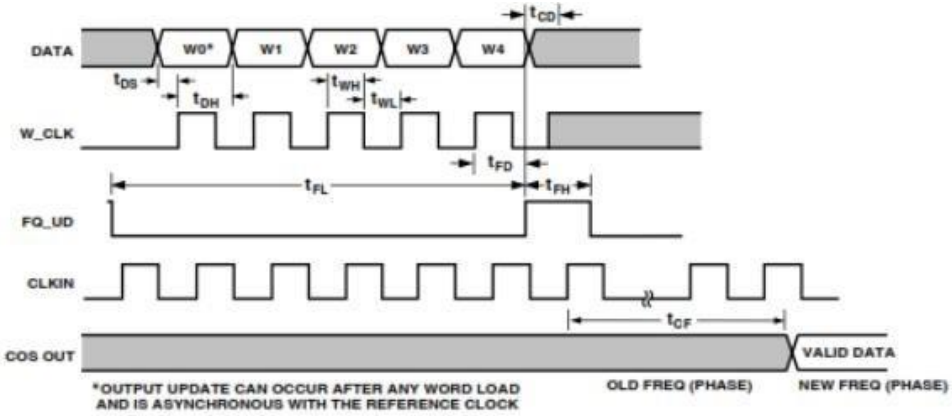
Tabel 2. 1 Pin Mikrokontroller Arduino dengan Modul DDS AD9850

Mikrokontroller Arduino Uno	Modul DDS AD9850
Pin 8	W_CLK
Pin 9	FQ_UD
Pin 10	DATA
Pin 11	RESET
Pin Vcc	VCC
Pin Gnd	GND



Gambar 2. 4 Gelombang Sinusoidal (Pratomo, Rouf, & Supardi, 2016)

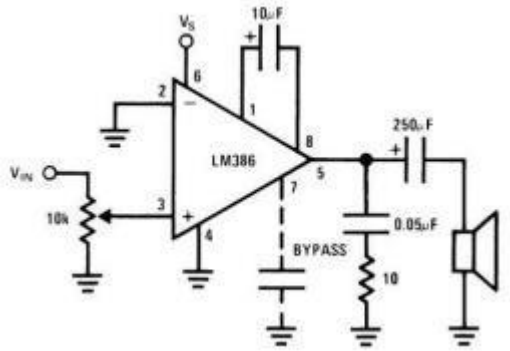
Berdasarkan datasheet dari AD9850 dalam pengaturan berapa clock yang diperlukan pada masing-masing pin telah dijelaskan seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 5 Datasheet Pengaturan Clock DDS AD9850 (Swasoko & Rouf, 2017)

2.5 Penguat Daya dengan *Operational Ampliefier (Op-Amp)*

Penguatan daya dengan menggunakan Op-Amp berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran dari DDS AD9850 dimana output sinyal yang dikeluarkan oleh modul DDS AD9850 masih sangatlah kecil. Dikarenakan untuk pengukuran membutuhkan sinyal dengan tegangan yang tinggi maka diperlukan rangkaian penguat tegangan dengan menggunakan Op-Amp.



Gambar 2. 6 Rangakaian Op-Amp Penguatan 200 kali (Khanan & Ashar, 2020)

2.6 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonic dapat digunakan untuk system pengukuran retak yang terjadi pada struktur beton. Hal ini dikarenakan sensor ultrasonic memiliki prinsip kerja dimana memanfaatkan gelombang ultrsaonik dengan frekuensi tinggi yaitu sebesar 40 Khz 10 hingga 400 Khz yang dipancarkan ke struktur beton .Gelombang ultrasonic ini memiliki sifat yaitu dapat merambat di segala medium seperti fluida maupun medium padat. Gelombang ultrasonic tidak bisa merambat pada media hampa. Ketika gelombang ultrasonic melewati sebuah medium maka gelombang ultrasonic akan mengalami 3 keadaan yaitu gelombang akan diteruskan, dibiaskan atau dipantulkan (Boimau, Irmawanto, & Taneo, 2019) .

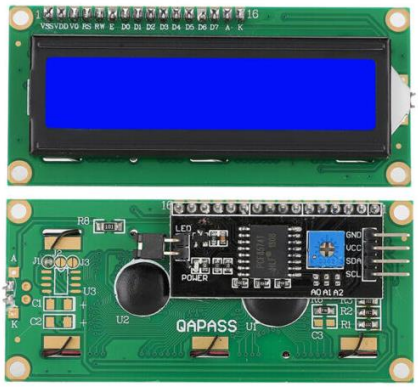
Gambar 2. 7 Tranduser Sensor Ultrasonik TCT40-16T/R

Sensor ultrasonic dapat mendeteksi objek berupa retakan Ketika gelombang telah berhasil menembus struktur beton sehingga akan terjadi perubahan tegangan. Sensor ultrasonic terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver, dimana masing-masing bagian dari sensor ultrasonic ini memiliki rangkaian masing-masing (Boimau, Irmawanto, & Taneo, 2019). Pada bagian transmitter memiliki rangkaian untuk memancarakan gelombang ultrasonic dengan tegangan tinggi agar gelombang yang dihasilkan dapat menembus struktur beton. Pada bagian receiver

sensor ultrasonic memiliki rangkaian dengan menggunakan penguat tengangan agar hasil tegangan yang terukur dapat terbaca.

2.7 *Liquid Crystal Display (LCD)* dan I2C

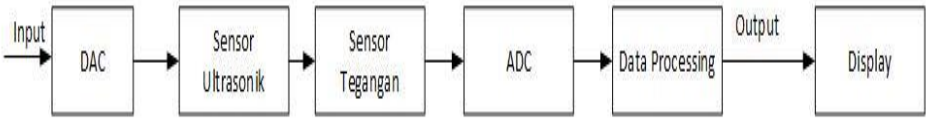
LCD merupakan komponen yang digunakan sebagai display untuk menampilkan data. LCD yang digunakan merupakan jenis LCD tipe 16x2. Untuk menggunakan LCD sebagai display perlu menggunakan komponen I2C yang digunakan sebagai standar komunikasi serial dua arah yang digunakan untuk mengirim maupun menerima data. I2C sendiri memiliki 2 saluran yaitu SCL *(Serial Clock)* dan SDA *(Serial Data)* (Saghoa, Sherwin, & Tulung, 2018).



Gambar 2. 8 Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 dan I2C (Ebay, 2021)

2.8 Sistem Pengukuran Kecacatan pada Beton

Sistem pengukuran merupakan hasil pembacaan dari sensor ultrasonic yang merupakan sensor dengan input yang diberikan berupa nilai frekuensi yang telah diinputkan melalui mikrokontroller dan diproses oleh Modul DDS AD9850 sebagai *Digital to Analog Converter (DAC)*, dimana input yang mulanya berupa digital diubah ke analog yaitu nantinya akan dirubah menjadi gelombang sinusoidal yang nantinya amplitude dari gelombang yaitu berupa tegangan yang akan dikuatkan dan dipancarkan oleh sensor ultrasonic. Data output dari sensor ultrasonic akan diolah oleh mikrokontroller berupa data processing dengan menampilkan tegangan output yang terukur untuk di displaykan ke LCD dan juga aplikasi *Blynk*.



Gambar 2. 9 Blok Diagram Sistem Pengukuran

2.9 Karakteristik Statik Sistem Pengukuran

Pada system pengukuran terdapat suatu karakteristik static yang harus diperhatikan yaitu jika alat yang digunakan untuk mengukur suatu kondisi yang tidak berubah terhadap waktu. Berikut ini ada beberapa karakteristik static yang perlu diperhatikan yaitu presisi, rata-rata hasil pengukuran, span dan jangkauan (range).

1. Presisi

   Presisi merupakan derajat kebebasan dari suatu system pengukuran yang di dapat dari suatu kesalahan yang acak (Wikrama, Suwandi, & Iskandar, 2018). Jika presisi yang di dapat besar maka penyebaran pembacaan kecil. Presisi tidak menentukan akurasi pengukuran (Rizqullah, Drs., & Ahmad Qurthobi, 2019).

   $\text{Presisi} = 1 - \frac{3\sigma}{\bar{x}}$ ……..(2.1)

2. Rata-Rata Hasil Pengukuran

   Merupakan rata-rata jumlah dari seluruh data hasil pengukuran yang dibagi banyaknya data. Untuk menghitung nilai dari rata-rata hasil pengukuran dapat menggunakan rumus berikut : (Rizqullah, Drs., & Ahmad Qurthobi, 2019).

   $Rata - rata = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$ ……(2.2)

3. Range

   Merupakan jangkauan pengukuran dari sebuah system pengukuran. Nilai range dari suatu pengukuran ditentukan dari nilai minimum dan nilai maksimum input dan output.

4. Span

   Span merupakan hasil selisih dari nilai minimum dan maksimum dari input dan output suatu hasil system pengukuran.

   $Span = I_{max} - I_{min} = O_{max} - O_{min}$ ……(2.2)

5. Standar Deviasi

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i - x}{n-1}}$ …….. (2.3)

6. Ketidak Pastian Pengukuran

$U_a = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$……...(2.4)

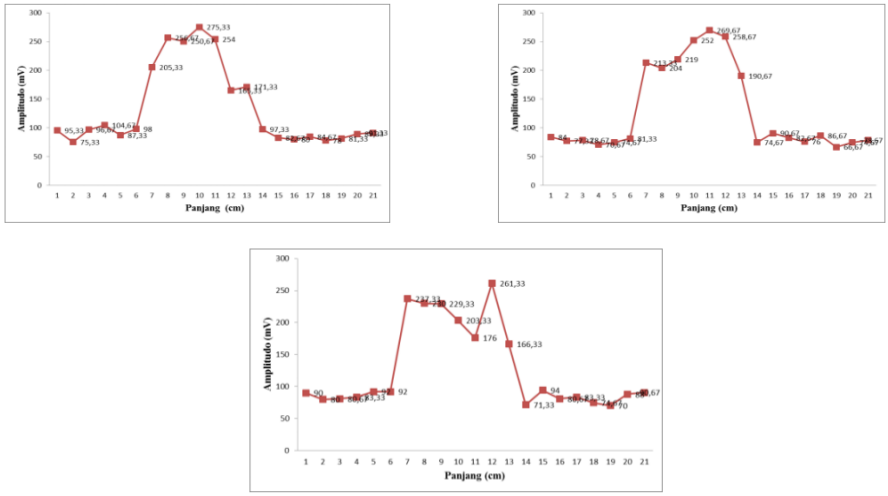
7. Error

$Error = \frac{Nilai\ terukur - \ Nilai\ sebenarnya}{Nilai\ sebenarnya}\ x\ 100\ \%$.....(2.5)

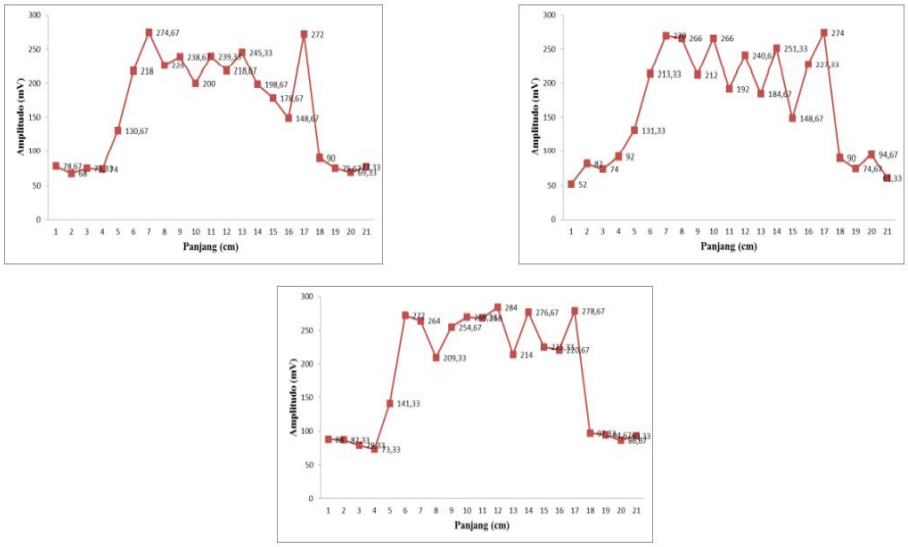
2.10 Studi Tugas Akhir Sebelumnya *(State of the Art)*

2.10.1 Pengukuran Lebar Keretakan Beton dengan Menggunakan Sensor Ultrasonic.

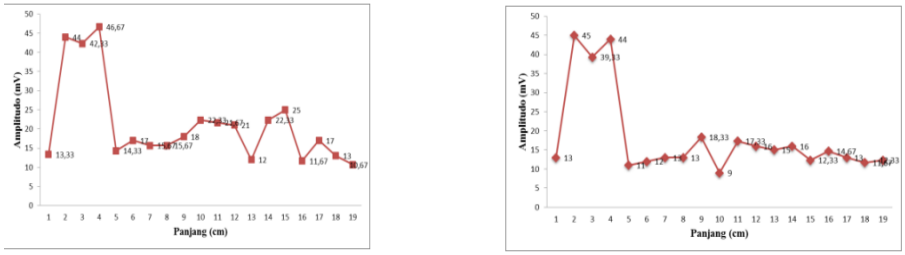
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Swasoko & Rouf, 2017) pengukuran lebar retak pada beton menggunakan Pengujian Non Destructive Test (NDT) yaitu dengan cara ultrasonic test. Dalam pengujian ini terdapat beberapa factor yang perlu diperhatikan seperti jarak keretakan dari permukaan, bentuk dari retak yang terjadi dan ukuran dari sebuah retak. Pengujian ini menggunakan metode Pembangkit Pulsa tiga sensor ultrasonic. Penelitian ini melakukan beberapa pengujian yaitu pengujian mikrokontroler dan AD9850. Dari pengujian ini didapat hasil penelitian bahwa Frekuensi pada mikrokontroler diatur dari pada 40 kHz. Keluaran amplitudo frekuensi minimal yang dapat dihasilkan adalah 0 V sedangkan maksimalnya adalah ±1,04 V. Selanjutnya pengujian *transmitter* pada benda uji. Dari hasil pengujian ini didapat bahwa a jarak tempuh dari gelombang akan mempengaruhi nilai dari amplitudo maupun tegangan yang diperoleh maka dari ke tiga hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ketika amplitudo maupun tegangan yang didapat dari pengukuran gelombang pantul yang dipantulkan dari dalam struktur beton memiliki perbedaan yang cukup segnifikan pada setiap variasi pengukuran yang menunjukkan bahwa nilai amplitudo maupun tegangan meningkat, maka dapat diindikasi bahwa sensor mendeteksi adanya cacat.

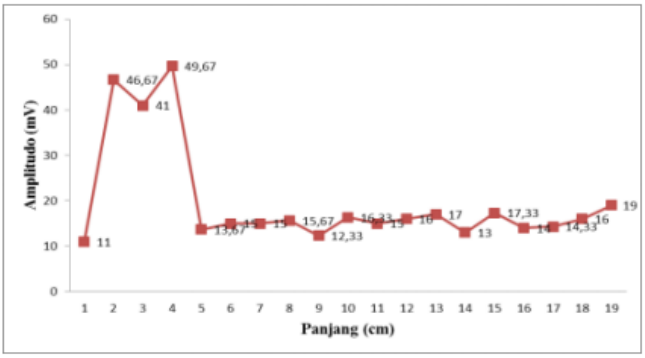


Gambar 2. 10 Grafik deteksi cacat beton pertama oleh ketiga sensor



Gambar 2. 11 Grafik deteksi cacat beton kedua oleh ketiga sensor





Gambar 2. 12 Grafik deteksi cacat beton ketiga oleh ketiga sensor

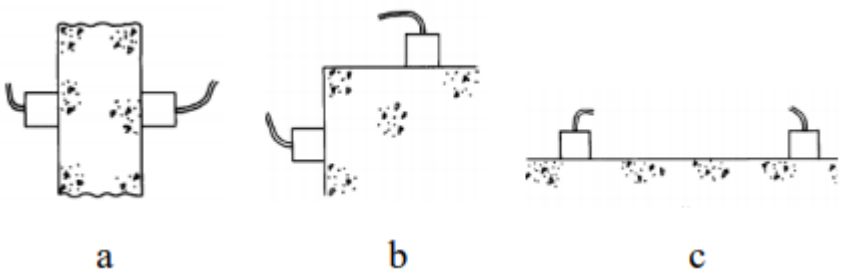
Selanjutnya dilakukan kalibrasi terhadap hasil pengukuran sensor dengan retak yang dibuat. Dari hasil penelitian berupa table dibawah didapat bahwa rata-rata selisih nya yaitu sebesar 0,5 cm.

No.	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang cacat buatan (cm)	Ukuran terdeteksi sensor (cm)			Selisih (cm)		
					S1	S2	S3	S1	S2	S3
1	21	9	6,5	5,5	6	6	6	0,5	0,5	0,5
2	21	9	6,5	11,5	12	12	12	0,5	0,5	0,5
3	20	10	8	2	0	0	0	0	0	0

Gambar 2. 13 Tabel hasil pengukuran

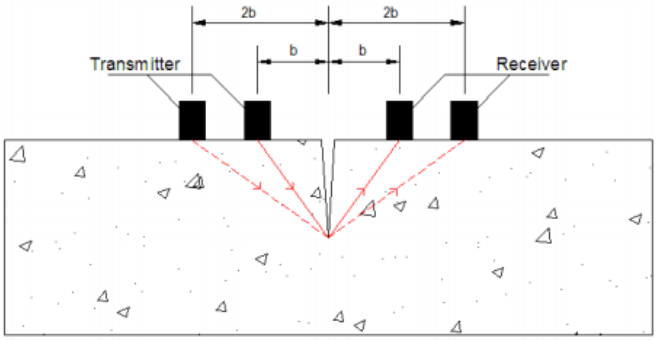
2.10.2 Pengukuran Kedalaman Retak pada Beton

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Hafid & Rahayu, 2020) kedalaman retak yang terjadi pada beton diukur dengan menggunakan metode *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT)*. Tujuan dari penelitian yang dilakukan untuk mengukur kedalaman retak beton pada lantai, dinding kanal, dan dinding Gedung sebagai rekomendasi dasar untuk dilakukan sebuah Tindakan injeksi struktur beton. Metode yang digunakan yaitu pengujian UPVT dimana metode ini telah menjadi pengujian berbasis ultrasonic modern yang menggunakan frekuensi 20-150 khz. Pengujian ini didasarkan pada kecepatan pulsa melalui transmisi. Terdapat 3 metode yang digunakan yaitu metode pengujian langsung *(direct method)*, metode pengujian setengah langsung *(semidirect method)* dan metode pengujian tidak langsung *(indirect method).*



Gambar 2. 14 (a) Retak langsung (b) Retak Semi Langsung (c) Retak Tak Langsung

Metode pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan alat uji UPVT yang merupakan metode uji tak rusak pada beton.

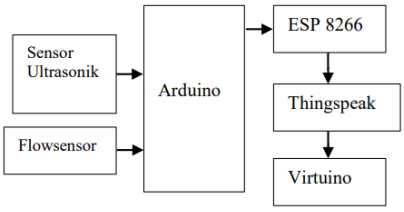


Gambar 2. 15 Cara pengukuran kedalaman retak

Dari penelitian didapatkan hasil penelitian yaitu dari pengujian yang dilakukan pada ketiga jenis tempat yaitu pada lantai, dinding kanal, dan dinding Gedung didapat bahwa kedalaman retak tertinggi terdapat pada dinding kanal. Retak yang terjadi pada tempat ini melewati ketebalan selimut beton yang memiliki fungsi pelindung baja tulangan beton terhadap kontak dengan udara terbuka guna mencegah korosi.

2.10.3 Sistem Monitoring Berbasis *Internet of Things (IoT)*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Sorongan, Hidayati, & Priyono, 2018) konsep *Internet of Things (IoT)* dapat membuat sebuah perangkat berkomunikasi seperti mengirim ataupun menerima melalui jaringan internet. Aplikasi pendukung IoT yang digunakan pada penelitian ini yaitu aplikasi Virtuino dan Thingspeak. Dengan menggunakan aplikasi ini informasi dari hasil pengukuran dapat dimonitoring secara *real time* oleh user tanpa perlu melakukan pengecekan secara langsung ke lapangan. Metode yang digunakan yaitu meliputi proses perencanaan, perancangan, implementasi, pengujian alat, pengambilan data, dan analisis. Alat yang dirancang pada penelitian ini digunakan untuk memantau dan memberikan notifikasi peringatan terhadap keadaan kondisi bahan bakar berupa ketinggian yang berbasis web.

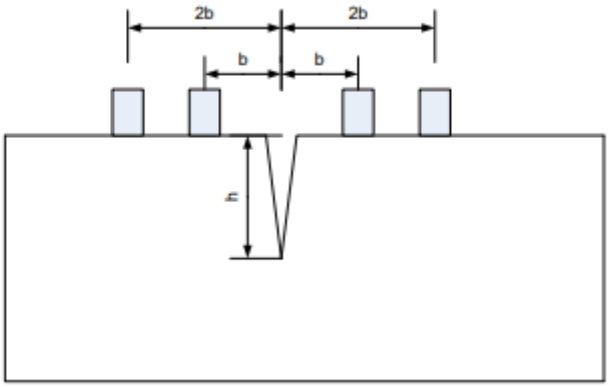


Gambar 2. 16 Diagram blok perancangan sistem

Dari penelitian ini setelah dilakukan beberapa pengujian didapatkan bahwa perancangan system sudah sesuai seperti data yang ditampilkan pada thingspeak berupa grafik dan juga database. Fungsi alarm sudah berjalan dengan sesuai kondisi yaitu akan berbunyi jika kondisi tangi akan habis atau kosong.

2.10.4 Mengukur Kedalaman Retak pada Beton menggunakan Gelombang Ultrassonik

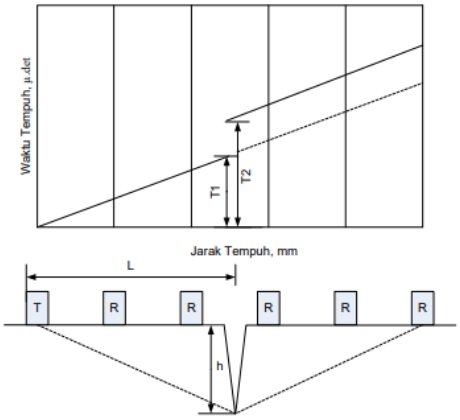
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Linggarsari, 2019) menggunakan gelombang ultrasonic untuk memperkirakan kedalaman retak terbuka yang terjadi pada beton. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 jenis metode yaitu metode pertama yang digunakan yaitu standard BS 1881 bagian 203 sedangkan untuk metode kedua yang digunakan yaitu manual buku pada alat PUNDIT CNS Electronics.



Gambar 2. 17 Pengukuran dengan metode ke 1

$$h = b\sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}}$$

Gambar 2. 18 Persamaan matematis metode 1



Gambar 2. 19 Pengukuran dengan metode ke 2

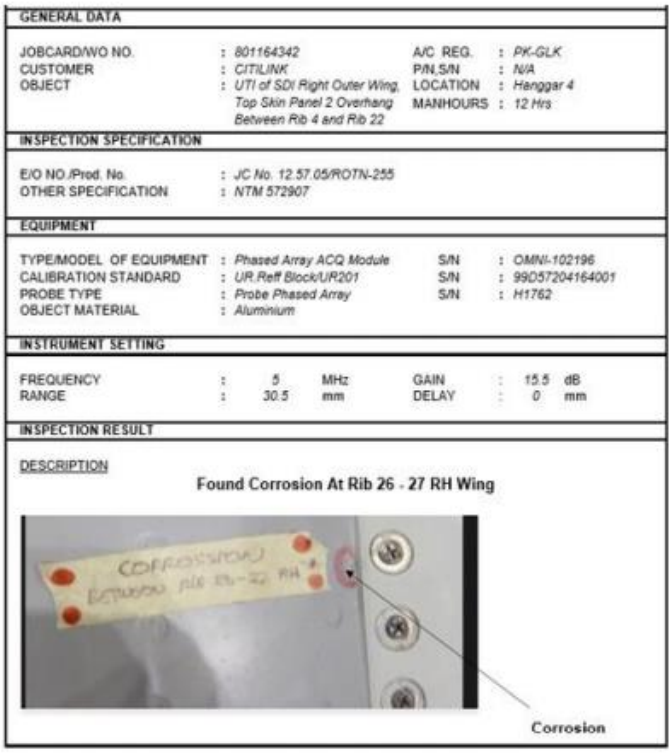
$$h = \frac{L}{2}\left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{T_1}{T_2}\right)$$

Gambar 2. 20 Persamaan matematis metode 2

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pengukuran keretakan dengan menggunakan metode 1 dan metode 2 didapatkan hasil yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan yaitu sebesar 1%-2%, oleh karena itu kedua metode ini memiliki akurasi yang baik dalam memperkirakan kedalaman keretakan yang terjadi pada beton.

2.10.5 Inspeksi dengan menggunakan Metode *Non Destructive Testing (NDT)*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Pujono & Galih, 2018) Metode *Non Destructive Test* digunakan untuk melakukan inspeksi dan cara untuk menemukan cacat. Salah satu metode NDT yang digunakan yaitu dengan mengguanakan alat *Ultrasonic Phased Array.* Alat yang digunakan ini khusus untuk inspeksi *upper wing.* Metode ini digunakan dikarenakan dapat mendeteksi cacat dengan cepat dan akurat secara optimal dan membutuhkan waktu seminimal mungkin. Dari hasil pengujian pada penelitian ini didapatkan bahwa korosi yang terdapat pada *upper wing top skin panel* adalah adanya korosi di sekitar baut dari *rear spar*, yang mana jika korosi di daerah itu telah menipiskan ketebalan material ≥ 10% dari tebal material yaitu 10 mm.



GENERAL DATA

JOBCARD/WO NO.	: 801164342	A/C REG.	: PK-GLK
CUSTOMER	: CITILINK	P/N,S/N	: N/A
OBJECT	: UTI of SDI Right Outer Wing, Top Skin Panel 2 Overhang Between Rib 4 and Rib 22	LOCATION	: Hanggar 4
		MANHOURS	: 12 Hrs

INSPECTION SPECIFICATION

E/O NO./Prod. No.	: JC No. 12.57.05/ROTN-255
OTHER SPECIFICATION	: NTM 572907

EQUIPMENT

TYPE/MODEL OF EQUIPMENT	: Phased Array ACQ Module	S/N	: OMNI-102196
CALIBRATION STANDARD	: UR.Reff Block/UR201	S/N	: 99D57204164001
PROBE TYPE	: Probe Phased Array	S/N	: H1762
OBJECT MATERIAL	: Aluminium		

INSTRUMENT SETTING

FREQUENCY	: 5	MHz	GAIN	: 15.5	dB
RANGE	: 30.5	mm	DELAY	: 0	mm

INSPECTION RESULT

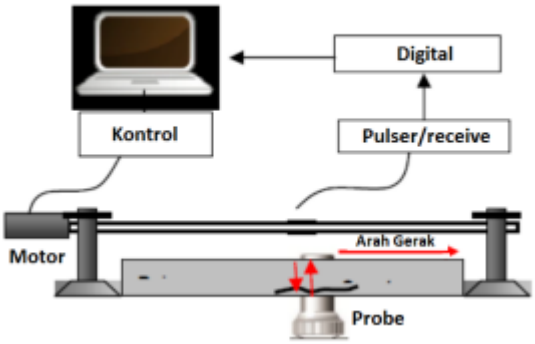
DESCRIPTION

Found Corrosion At Rib 26 - 27 RH Wing

Gambar 2. 21 Resume hasil pengujian

2.10.6 Perancangan Alat Uji NDT *Ultrasonic test*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Sumarjo, Santosa, & Purbowo, 2017) sebuah alat ukur dirancang tanpa merusak benda uji dengan menggunakan prinsip *Non destructive Testing (NDT) ultrasonic Test*. Alat yang dirancang menggunakan 2 buah motor penggerak yang diatur oleh sensor dengan menggunakan *Microcontroller*. Metode yang digunakan yaitu *ultrasonic test* dimana sensor akan mendeteksi keberadaan cacat pada logam dengan menggunakan 2 buah probe yang memancarkan gelombang ultrasonic. Setelah alat ini berhasil dirancang maka alat ini harus dikalibrasi. Alat ini dikalibrasi dengan menggunakan alat ukur standar yaitu dengan menggunakan 2 buah jenis material seperti baja dan tembaga.



Gambar 2. 22 Skema alat uji Non Destructive Test (NDT)

Berdasarkan pengujian kalibrasi yang dilakukan terhadap alat yang dirancang didapatkan hasil bahwa kalibrasi dengan menggunakan material baja kecepatan rambatnya sebesar 3,13, sedangkan kalibrasi dengan menggunakan material tembaga sebesar 2,39.

NO	PARAMETER	ALAT UKUR STANDAR		ALAT UKUR YANG DIBUAT		SELISIH %	
		BAJA	TEMBAGA	BAJA	TEMBAGA	BAJA	TEMBAGA
1	Panjang Gelombang λ	0,00168	0,00143	0,147	0,125	14,50%	12%
2	Jarak s	22932	15030	111720	30060	89%	15%
3	Kemampuan Deteksi $\emptyset$	0,00084	0,000715	0,0735	0,0625	88%	15%
4	Pengukuran Tebal bahan d	39	30	38,75	20	7%	6%

Gambar 2. 23 Table hasil perbandingan alat yang dibuat dengan alat ukur standar

2.10.7 Pengujian *Non Destructive Testing (NDT)* pada Piringan Metal

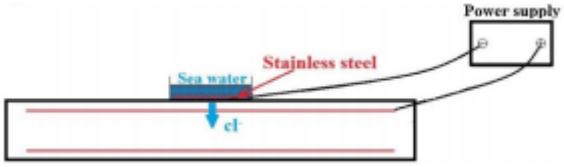
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Shen, Chen, Zhang, Yao1, & Tan, 2017) memiliki tujuan untuk mendesain, fabrikasi langsung dan pengujian terhadap tranduser ultrasonic pada struktrur piringan dan melakukan metode pengujian *Non Destructive Test* untuk mendeteksi kerusakan menggunakan rangkaian sensor yang terdiri dari *Direct-write Ultrasonic Transduser.* Transduser terbuat dari polimer *Poli-Piezoelectric*. Tranduser ultrasonic piezoelectric digunakan pada penelitian ini sebagai actuator, tegangan yang diterapkan antara elektroda atas dan substrat aluminium menekan film piezoelektrik dan menghasilkan gelombang ultrasonik di piringan. melalui efek piezoelektrik berlawanan. Untuk transduser yang digunakan sebagai sensor, keluaran listrik dihasilkan sebagai respons terhadap stimulasi gelombang ultrasonik yang lewat. Ketika gelombang dihasilkan oleh satu tranduser mengalami kerusakan, gelombang yang tersebar akan terdeteksi oleh 3 tranduser lainnya. Dari pengujian didaptkan hasil yaitu koordinat pusat cacat terletak pada 55.00 sumbu x dan 41.00 sumbu y.

Unit: mm	x-koordinat	y-koordinat
transducer 1	-0,15	85,49
transducer 2	80,79	85,08
transducer 3	80,54	0,00
transducer 4	0.00	0.00
Cacat	55.00	41.00

Gambar 2. 24 Tabel koordinat 4 tranduser dan pusat cacat

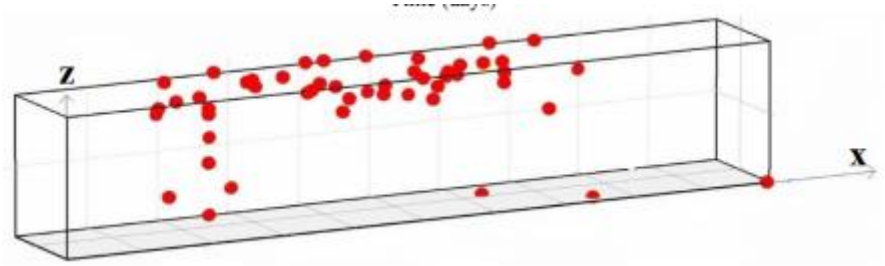
2.10.8 Monitor Proses Korosi dari Baja Tulangan pada Beton

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Li, et al., 2020) memiliki tujuan penelitian untuk memantau seluruh proses korosi pada balok beton bertulang. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggabungkan sensor elegtromagnetik (EM) dengan peralatan emisi akustik (AE).

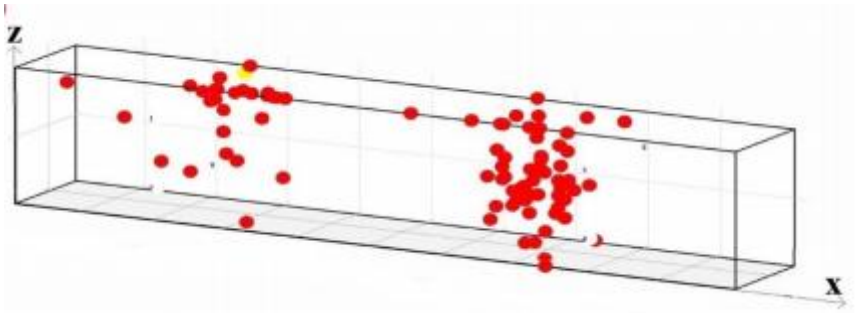


Gambar 2. 25 Diagram eksperiman

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa Longitudinal reinforced (LS1) mengalami korosi yang buruk. Ada beberapa poin yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya yaitu lingkungan mikro di dalam betony aitu kelembaban yang akan mempengaruhi akurasi dari sinyal elektromagnetic.



Gambar 2. 26 Korosi pada LS1



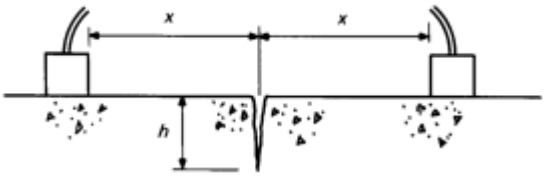
Gambar 2. 27 Korosi pada LS2

2.10.9 Kontrol lampu Berbasis *Internet of Things (IoT)*

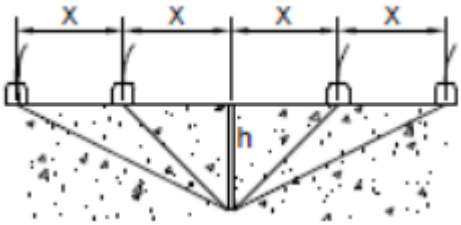
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Artono & Putra, 2018) memiliki tujuan penelitian untuk membuat system control lampu otomatis dan juga system monitoring agar pengunaanya menjadi lebih efektif dan efisien. System pada penelitian ini dirancang dengan perencanaan system, implementasi system, dan uji coba system. System ini menggunakan Arduino sebagai mikrokontrollernya, Modul ESP8266 untuk menghubungkan dari mikrokontroller dengan jaringan wifi. Dari pengujian yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan hasil yaitu system yang dirancang dapat memonitor dan dapat difungsikan untuk pengendali lampu dengan project web yang dibuat pada aplikasi cayenne yang dikontrol otomatis dengan memanfatkan sensor cahaya.

2.10.10 Pengaruh Jarak Tranduser Terhadap Pengukuran Kedalaman Retak pada Beton

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Herlambang & Setyono, 2107) memiliki tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh dari jarak tranduser terhadap kedalaman retak yang terjadi pada beton. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode uji *Ultrasonic Pulse velocity (UPV)*, dimana hasil dari uji dengan menggunakan metode UPV di analisis dengan persamaan BS1881. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh jarak tranduser terhadap nilai akurasi perhitungan kedalaman retak beton. Penempatan dari tranduser dilakukan secara *indirect test* dengan variasi jarak 10 cm, 14 cm dan 18cm. Pengambilan data dilakukan dengan 2 metode yaitu metode Bungey dan BS 1881.



Gambar 2. 28 Metode Bungey



Gambar 2. 29 Metode BS1881

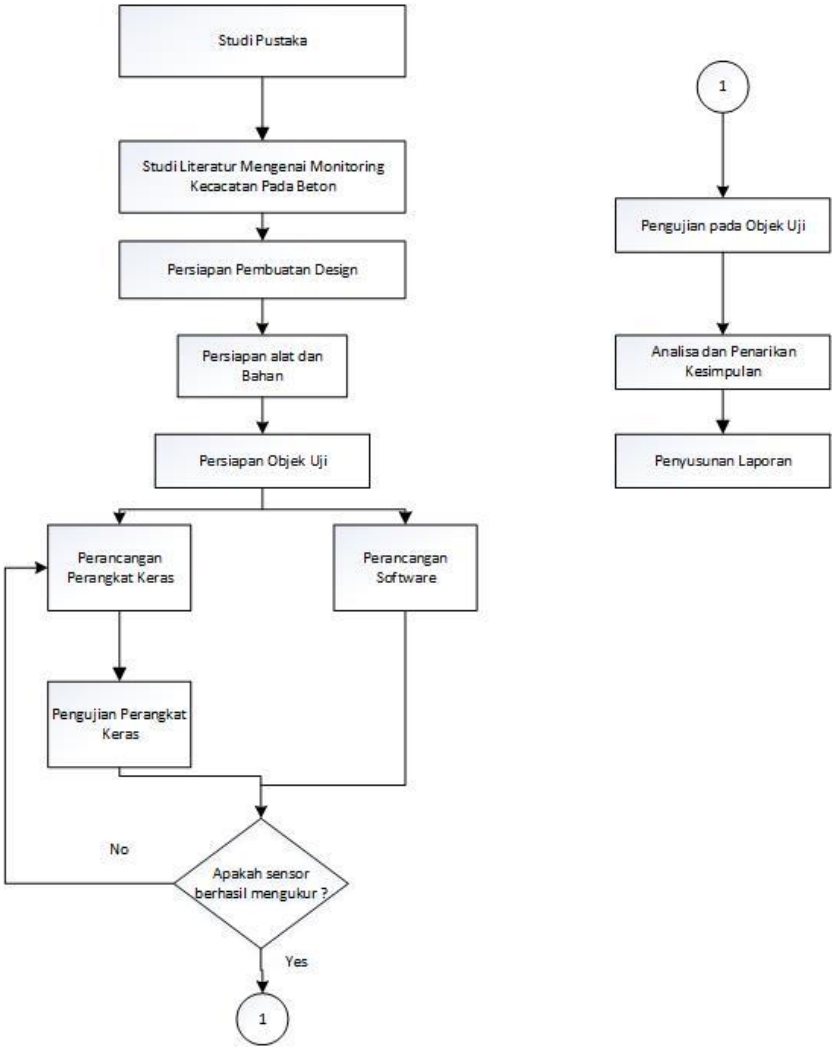
Dari hasil pengujian didapatkan bahwa semakin jauh jarak tranduser dari posisi retak maka hasil pengukuran kedalaman retak semakin tidak akurat. Dari ketiga variasi jarak, tranduser dengan pengaturan jarak sebesar 10 cm mendapatkan nilai akurasi hasil pengukuran terbaik yaitu sebesar 92,70%. Metode BS1881 lebih baik digunakan dalam mengukur kedalaman retak beton dibandingkan metode Bungey.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

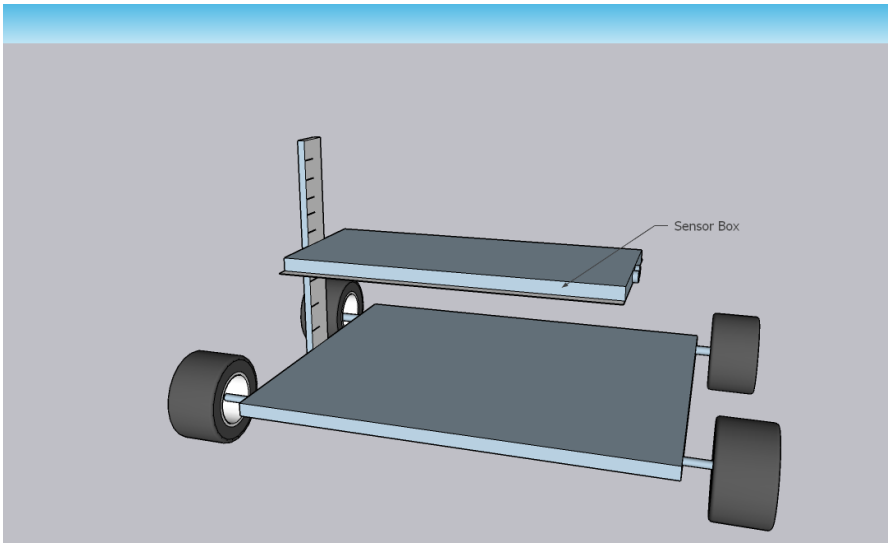
3.1 Prosedur Tugas Akhir

Dibawah ini merupakan diagram alir pengerjaan tugas akhir system monitoring kecacatan pada beton dengan menggunakan sensor ultrasonic berbasis *IoT*.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

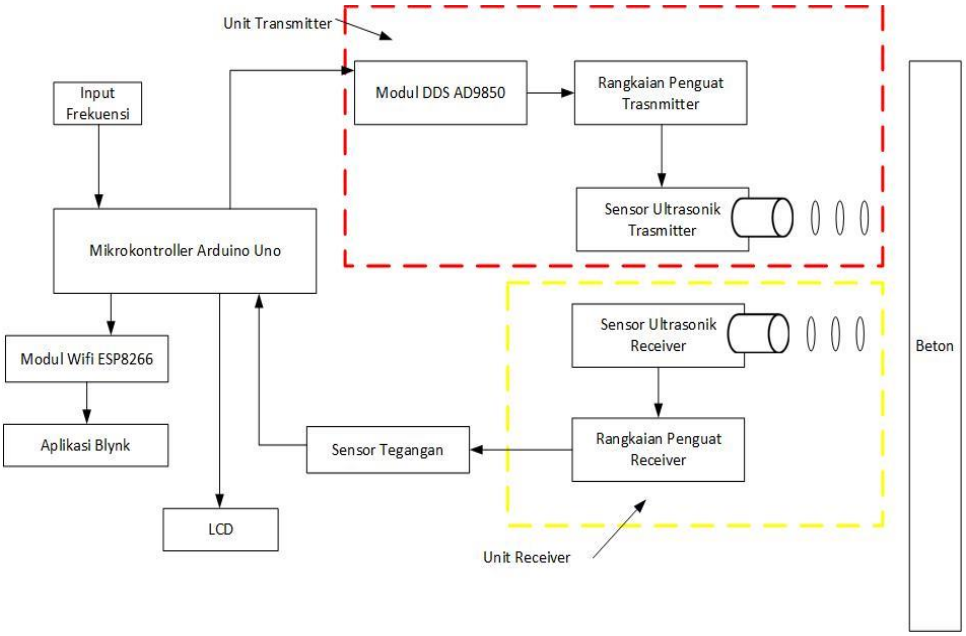
3.2 Perancangan Sistem



Gambar 3. 2 Kerangka Prototype

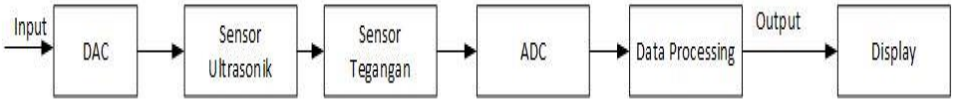
Gambar 3. 3 Sensor Box

Prototipe system monitoring kecacatan pada beton di rancang seperti pada design gambar 3.3 dengan menggunakan Kerangka Seperti pada gambar 3.2. Prototipe nantinya akan dibentuk seperti kotak sensor. Kotak Sensor ini nantinya akan dibuatkan kerangka seperti pada gambar 3.2 agar dalam melakukan pengukuran user tidak perlu memegang sensor box cukup dengan menggeser posisi dan juga mengatur ketinggian nya saja, Sehingga sensor dalam melakukan pengukuran dalam keadaan steady.



Gambar 3. 4 Skema Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton

Sistem pengukuran kecacatan pada beton ini nantinya akan diawali oleh bagian PC atau komputer yang terhubung melalui kabel serial ke mikrokontroler. Nantinya user memberikan input berupa nilai frekuensi sebesar ±40kHz. Mikrokontroller akan mengirimkan perintah kepada modul AD9850 untuk mengubah nilai input menjadi sebuah gelombang sinus. Selanjutnya gelombang sinus atau sinyal yang dihasilkan ini akan dikuatkan oleh rangkaian penguat sinyal, hal ini dikarenakan sinyal yang dipancarkan dari transmitter masih terlalu kecil, sedangkan untuk menembus beton dibutuhkan sinyal yang kuat agar sinyal berhasil menembus struktur beton. Sinyal yang berhasil menembus beton akan terpantul Kembali dan akan diterima oleh receiver. Receiver akan menerima sinyal dan diteruskan ke mikrokontroller. Display dari system monitoring ini akan ditampilkan pada tampilan osiloskop.



Gambar 3. 5 Diagram Blok Sistem Pengukuran Kecacatan pada Beton

3.3 Pemilihan Komponen

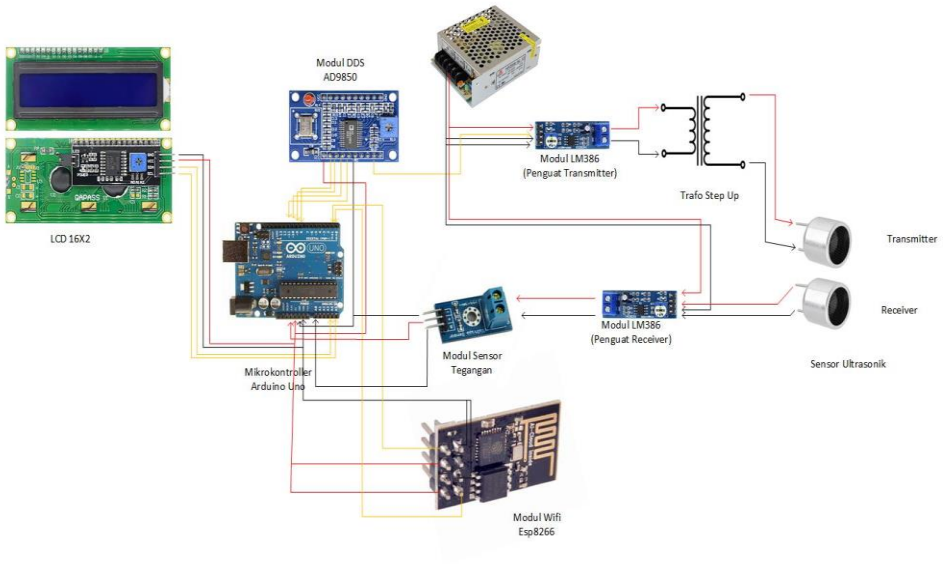
Setelah dilakukan perancangan design alat, maka dapat diketahui alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat rangkaian untuk mengukur kecacatan pada beton. Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan :

a. Tranduser Sensor Ultrasonik
b. Modul DDS AD9850
c. Modul LM386
d. Modul Sensor Tegangan
e. Modul Wifi ESP8266
f. Box
g. Mikrokontroller Arduino Uno
h. Terminal Port
i. Pin Header
j. Solder
k. Kabel
l. PCB
m. Power Supply 12 V
n. Avometer
o. Osiloskop
p. Trafo Step Up
q. LCD 16x2

3.4 Perancangan Perangkat Keras

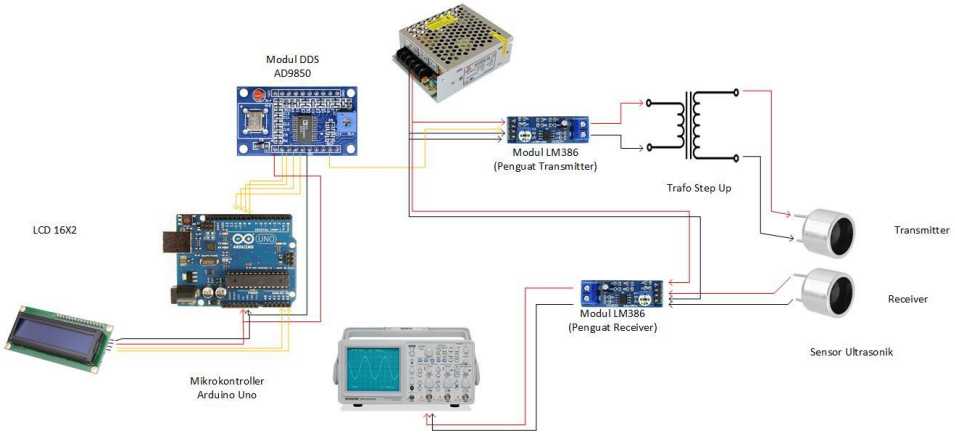
Adapun langkah-langkah dalam pembuatan perangkat keras yaitu sebagai berikut :

a. Komponen-komponen yang akan digunakan dipersiapkan.
b. Pengadaan Alat dan komponen yang akan digunakan di realisasikan
c. Skema rangkaian perangkat keras dirancang dan dirangkai seperti berikut.



Gambar 3. 6 Skema Perancangan Hardware

d. Lalu Hardware diuji dengan dirangkai seperti skema berikut.



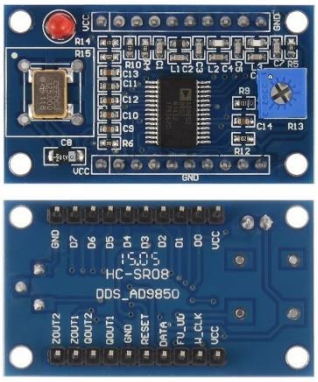
Gambar 3. 7 Skema Pengujian Hardware

Pada gambar 3.6, tugas akhir ini menggunakan berbagai komponen yang diantaranya seperti mikrokontroller Arduino uno, modul DDS AD9850, modul LM386, Trafo step up, Sensor ultrasonic, modul wifi ESP8266, LCD 16X2. Untuk wiring dari setiap komponen adalah sebagai berikut.

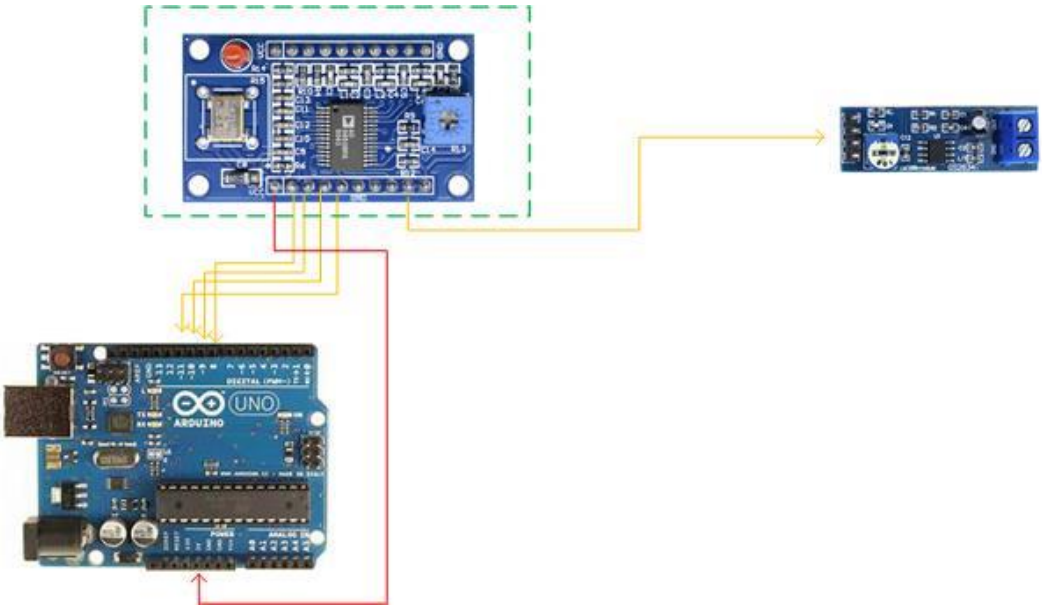
3.4.1 Modul DDS AD9850

Modul DDS AD9850 digunakan sebagai *Digital to Analog Converter (DAC)* yang mengubah nilai input frekuensi dari mikrokontroller yang merupakan input

digital lalu diubah menjadi output gelombang sinusoidal yang merupakan output analog.



Gambar 3. 8 Modul DDS AD9850

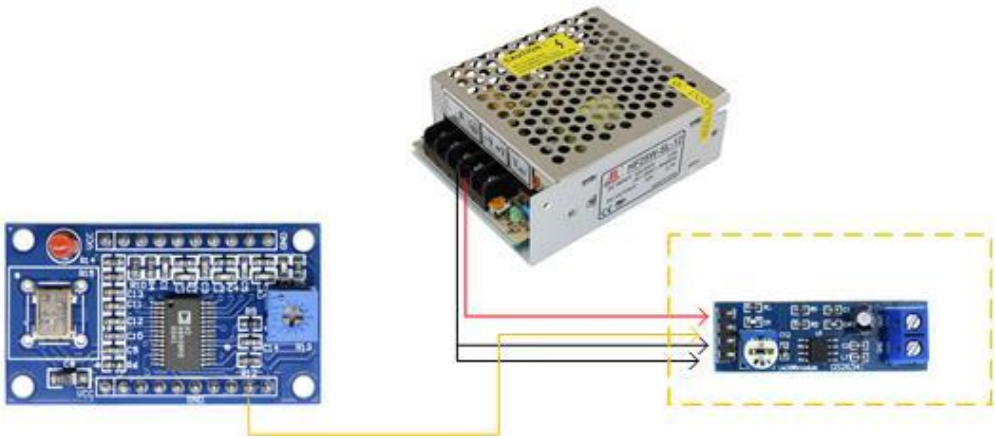


Gambar 3. 9 Wiring Modul DDS AD9850

3.4.2 Modul LM386

Modul LM 386 ini digunakan untuk rangkaian penguat tegangan dari output Modul DDS AD9850. Tegangan dari modul DDS AD9850 masih sangat kecil oleh karena itu perlu dikuatkan dengan menggunakan modul LM386.

Gambar 3. 10 Modul LM386

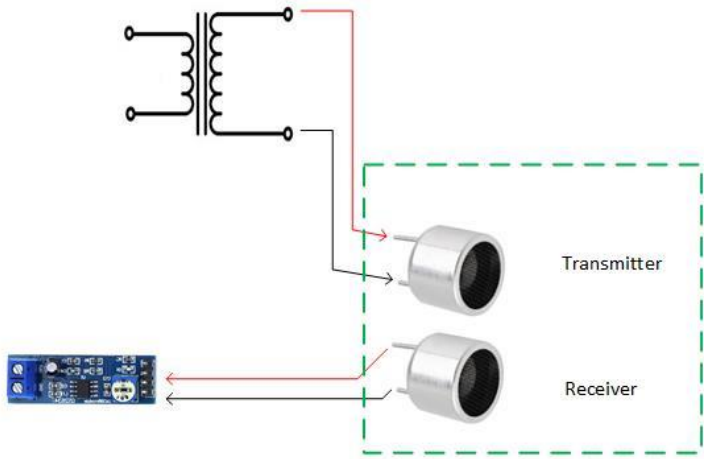


Gambar 3. 11 Wiring Modul LM386

3.4.3 Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik yang digunakan merupakan jenis sensor ultrasonic tipe TCT40-16 R/T yang merupakan tranduser berupa probe. Sensor ini memilik 2 buah probe yang masing-masing merupakan probe transmitter dan probe receiver.

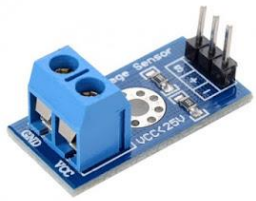
Gambar 3. 12 Sensor Ultrasonik TCT40-16 R/T



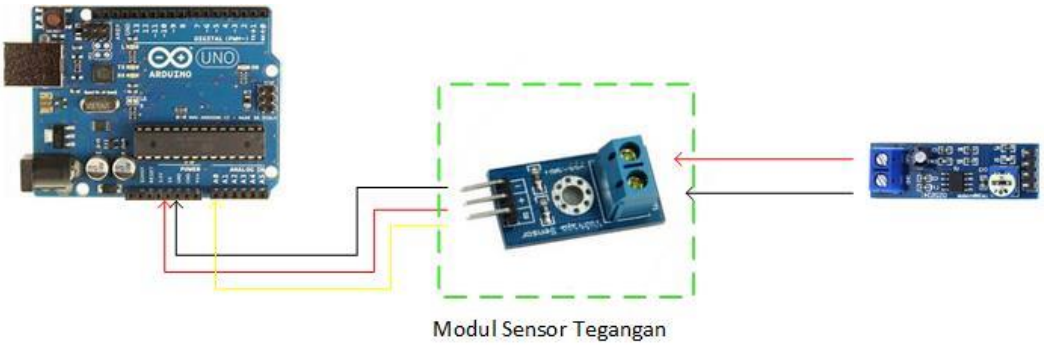
Gambar 3. 13 Wiring Sensor Ultrasonik

3.4.4 Modul Sensor Tegangan

Modul sensor tegangan ini digunakan untuk membaca tegangan DC dari output Modul LM386 yang merupakan Gelombang AC.

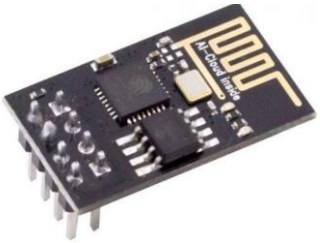


Gambar 3. 14 Modul Sensor Tegangan

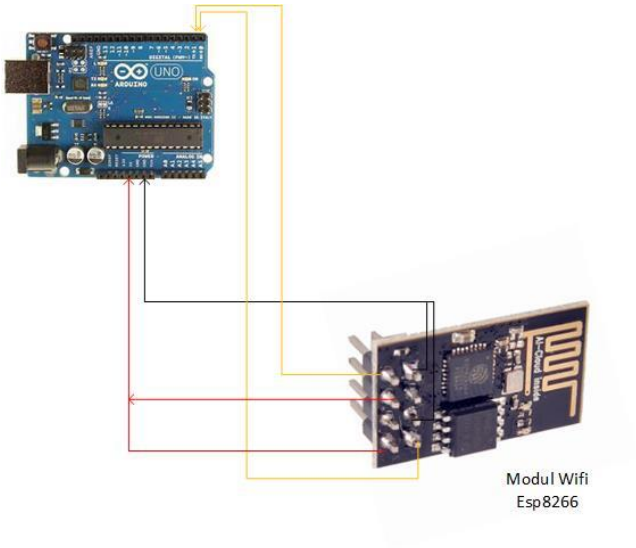


Gambar 3. 15 Wiring Modul Sensor Tegangan

3.4.5 Modul Wifi ESP8266



Gambar 3. 16 Modul Wifi ESP8266



Gambar 3. 17 Wiring Modul Wifi ESP8266

3.5 Pengujian Hardware

Adapun Langkah-langkah dalam pengujian hardware yang dilakukan pada penelitian ini untuk menguji berhasil atau tidaknya sensor ultrasonic dalam menembus benda padat yaitu sebagai berikut :

a. Rangkaian Hardware yang telah jadi dipersiapkan.
b. Avometer dan Osiloskop dipersiapkan.
c. Tegangan yang keluar dari setiap komponen diamati dengan menggunakan Avometer dan osiloskop.

3.6 Pembuatan Objek Uji

Objek uji yang digunakan yaitu berupa beton berbentuk kubus tanpa tulangan dengan ukuran Kubus 150 mm x 150 mm sesuai dengan SNI 03-4810-1998 dengan mutu K-175 sebanyak 2 buah. Pembuatan Beton uji ini dilakukan di PT. Varia Usaha Beton di Plant Gresik Jl. Mayjend Sungkono, Kebonpoh, Segoromadu, Kec.

Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Adapun tahapan dalam pembuatan beton seperti berikut :

a. Penetuan *Mix Desain* yang digunakan untuk menghitung komposisi bahan yang digunakan untuk membuat beton dengan mutu K-175.

Gambar 3. 18 Mix Desain yang digunakan untuk membuat Beton

b. Bahan Campuran beton ditimbang sesuai dengan *mix desain* yang telah ditentukan. Bahan-bahn campuran beton meliputi Agregat kasar berupa 2 jenis batu kerikil, Agregat Halus berupa semen dan pasir, air, *fly ash*, obat untuk beton

Gambar 3. 19 Proses Penimbangan setiap bahan yang digunakan

c. Pencampuran semua bahan-bahan pembuatan beton pada mesin mixer dan diberikan obat beton secara berkala.

Gambar 3. 20 Pencampuran Semua Bahan dengan Menggunakan Mesin Mixer

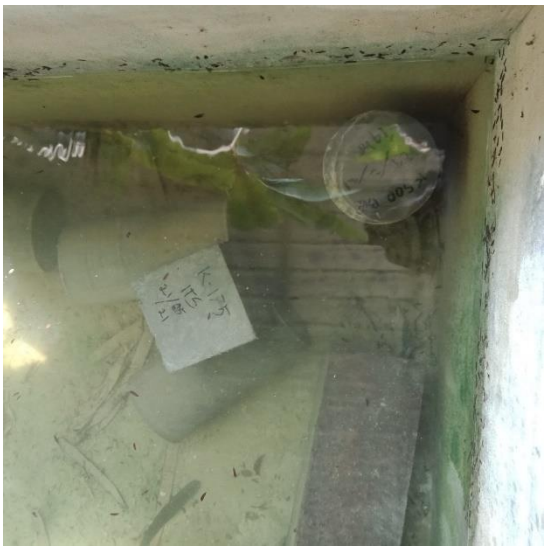
d. Pengujian *Slum test*, hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kental adukan beton yang akan dihasilkan agar kekentalannya sesuai dengan kuat tekan beton yang direnanakan yaitu sebesar 8-10 cm.

Gambar 3. 21 Proses Slum Test

e. Pencetakan adonan beton ke cetakan silinder beton berupa balok dan kubus, Ketika melakukan pencampuran ke silinder beton setiap 3 fase dipadatkan dengan menusuk-nusuk sebanyak 27 kali.

Gambar 3. 22 Proses Pencetakan Adonan Beton

f. Melakukan perawatan beton dengan merendam beton di air agar beton mengeras. Proses ini dilakukan minimal 3 hari.



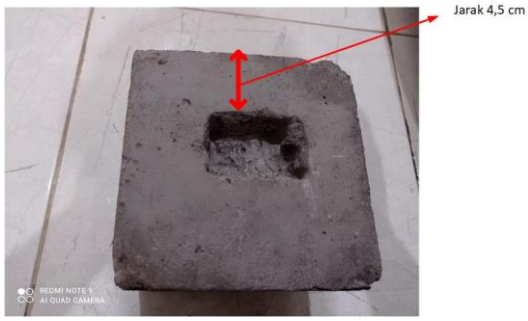
Gambar 3. 23 Proses Perawatan Beton

g. Setelah direndam maka beton telah jadi.

Gambar 3. 24 Beton Uji Berbentuk Kubus dengan Ukuran 150 mm x 150 mm

h. Setelah beton uji jadi, dibuat dengan panjang kedalaman cacat sebesar 2 cm, 3 cm, 4,5 cm, 5,5 cm, 6,5 cm.

Gambar 3. 25 Beton Uji Dengan Panjang Kedalaman Cacat Buatan Sebesar 5,5 cm dan 6,5 cm

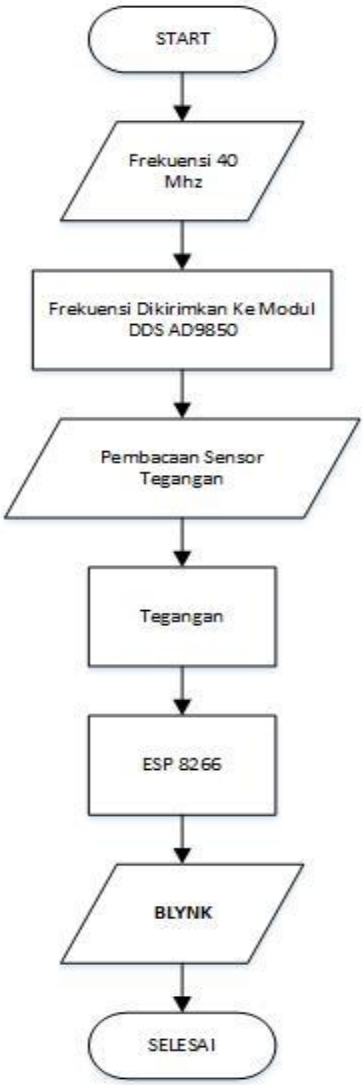


Gambar 3. 26 Beton Uji Dengan Panjang Kedalaman Cacat Buatan Sebesar 4,5 cm

Gambar 3. 27 Beton Uji Dengan Panjang Kedalaman Cacat Buatan Sebesar 2 cm dan 3 cm

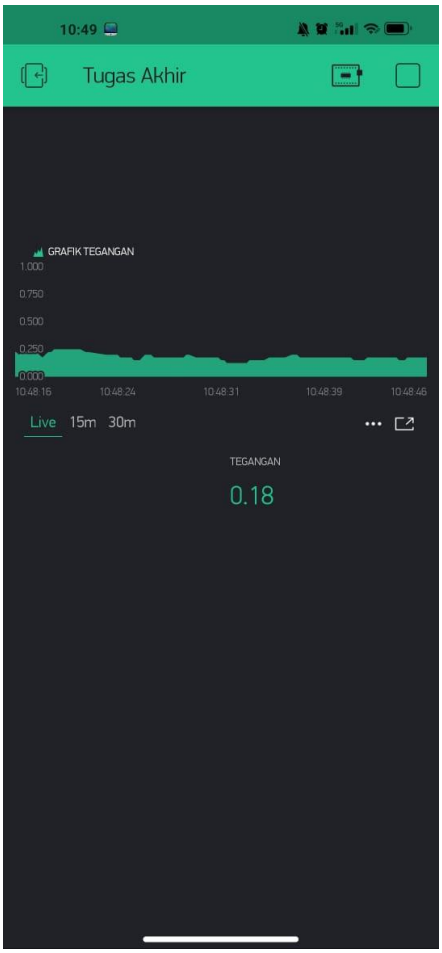
3.7 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan Perangkat Lunak menggunakan Software Arduino IDE dan menggunakan aplikasi pada smartphone yaitu aplikasi Blynk. Untuk mengirim data dari mikrokontroller ke aplikasi Blynk digunakan modul wifi ESP8266. Hasil monitoring akan ditampilkan berupa grafik pada tampilan smartphone . Berikut merupakan flowchart dari kinerja system perancangan perangkat lunak yang dapat dilihat pada Gambar 3.28.



Gambar 3. 28 Flowchart Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroller utamanya. Arduino berfungsi sebagai pengirim gelombang ultrasonic yang nilai nya dapat diinputkan melalui programnya, selain itu Arduino juga berfungsi sebagai pengirim data antara sensor dan LCD. Dari hasil pembacaan oleh sensor akan ditampilkan pada LCD dan data akan dikirimkan ke aplikasi *Blynk* dengan menggunakan konektivitas internet.



Gambar 3. 29 Hasil Tampilan Software Pada Aplikasi Blynk

3.8 Pengujian Pada Objek Uji

Adapun Langkah-langkah dalam pengujian pada objek uji beton dilakukan setelah rangkaian hardware telah berhasil mendapatkan nilai tegangan yang menandakan bahwa gelombang ultrasonic yang dipancarkan dapat menembus benda padat yaitu sebagai berikut :

a. Objek Uji Beton berbentuk kubus dipersiapkan.
b. Avometer dan Osiloskop dipersiapkan
c. Rangkaian Hardware dipersiapkan.
d. Hardware diletakkan menghadap ke posisi beton.
e. Amati tegangan yang keluar pada Avometer dan Osiloskop.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perakitan Hardware

Hardware system monitoring kecacatan pada beton dirancang dengan memperhatikan perancangan komponen sensor yang digunakan untuk mendeteksi serta mengukur tegangan dengan menggunakan sumber tegangan sebesar 12V.

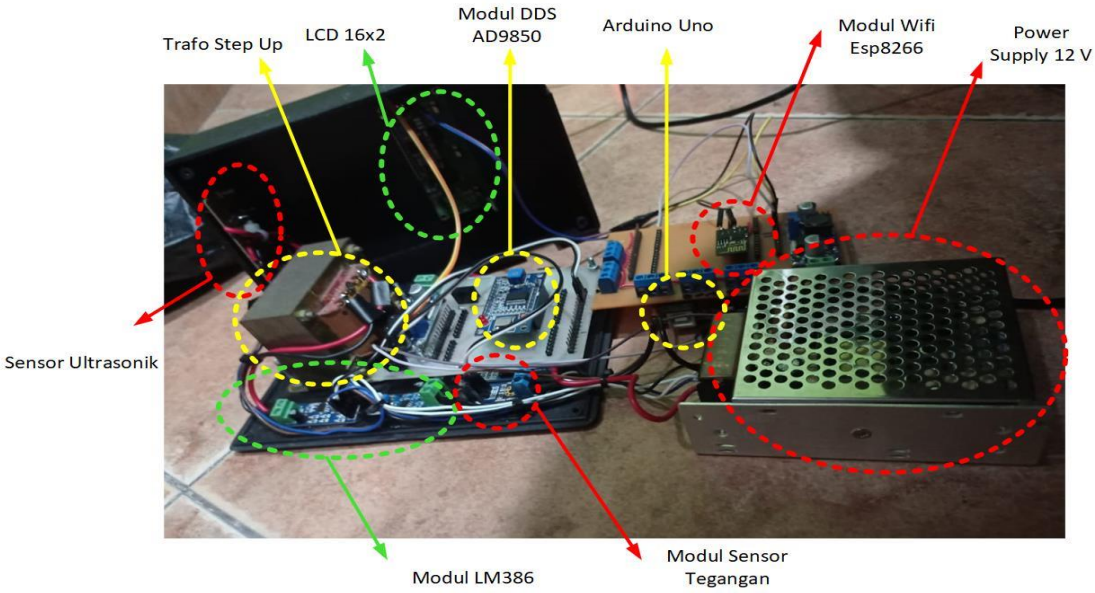
Gambar 4. 1 Sensor Box Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton Tampak Atas

Gambar 4. 2 Sensor Box Sistem Monitoring Kecacatan pada Beton Tampak Samping Bagian Sensor Ultrasonik

Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan hasil dari prototipe system monitoring kecacatan pada beton. Gambar 4.1 merupakan tampak atas dari prototipe yang menggunakan power supply 12 v dan dilengkap tampilan LCD untuk menampilkan hasil dari pengukuran. Gambar 4.2 merupakan tampak samping dari prototipe yang memperlihatkan sensor ultrasonic yang digunakan.

Gambar 4. 3 Kerangka Sensor Box

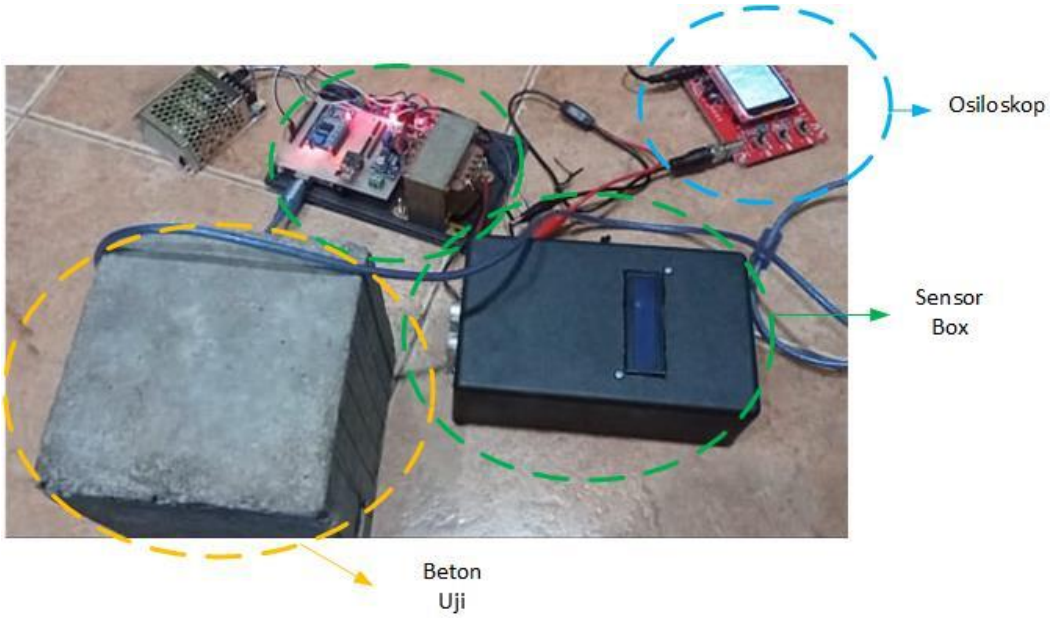
Gambar 4.3 merupakan kerangka sensor yang digunakan untuk meletakkan prototipe yang berfungsi untuk mengatur posisi pengukuran dari prototipe. Kerangka ini digerakkan secara manual yaitu bisa digeser ke kanan dan kekiri, Selain itu kerangka ini juga bisa diatur ketinggiannya dengan batas maksimal ketinggian yang dapat diatur yaitu sebesar 30 cm.



Gambar 4. 4 Rangkaian Hardware

Gambar 4.4 terdapat rangakain sensor yang terdiri dari Power supply 12V, Rangkaian Unit Transmitter, Rangkaian Unit Receiver, Rangkaian Modul DDS AD9850, Transformator Step Up, Mikrokontroller Arduino Uno.

4.2 Pengujian Hardware



Gambar 4. 5 Pengujian Hardware dengan Menggunakan Osilokop

Gambar 4.5 merupakan rangkaian pengujian dari hardware yang digunakan. Pada pengujian sensor ultrasonic diletakkan menghadap ke beton uji. Pengujian dilakukan dengan melihat hasil gelombang ultrasonic nya melalui osilokop.

Pengujian hardware digunakan untuk mengukur hasil nilai dari output setiap komponen dengan menggunakan Osiloskop. Adapun Langkah-langkah dalam pengujian hardware yaitu sebagai berikut :

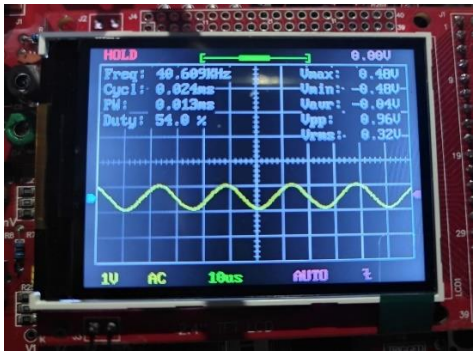
a. Beton uji dipersiapkan dengan cacat buatan yang telah dibuat yaitu sebesar 4 cm.
b. Osiloskop dipersiapkan.
c. Power supply 12V disambungkan ke sumber daya dan Arduino Uno disambungkan dengan PC.
d. Probe plus (+) dan negative (-) dari osiloskop dipasang pada output dari modul DDS AD9850.
e. Hasil pada osiloskop diamati.
f. Data yang terbaca pada osiloskop yaitu nilai tegangan Vpp.

4.2.1 Pengujian Sinyal Generator dengan Menggunakan Modul DDS AD9850

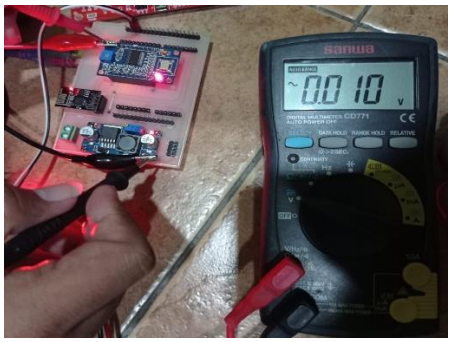
Pengujian ini dilakukan dengan menginputkan nilai frekuensi pada pemrogaman mikrokontroller Arduino uno dengan nilai frekuensi sebesar 10 Mhz, 20 Mhz, 30 Mhz, 40 Mhz, 50 Mhz. Output dari modul DDS AD9850 diuji dengan menggunakan osiloskop agar diketahui frekuensi output sudah sesuai dengan nilai frekuensi yang diinputkan melalui pemrogaman Arduino Uno. Hasil pada pengujian ini didapatkan bahwa nilai frekeunsi output dari modul DDS AD9850 sudah sesuai dengan nilai frekuensi yang diinputkan melalui pemrogaman Arduino Uno. Pengujian output dengan menggunakan frekuensi sebesar 40 MHz dari DDS AD9850 juga diukur dengan menggunakan Avometer dan didapatkan hasil sebesar 0,01 V dan dapat dilihat pada gambar 4.9. Untuk hasil pengujian dengan menggunakan osiloskop dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4. 6 Nilai Input Frekeunsi yang di tampilkan pada LCD

Gambar 4.6 merupakan hasil tampilan LCD dari prototipe. Tampilan LCD menampilkan nilai tegangan dan nilai frekuensi yang digunakan. Dari hasil pengujian pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai frekuensi yang telah diinputkan melalui program Arduino IDE sudah sesuai dengan nilai frekuensi yang muncul.



Gambar 4. 7 Hasil Pengujian dengan Menggunakan Osiloskop dengan Frekuensi 40 MHz

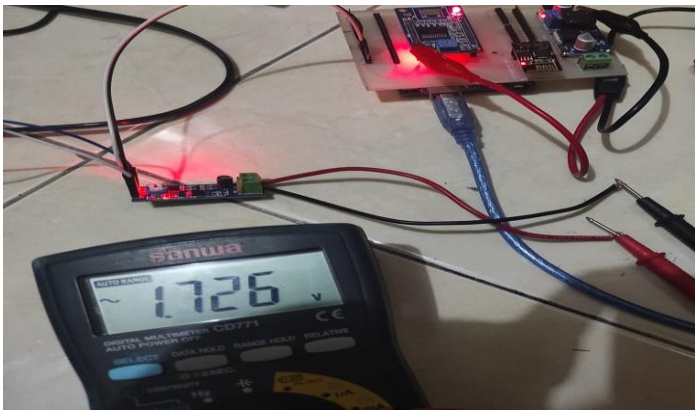


Gambar 4. 8 Hasil Pengukuran Tegangan Output dari Modul DDS AD9850

Pengujian gelombang ultrasonic yang keluar dari modul DDS AD9850 untuk mengetahui nilai frekuensi sudah sesuai dengan yang di LCD dilakukan pengujian dengan menggunakan osiloskop. Gambar 4.7 merupakan hasil nilai frekuensi yang digunakan yaitu sebesar 40 Mhz. Selain melakukan pengujian dengan menggunakan osiloskop dilakukan juga pengujian dengan menggunakan Avometer yang bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan dari output modul DDS AD9850. Tegangan yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.8 yaitu sebesar 0,010 V.

4.2.2 Pengujian Penguat Tegangan

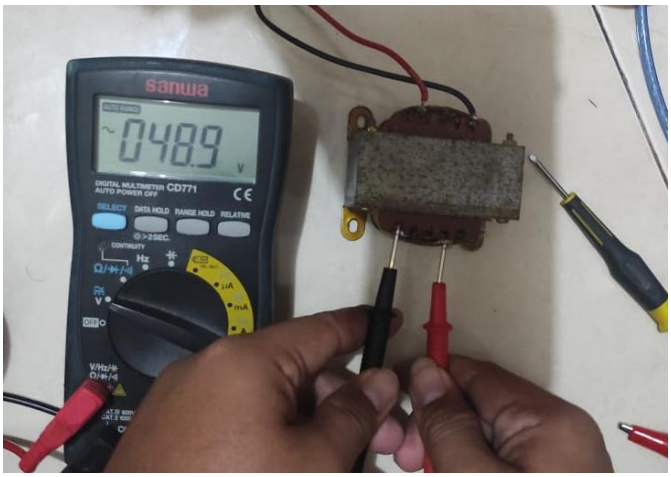
Pengujian penguat tegangan dilakukan untuk mengukur tegangan yang keluar setelah tegangan output dari modul DDS AD9850 dikuatkan oleh Modul LM386. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan output dari Modul LM386 dengan menggunakan Avometer dan didapatkan nilai sebesar 1,726 V. Untuk hasil pengukuran dengan menggunakan Avometer dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4. 9 Hasil Pengukuran Output Penguat Tegangan

4.2.3 Pengujian Penguatan Tegangan dengan Trafo Step Up

Pengujian penguatan tegangan dilakukan untuk mengetahui hasil output dari modul LM386 yang dikuatkan dengan penguat tegangan menggunakan trafo step up.

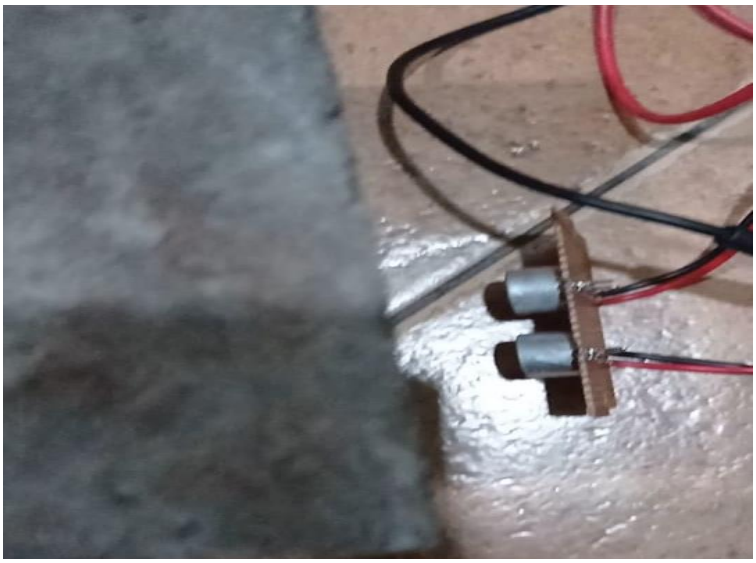


Gambar 4. 10 Hasil Pengukuran Output Penguat Tegangan dengan Menggunakn Trafo Step Up

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat hasil dari nilai tegangan output dari trafo yang merupakan tegangan dari gelombang yang akan dikirimkan oleh transmitter. Hasil output diukur dengan menggunakan Avometer dan didapatkan hasil tegangan sebesar 48,9 V.

4.2.4 Pengujian Receiver

Pengujian Receiver dilakukan untuk mengukur nilai output tegangan dari rangkaian receiver dengan menggunakan Avometer dan Osiloskop. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan objek uji berupa beton kubus dengan ukuran 150 mmx 150 mm. Untuk pengujian sendiri posisi sensor diletakaan menghadap beton uji dengan jarak sebesar 3 cm. Didapatkan hasil tegangan output dari receiver sebesar 1,266 V yang diukur dengan menggunakan Avometer.

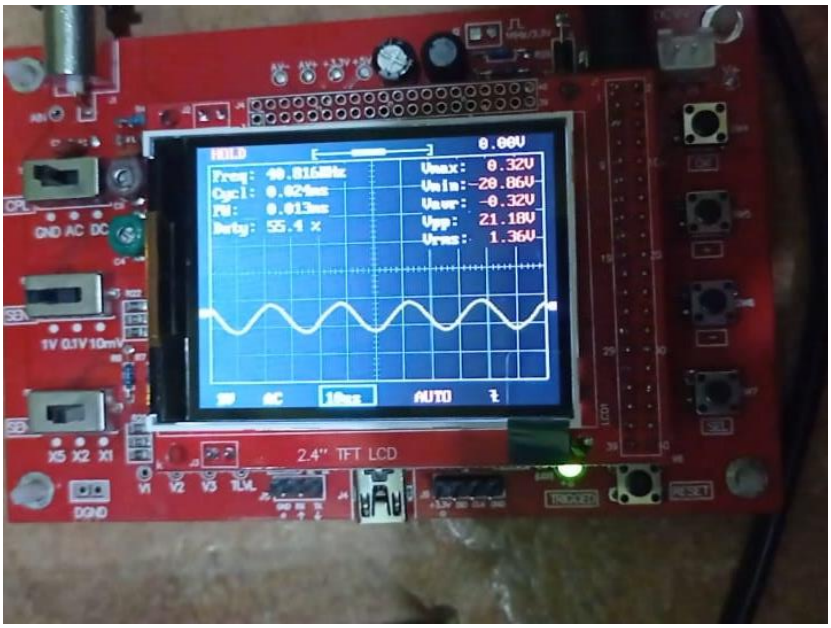


Gambar 4. 11 Posisi Sensor Saat Pengujian Receiver

Gambar 4.11 merupakan posisi sensor ultrasonic saat dilakukan pengujian untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan dari rangkaian penguatan receiver.

Gambar 4. 12 Hasil Pembacaan Output Tegangan Pada Receiver dengan Menggunakan Avometer

Gambar 4.12 merupakan pengujian dengan menggunakan Avometer untuk mengetahi nilai tegangan output dari rangkaian penguatan receiver. Dari hasil pengujian didapatkan hasil nilai tegangan output sebesar 1,266 V yang dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4. 13 Hasil Pembacaan Output Receiver dengan Menggunakan Osiloskop

Gambar 4.13 merupakan hasil dari pengujian rengkaian penguatan output receiver dengan menggunakan osiloskop. Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangannya sebesar 21,18 V, sedangkan nilai frekuensinya hingga output dari receiver masih sama yaitu sebesar 40 Mhz.

4.2.5 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian Sensor ultrasonic dilakukan dengan cara yang pertama membandingkan hasil tegangan output dari receiver dengan menggunakan objek beton dan benda lain dengan peletakan posisi sensor sama-sama dengan jarak 3 cm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan tegangan yang terjadi jika dilakukan pada 2 objek yang berbeda.

Gambar 4. 14 Posisi Sensor dengan Menggunakan Objek Lain

Gambar 4.14 merupakan pengujian sensor ultrasonic pada objek uji benda lain. Jarak yang digunakan antara sensor ultrasonic dan objek lain yaitu sebesar 3 cm.

Gambar 4. 15 Hasil Pengukuran dengan Avometer pada Jenis Objek Lain

Gambar 4.15 pengujian dilakukan dengan menggunakan Avometer untuk mengukur nilai tegangannya. Dari pengujian didapatkan hasil tegangannya sebesar 1,342 V.

Gambar 4. 16 Posisi Sensor dengan Menggunakan Objek Beton pada Sisi yang terdapat cacat

Gambar 4.16 merupakan pengujian sensor ultrasonic pada objek uji beton dengan adanya cacat kecil. Jarak yang digunakan antara sensor ultrasonic dan objek lain yaitu sebesar 3 cm.

Gambar 4. 17 Hasil Pengukuran dengan Avometer pada Jenis Objek Beton pada Sisi yang terdapat Cacat

Gambar 4.17 pengujian dilakukan dengan menggunakan Avometer untuk mengukur nilai tegangannya. Dari pengujian didapatkan hasil tegangannya sebesar 1,307 V.

4.2.6 Pengujian Pada Beton Uji dengan Cacat Buatan

Beton uji dengan cacat buatan yang telah dibuat dengan Panjang sebesar 4 cm digunakan untuk melakukan pengujian rangkaian hardware. Sensor ultrasonic akan mengukur setiap titik pergeseran dengan variasi pergeseran jarak sebesar 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm. Sensor akan mendeteksi adanya perubahan tegangan pada titik dimana cacat buatan berada. Untuk Panjang cacat sendiri didapat dari hasil Analisa grafik tegangan output yang terukur. Posisi sensor diletakkan tegak lurus terhadap cacat buatan seperti gambar berikut.

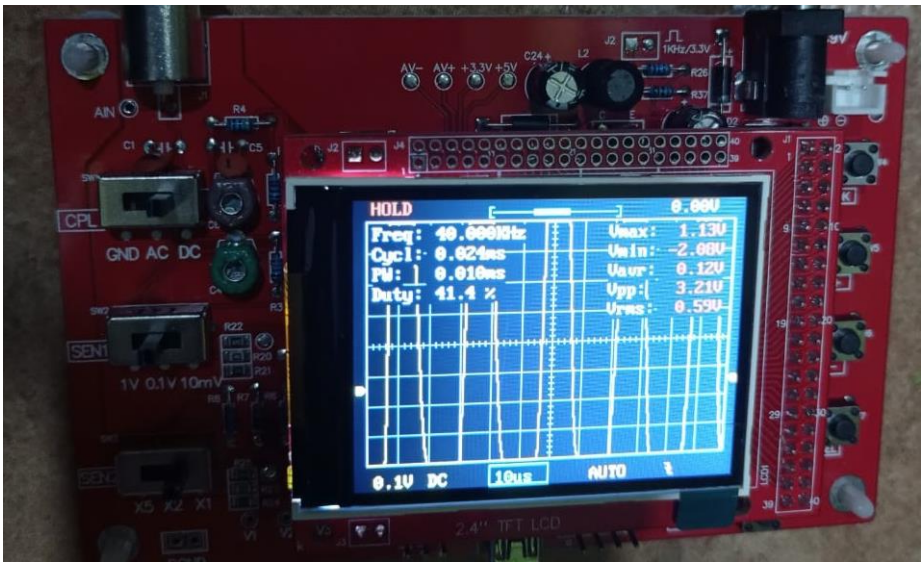
Gambar 4. 18 Posisi Sensor terhadap Beton Uji

Gambar 4.18 menunjukkan posisi prototipe saat dilakukan pengujian terhadap beton uji. Prototipe diletakkan di depan beton uji dengan jarak antara sensor dengan beton uji sebesar 3 cm.

Gambar 4. 19 Beton Uji dengan Panjang Cacat Buatan 4 cm

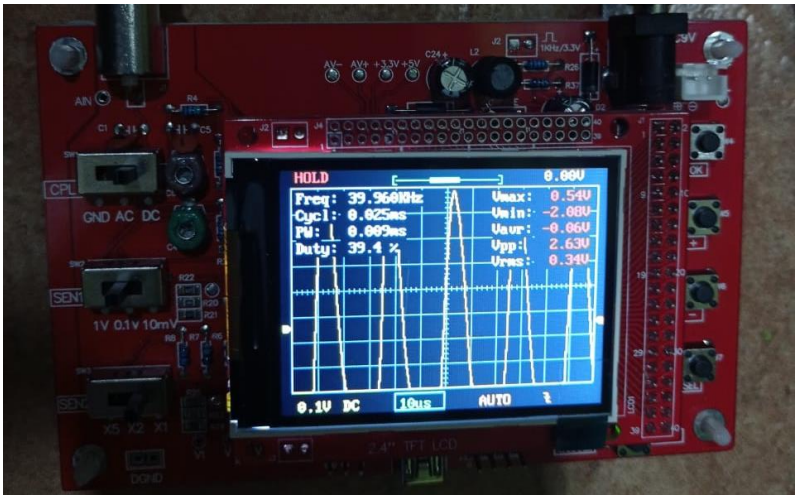
Gambar 4.19 merupakan beton uji yang digunakan pada pengujian sensor ultrasonic. Beton uji yang digunakan diberikan cacat buatan dengan ukuran sebesar 4 cm kedalamannya terhadap permukaan beton.

Hasil pengukuran pada setiap titik pergeseran dilihat melalui osilosop seperti gambar berikut .



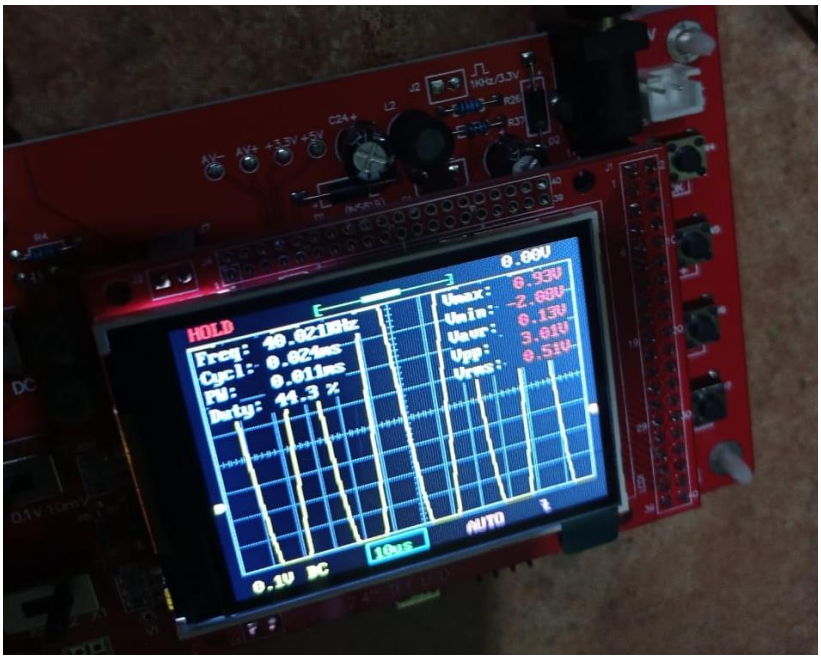
Gambar 4. 20 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 14 cm

Gambar 4.20 merupakan hasil pengujian yang dilakukan pada beton uji dengan cacat buatan sebesar 4 cm yang dilakukan dengan memvariasi pergeseran dari prototipe didapatkan hasil nilai tegangan yang terukur sebesar 3.21 V pada jarak pergeseran 14cm.



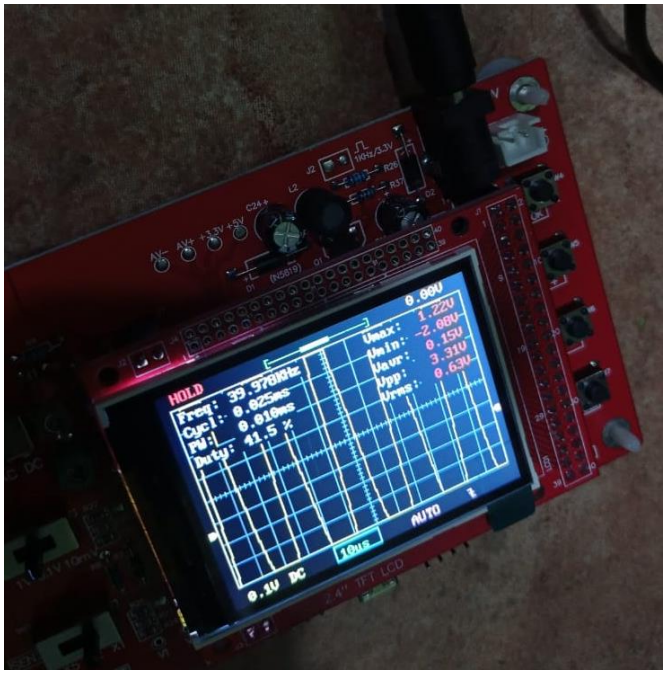
Gambar 4. 21 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 12 cm

Gambar 4.21 menunjukkan hasil dari pengukuran pada pergeseran 12 cm dan didapatkan nilai tegangannya sebesar 2,63 V.



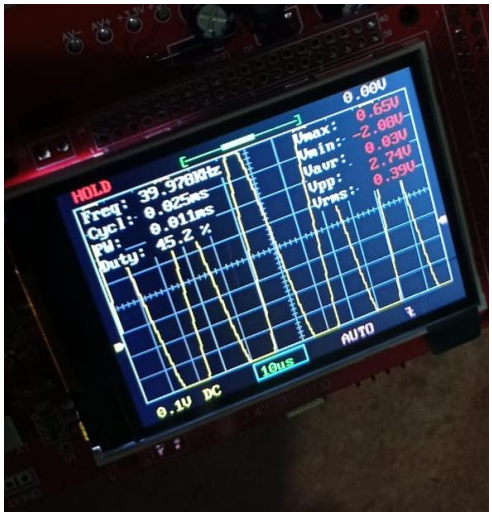
Gambar 4. 22 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 10 cm

Gambar 4.22 menunjukkan hasil dari pengukuran pada pergeseran 10 cm dan didapatkan nilai tegangannya sebesar 3,01 V.



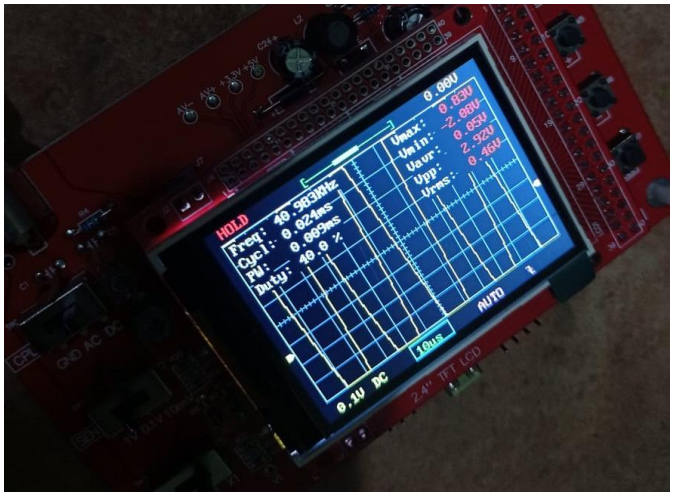
Gambar 4. 23 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 8 cm

Gambar 4.23 menunjukkan hasil dari pengukuran pada pergeseran 8 cm dan didapatkan nilai tegangannya sebesar 3,31 V.



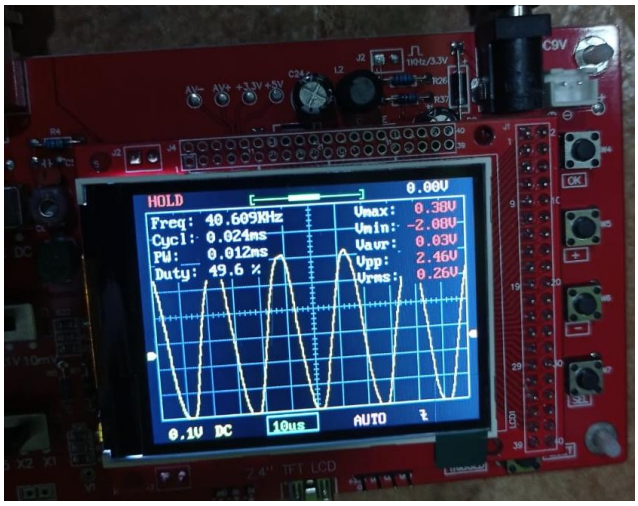
Gambar 4. 24 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 6 cm

Gambar 4.24 menunjukkan hasil dari pengukuran pada pergeseran 6 cm dan didapatkan nilai tegangannya sebesar 2,24 V.



Gambar 4. 25 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 4 cm

Gambar 4.25 menunjukkan hasil dari pengukuran pada pergeseran 4 cm dan didapatkan nilai tegangannya sebesar 2,92 V.

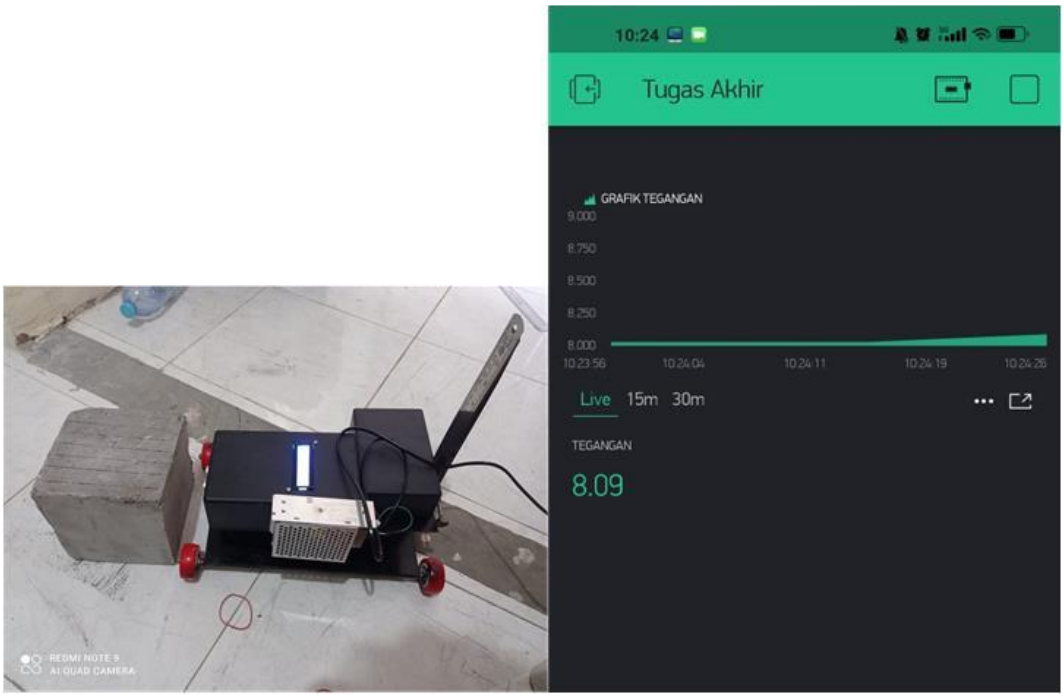


Gambar 4. 26 Hasil Pengukuran Pada Pergeseran Jarak 2 cm

Gambar 4.26 menunjukkan hasil dari pengukuran pada pergeseran 2 cm dan didapatkan nilai tegangannya sebesar 2,46 V.

4.2.7 Pengujian Validasi Alat

Pengujian sensor ultrasonic dilakukan dengan membandingkan nilai kedalaman cacat buatan yang sudah dibuat dengan hasil konversi hasil pembacaan tegangan oleh alat. Pertama mengukur tegangan dari sisi beton yang tanpa adanya cacat dan didapatkan nilai tegangan sebesar 8,09 V. Nilai tegangan dari sisi tanpa cacat ini digunakan untuk mengkonversi nilai tegangan yang terukut dari sisi yang terdapat cacat buatan sehingga bisa didapat nilai panjang kedalaman dari cacat buatan yang digunakan untuk menentukan karakteristik static pengukurannya.



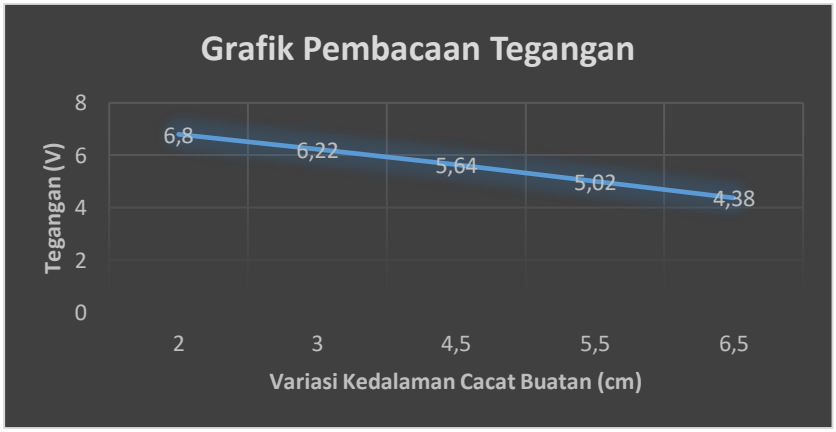
Gambar 4. 27 Hasil Pembacaan Alat Pada Beton Permukaan Normal Tanpa Cacat

Gambar 4.27 merupakan hasil pengukuran yang dilakukan pada beton uji dengan permukaan normal tanpa adanya cacat buatan. Prototipe diletakkan menghadap ke beton uji dengan jarak antara sensor ultrasonic dan beton uji sebesar 3 cm. hasil pengukuran dapat dilihat pada aplikasi *Blynk* yaitu nilai tegangan yang terukur sebesar 8,09 V. Hasil pengukuran nilai tegangan pada beton uji dengan permukaan normal akan digunakan untuk mengkonversi nilai tegangan yang terukur pada pengujian dengan variasi kedalaman cacat terhadap permukaan beton menjadi nilai panjang kedalaman cacat terhadap permukaan beton.

Tabel 4. 1Tabel Hasil Pengujian Validasi Alat

Variasi kedalaman cacat Buatan (cm)	Tegangan (V)	Panjang Kedalaman Cacat dari Hasil Pembacaan Tegangan (cm)
2	6,82	2,25
3	6,24	3,3375
4,5	5,67	4,425

5,5	5,03	5,5875
6,5	4,39	6,7875
Rata - Rata	6,083333333	6,23125



Gambar 4. 28 Grafik Hasil Pembacaan Tegangan

Hasil grafik pembacaan didapatkan bahwa Ketika ada nya cacat berupa lubang pada beton maka akan terjadi perubahan amplitude dengan ditunjukkan adanya perubahan tegangan. Perubahan tegangan yang terjadi yaitu jika semakin dalam cacat buatan maka semakin kecil nilai amplitude nya yang berarti tegangan yang dihasilkan semakin kecil.

Tabel 4. 2 Nilai Koreksi dan Error dari Hasil Kalibrasi.

Variasi kedalaman cacat Buatan (cm)	Panjang Kedalaman Cacat dari Hasil Pembacaan Tegangan (cm)	Koreksi	Error (%)
15	15	0	0
2	2,25	0,25	0,125
3	3,3375	0,3375	0,1125
4,5	4,425	-0,075	-0,016666667
5,5	5,5875	0,0875	0,015909091
6,5	6,7875	0,2875	0,280973193
Total			5,631622549

a. Sensitivitas

$$Sensitivitas = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{8 - 4{,}38}{40.486 - 40.021} = 0{,}00778$$

b. Ketidakpastian Hasil Pengukuran (U_{A1}) = 0,1706

c. Range

I = I_{max} – I_{min} = 40,486 Khz – 40,021 Khz

O = O_{max} – O_{min} = 8 V – 4,38 V

d. Span

I = I_{max} – I_{min} = 40.486 Khz – 40.021 Khz = 465 Khz

O = O_{max} – O_{min} = 5,6 V – 4,45 V = 3,62 V

e. Standar Deviasi = 0,213 %

f. Presisi = 0,894 %

g. Akurasi = 0,873 %

h. Error = 0,2809 %

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat disimpulkan dari penelitian diatas yaitu sebagai berikut :

a. Alat system monitoring dapat mendeteksi adanya cacat pada beton dengan ditunjukkan adanya perubahan tegangan berupa kenaikan nilai tegangan output dari receiver.
b. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa semakin jauh jarak cacat dari permukaan beton maka semakin kecil nilai tegangan yang terukur. Hal ini dikarenakan semakin dalam gelombang ultrasonic maka energi yang hilang dari gelombang ultrasonic juga semakin besar.
c. Aplikasi Blynk dapat menampilkan grafik pembacaan tegangan dari sensor dan nilai tegangan yang terukur.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu seabagai berikut :

a. Kerangka yang digunakan sebagai penggerak box sensor sehingga box sensor dapat dipindahkan tapi harus dalam keadaan steady untuk penelitian selanjutnya bisa menambahkan control otomatis untuk penggerak dari sensor box agar tidak digerakkan secara manual.
b. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan komponen yang lebih baik dalam rangkaian penguat tegangan, sensor yang digunakan agar gelombang ultrasonic yang dihasilkan dapat menembus benda dengan baik dan hasil pengukuran tegangan yang didapat lebih stabil dan akurat.
c. Dikembangkan dengan menggunakan system portable yaitu menggunakan baterai untuk power supply nya.

DAFTAR PUSTAKA

Aditama, V., & Wedyantadji, B. (2021). Deteksi Jarak Jauh Keruntuhan Beton Bertulang Berbasis Arduino. *Jurnal Sondir*.

Arijaya, I. M. (2019). Rancang Bangun Alat Konveyor Untuk Sistem Soltir Barang Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno. *JURNAL RESISTOR Vol. 2 No 2*, 127-128.

aziz, N. a. (2018). *Pengukuran Ketebalan pada Material Baja Dengan Ultrasonic Testing Menggunakan Metode Contact Testing dengan Variasi Media Koplan Oli, Air dan Gel.* Surabaya: Tugas Akhir.

Boimau, I., Irmawanto, R., & Taneo, M. F. (2019). Rancang Bangun Alat Ukur Laju Bunyi Di udara Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. *CYCLOTRON VOLUME 2 NOMOR 2*.

Chand, A. A., Prasad, K. A., Mamun, K. A., & Islam, F. R. (2019). Evaluation of Concrete Corrosion using EMI Sensor. *IEEE International Conference on Sensors and Nanotechnology*.

Chelcea, A. (2017). *Studi Perbandingan Pola Retak Pada Beton Normal dan Beton dengan Sambungan Model Takik Akibat Beban Siklik Lateral.* Makassar: Tugas Akhir.

Ebay. (2021, Mei 02). Diambil kembali dari https://www.ebay.com/i/293188250793?chn=ps

Hafid, A., & Rahayu, D. S. (2020). Pengukuran Kedalaman Retak Pada Beton KH-IPSB3 Menggunakan UPVT. *Sigma Epsilon Vol.24 No. 1*.

Handoko, P. (2017). Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*, 3-4.

Herlambang, F. S., & Setyono, E. Y. (2017). Pengaruh Jarak Tranducer dan Tulangan Pada Pengukuran Kedalaman Retak Beton Menggunakan Ultrasonic Pulse Velocity (UPV). *PROSIDING SENTRINOV 2017*.

Khanan, M., & Ashar, A. (2020). Pengukuran Kecepatan Suara dalam Media Air Menggunakan Sensor Ultrasonik. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS) Vol.10, No.1*.

Li, Z., Jin, Z., Xu, X., Zhao, T., Wang, P., & Li, Z. (2020). Combined application of novel electromagnetic sensors and acoustic emission apparatus to monitor corrosion process of reinforced bars in concrete. *Elsevier*.

Linggasari, D. (2019). Memperkirakan Kedalaman Retak pada Beton Menggunakan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan Vol. 3, No. 1*.

Nugraha, I. D. (2018). *Studi Karakteristik Beton Serat Kawat Bendrat.* Makassar: Tugas Akhir.

Pindrayana, K., Borman, R. I., Prasetyo, B., & Samsugi, S. (2018). Prototipe Pemandu Parkir Mobil Dengan Output Suara Manusia Mengunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro Vol.2, No.2* , 73.

Pramono, B. B. (2019). *Penggunaan Dye Penetrant dan Ultrasonic Testing Pada Kolam Nikel Murni : Metode Non-Destructive Testing.* Yogyakarta: Tugas Akhir .

Pratomo, I. D., Rouf, A., & Supardi, T. W. (2016). Pengukuran Jarak Lubang Pada Benda Padat Menggunakan Sensor Ultrasonik. *IJEIS, Vol 6. No. 1*.

Saghoa, Y. C., S. R., & Tulung, N. M. (2018). Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol. 7 No.2*, 168.

Saghoa, Y. C., Sompie, S. R., & Tulung, N. M. (2018). Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol. 7 No.2*, 168.

Sorongan, E., Hidayati, Q., & K. P. (2018). ThingSpeak sebagai Sistem Monitoring Tangki SPBU Berbasis Internet of Things. *JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa, Vol. 3, No. 2*.

Suganya, M. K. (2014). Simulation of Four Quadrant Operation of Three Phase BLDC Motor Using Fuzzy. *International Journal of Innovative Research in Science. Engineering, and Techology, 3*(1).

Sulardi. (2018). Perbaikan Retak Pada Beton Pondasi Pompa Dengan Metode Low Pressure Incention. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipi*.

Sumarjo, J., & Aa Santosa, R. P. (2017). Perancangan Pembuatan Alat Uji NDT Ultrasonic Test Dengan Metode Mikrokontroller. *INFOMATEK Volume 19 Nomor 2*.

Swasoko, S., & Rouf, A. (2017). Rancang Bangun Pembangkit Pulsa Tiga Sensor Ultrasonik Untuk Pendeteksi Kecacatan Beton Berbasis Mikrokontroler. *IJEIS, Vol.7, No.2*.

Wallah, A. Y., & B. M. (2019). Pengaruh Pembebanan Terhadap Hasil Pengujian Hammer Test Pada Kolom Beton Bertulang. *Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.2*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Notulensi Revisi Sidang Akhir

Ketua Dosen Penguji	**Dosen Penguji 1**
Dwi Oktavianto Wahyu N., S.T., M.T.	**Putri Yeni Aisyah., S.T., M.T.**
1. Memperbaiki Alat hingga dapat melakukan pembacaan dengan baik. 2. Belajar lebih lagi untuk kodingannya.	1. Memperbaiki alat sehingga hasil pengukuran dapat stabil dan benar. 2. Memperbaiki karakteristik static pengukurannya
Hal yag telah dilakukan : 1. Alat sudah diperbaiki sehingga hasil pengukuran yang didapat lebih stabil dari sebelumnya meskipun terkadang nilai Kembali error.	Hal yang telah dilakukan : 1. Alat sudah diperbaiki sehingga hasil pengukuran yang didapat lebih stabil dari sebelumnya meskipun terkadang nilai Kembali error. 2. Menambahkan variasi kedalaman cacat buatan sehingga untuk menentukan karakteristik statiknya bisaa lebih baik hasil nya.

Listing Code Arduino IDE

```
#include <ESP8266_Lib.h>
#include <AD9850.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266_Lib.h>
#include <BlynkSimpleShieldEsp8266.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define W_CLK 8    // Pin 8 - connect to AD9850 module word load clock pin
(CLK)
#define FQ_UD 9   // Pin 9 - connect to freq update pin (FQ)
#define DATA 10   // Pin 10 - connect to serial data load pin (DATA)
#define RESET 11  // Pin 11 - connect to reset pin (RST)
#define pulseHigh(pin) {digitalWrite(pin, HIGH); digitalWrite(pin, LOW); }
LiquidCrystal_I2C lcd(0x17, 16, 2); //konfigurasi i2c lcd 16x2
#include <SoftwareSerial.h>
  SoftwareSerial EspSerial(2, 3); // RX, TX
#define ESP8266_BAUD 9600
ESP8266 wifi(&EspSerial);
float volt;
//BLYNK//
char auth[] = "WBsKoYkQVA2A4_wbsu_0PeDcFL4BY8xH";
char ssid[] = "Redmi Note 9";
char pass[] = "12345678";

//AD9850//
void tfr_byte(byte data)
{
  for (int i=0; i<8; i++, data>>=1) {
    digitalWrite(DATA, data & 0x01);
    pulseHigh(W_CLK);   //after each bit sent, CLK is pulsed high
```

```
  }
}


void sendFrequency(double frequency) {
  int32_t freq = frequency * 4294967295/125000000;  // note 125 MHz clock on
9850.
  for (int b=0; b<4; b++, freq>>=8) {
    tfr_byte(freq & 0xFF);
  }
  tfr_byte(0x000);   // Final control byte, all 0 for 9850 chip
  pulseHigh(FQ_UD); // Done!  Should see output
}

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
        ///////////////AD9850
        pinMode(FQ_UD, OUTPUT);
        pinMode(W_CLK, OUTPUT);
        pinMode(DATA, OUTPUT);
        pinMode(RESET, OUTPUT);
        pulseHigh(RESET);
        pulseHigh(W_CLK);
        pulseHigh(FQ_UD);
        lcd.begin();
}

void loop() {
    sendFrequency(40000);

}
```

```
void setup() {
        lcd.begin();
        lcd.setCursor(2, 0);
       lcd.print("Tugas Akhir");
       lcd.setCursor(4, 1);
       lcd.print("Cek Beton");
       delay(4000);

        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Aktifkan Hotspot");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(">Buka Apk Blynk<");
        delay(5000);

        Serial.begin(9600);
       Serial.begin(ESP8266_BAUD);
       delay(10);
       Blynk.begin(auth, wifi, ssid, pass);
       //BLYNK//
}

void ambiltegangan(){
  volt1=analogRead(0);
  volt=((volt1*0.00489)*5);
  Blynk.virtualWrite(V1,volt);
}


void lcdtampil() {
  lcd.setCursor(0,0);
```

```
  lcd.print("VOut=");
  lcd.setCursor(7, 0);
  lcd.print(volt);
  delay(1000);
}

void loop() {
    lcdtampil();
    Blynk.run();

}
```

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS

Nama Penulis Alvin Cahya Adi Pradana, dilahirkan di Surabaya, 26 Mei 1999. Riwayat Pendidikan Penulis dimulai dari SDN Ketabang 1 Surabaya dilanjutkan di SMPN 4 Surabaya dan dilanjutkan lagi di SMAN 4 Surabaya. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan Pendidikan di Departemen Rekayasa Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dengan Ketekunan, motivasi dan dukungan untuk terus belajar dan berusaha. Penulis telah berhasil menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini. Semoga dengan penelitian Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi sekitar.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas terselesaikannya Tugas Akhir dengan judul **"SISTEM MONITORING KECACATAN PADA BETON DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS APLIKASI *BLYNK*"**