

**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KERUSAKAN PADA
BEARING BERBASIS MIKROKONTROL ARDUINO DENGAN SENSOR
SUARA FC-04**

SKRIPSI

Oleh:

SYAHRUL LUTFI
NIM. 17640041



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PENGANTAR

**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KERUSAKAN PADA BEARING
BERBASIS MIKROKONTROL ARDUINO DENGAN SENSOR SUARA FC-04**

SKRIPSI

**Diajukan kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
SYAHRUL LUTFI
NIM. 17640041**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KERUSAKAN PADA BEARING
BERBASIS MIKROKONTROL ARDUINO DENGAN SENSOR SUARA FC-04**

SKRIPSI

Oleh:
Syahrul Lutfi
NIM. 17640041

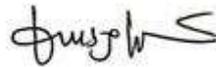
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal, 06 Desember 2023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001



Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I
NIDT. 19790502 20180201 2 208

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

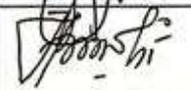
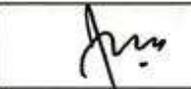
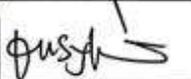
HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KERUSAKAN PADA BEARING
BERBASIS MIKROKONTROL ARDUINO DENGAN SENSOR SUARA FC-04

SKRIPSI

Oleh:
Syahrul Lutfi
NIM. 17640041

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 06 Desember 2023

| | | |
|----------------|---|---|
| Ketua Penguji: | <u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002 |  |
| Anggota 1: | <u>Ahmad Luthfin, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009 |  |
| Anggota 2: | <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001 |  |
| Anggota 3: | <u>Mubasyiroh, S.S. M.Pd.I</u> NIDT. 19790502 20180201 2 208 |  |

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syahrul Lutfi

NIM : 17640041

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Pada Bearing
Berbasis Mikrokontrol Arduino Dengan Sensor Suara FC-04

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 06 Desember 2023
Yang Membuat Pernyataan



Syahrul Lutfi
NIM. 17640041

MOTTO

“Lebih baik menjadi yang bermanfaat dari pada yang terbaik.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah

Kupersembahkan karya Tugas Akhir ini kepada

Kedua orang tua saya Ayah Sya'roni dan Ibu Tasiti yang saya cintai

Semua saudara yang telah memberikan dukungan

Para dosen dan pembimbing, yang telah memberikan petunjuk, pengetahuan, bimbingan dan pengarahan selama penyusunan penulisan sehingga mampu menyelesaikan skripsi dengan baik.

Teman-teman seperjuangan di program studi Fisika UIN Malang

Seluruh pihak yang telah banyak berjasa terhadap proses penyelesaian skripsi ini.

Almamater saya UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul **“Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Pada Bearing Berbasis Mikrokontrol Arduino Dengan Sensor Suara FC-04”**. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Program Studi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Farid Samsu Hananto, M.T selaku Dosen Wali sekaligus Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
5. Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I selaku Dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam bidang integrasi sains dan Al-Quran.

6. Segenap dosen, Laboran dan Admin Program Studi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
7. Bapak, Ibu, serta keluarga di rumah yang selalu memberi doa dan dukungan, baik riil maupun materiil selama proses penelitian.
8. Teman-teman angkatan 2017 yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 06 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGAJUAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | Error! Bookmark not defined. |
| MOTTO | viii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| ABSTRAK | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| مستخلص البحث | xvii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan..... | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah | 4 |
| 1.5 Manfaat..... | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Bunyi dalam Perspektif Islam | 6 |
| 2.2 Bearing | 7 |
| 2.2.1 Kerusakan Bearing | 7 |
| 2.3 Frekuensi | 8 |
| 2.4 Amplitudo..... | 9 |
| 2.5 Mikrokontrol..... | 10 |
| 2.6 Arduino Uno | 11 |
| 2.7 Arduino IDE | 12 |
| 2.8 Sensor Suara FC-04 | 13 |
| 2.8.1 Prinsip Kerja Sensor FC-04 | 13 |
| 2.8.2 Karakteristik dari Sensor FC-04 | 14 |
| 2.8.3 Spesifikasi Sensor FC-04 | 15 |
| 2.9 Tachometer | 15 |
| 2.10 Osiloskop | 16 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | 18 |
| 3.1 Waktu dan Tempat..... | 18 |
| 3.2 Jenis Penelitian | 18 |
| 3.3 Studi Literatur..... | 18 |
| 3.4 Alat dan Bahan | 18 |
| 3.4.1 Alat Penelitian..... | 18 |
| 3.4.2 Bahan Penelitian | 19 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 3.5 | Prosedur Penelitian | 19 |
| 3.6 | Tahap Perancangan Alat..... | 20 |
| 3.6.1 | Perancangan Perangkat Keras..... | 20 |
| 3.6.2 | Perancangan Perangkat Lunak..... | 22 |
| 3.7 | Metode Analisis Data | 23 |
| 3.8 | Metode Pengambilan Data..... | 24 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 26 |
| 4.1 | Hasil Penelitian..... | 26 |
| 4.1.1 | Hasil Perancangan Alat..... | 26 |
| 4.1.2 | Hasil Perancangan Perangkat Lunak | 27 |
| 4.1.3 | Hasil Pengujian Alat | 28 |
| 4.2 | Pembahasan | 33 |
| 4.3 | Keterkaitan Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam | 36 |
| BAB V PENUTUP..... | | 39 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 39 |
| 5.2 | Saran | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 41 |
| LAMPIRAN..... | | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Bearing | 7 |
| Gambar 2. 2 Visualisasi Gelombang Amplitudo | 10 |
| Gambar 2. 3 Gelombang Amplitudo Berkaitan Dengan Waktu | 10 |
| Gambar 2. 4 Arduino Uno..... | 12 |
| Gambar 2. 5 Arduino IDE..... | 13 |
| Gambar 2. 6 Sensor Suara FC-04..... | 13 |
| Gambar 2. 7 Prinsip Kerja Condenser Mic | 14 |
| Gambar 2. 8 Tachometer..... | 16 |
| Gambar 2. 9 Osiloskop..... | 17 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 20 |
| Gambar 3. 2 Diagram Blok Perancangan Alat..... | 21 |
| Gambar 3. 3 Diagram Sistem Pendeteksi Kerusakan Pada Bearing | 22 |
| Gambar 3. 4 Diagram Perancangan Perangkat Lunak | 23 |
| Gambar 4. 1 Skema Rangkaian Alat..... | 26 |
| Gambar 4. 2 Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Pada Bearing..... | 26 |
| Gambar 4. 3 Tampilan Awal Arduino IDE..... | 27 |
| Gambar 4. 4 Kodingan Sensor Suara | 28 |
| Gambar 4. 5 Nilai Amplitudo di LCD | 28 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--------------------------------------|----|
| Tabel 3. 1 Pengujian Bearing | 25 |
| Tabel 4. 1 Pengujian Bearing 1 | 29 |
| Tabel 4. 2 Pengujian Bearing 2 | 30 |
| Tabel 4. 3 Pengujian Bearing 3 | 31 |
| Tabel 4. 4 Pengujian Bearing 4 | 32 |
| Tabel 4. 5 Pengujian Bearing 5 | 33 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Koding Sensor Suara | 44 |
| Lampiran 2 Perhitungan Standar Deviasi | 46 |

ABSTRAK

Lutfi, Syahrul. 2023. **Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Pada Bearing Berbasis Mikrokontrol Arduino Dengan Sensor Suara FC-04.** Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I

Kata Kunci: Arduino, Bearing, Sensor Suara

Bearing merupakan bagian penting dari sebuah mesin yang berfungsi untuk menahan dan memutar poros dari objek sehingga poros bisa berputar sesuai dengan arah. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan bearing sehingga tidak bisa bekerja semaksimal mungkin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04 agar dapat mengetahui kerusakan pada bearing. Penelitian ini melakukan perancangan sensor dan pengujian sensor. Prinsip kerja dari alat penelitian ini yaitu ketika motor memutar bearing sensor suara akan mengukur nilai amplitudo, selanjutnya mikrokontrol akan menampilkan hasil pengukuran di layar lcd. Hasil uji ketelitian alat dengan 5 bearing rata-rata di atas 95%. Untuk hasil nilai amplitudo yang dihasilkan dari 5 sampel bearing dimana bearing yang masih bisa dipakai atau normal didapatkan nilai amplitudo sebesar $\leq 3,4$ V. Dan untuk nilai amplitudo $> 3,4$ V maka bearing tersebut tidak bisa dipakai atau rusak.

ABSTRACT

Lutfi, Syahrul. 2023. **Design and Construction of a Bearing Fault Detection Tool Based on Arduino Microcontroller with FC-04 Sensor**. Thesis. Physics Department Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State University, Malang. Advisor: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I.

Keywords: Arduino, Bearing, Sound Sensor

Bearings are an important part of a machine whose function is to hold and rotate the shaft of an object so that the shaft can rotate in the same direction. There are several factors that can influence bearing damage so that it cannot function properly. This research aims to design a bearing damage detection tool based on an Arduino microcontroller with an FC-04 sound sensor to detect bearing damage. This research carries out sensor design and sensor testing. The working principle of this research tool is that when the motor rotates the sound sensor bearing, the amplitude value will be measured, then the microcontroller will display the measurement results on the LCD. The average accuracy test results for tools with 5 bearings are above 95%. For the amplitude value resulting from 5 bearing samples whose bearings are still suitable for use or normal, the amplitude value is $\leq 3,4$ V. And for amplitude values $> 3,4$ V, the bearing cannot be used or is damaged.

مسحليص البحت

لظفي؁ شهرول ٢٢٠٣ تصميم وبناء جهاز لرصد تلف المحامل بناءً على ميكروكنترول أردوينو بواسطة جهاز استشعارالصوت ف ج - ٠٤. قسم الفيزياء؁ كلية العلوم والتكنولوجيا؁ جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالنج. المشرف :الأول؁ فريد سامسو هانانتو؁ الماجستير. المشرفة الثانية : مبشرة؁ الماجستير.

كلمات مفتاحية: أردوينو؁ محمل؁ جهاز استشعار الصوت

تعد المحامل جزءًا مهمًا من الآلة التي تتمثل وظيفتها في تثبيت عمود الجسم وتدويره بحيث يمكن أن يدور العمود في نفس الاتجاه. هناك العديد من العوامل التي يمكن أن تؤثر على تلف المحمل بحيث لا يعمل بشكل صحيح. يهدف هذا البحث إلى تصميم أداة للكشف عن أضرار المحامل بالاعتماد على متحكم اردوينو مع حساس الصوت ف ج -٠٤. للكشف عن تلف المحامل. ينفذ هذا البحث تصميم أجهزة الاستشعار واختبار أجهزة الاستشعار. مبدأ العمل لأداة البحث هذه هو أنه عندما يقوم المحرك بتدوير محمل مستشعر الصوت؁ سيتم قياس قيمة السعة؁ ثم سيعرض المتحكم الدقيق نتائج القياس على شاشة الكريستال السائل. متوسط نتائج اختبار الدقة للأدوات ذات ٥ محامل أعلى من ٩٥٪. بالنسبة لقيمة السعة الناتجة عن ٥ عينات تحمل لا تزال محاملها مناسبة للاستخدام أو عادية؁ تكون قيمة السعة $\geq ٣,٤$ فولت. وبالنسبة لقيم السعة $< ٣,٤$ فولت؁ لا يمكن استخدام المحمل أو يكون تالفًا.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bearing yang juga disebut bantalan dalam bahasa Indonesia, adalah komponen paling penting dari sebuah mesin. Secara sederhana, bantalan adalah bagian penting dari mesin yang membantu menahan dan memutar poros suatu objek, memastikan agar poros tersebut bergerak dengan lancar. Penggunaan berkelanjutan pada sebuah mesin akan mengakibatkan penurunan kinerjanya. Keadaan ini juga akan menyebabkan putaran mesin menanggung beban yang lebih berat dan bisa mengakibatkan umur komponennya jadi lebih singkat. Penyebab paling umum kemungkinan besar adalah dari kerusakan mendadak pada mesin. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk memeriksa kondisi bantalan agar dapat menerima peringatan dini tentang kemungkinan kerusakan pada bantalan (Islamiyati, 2022).

Mesin induksi sering mengalami kerusakan pada bantalan sebagai kesalahan mekanis. Mesin induksi sering mengalami kerusakan pada bantalan sebagai kesalahan mekanis yang umum. Mendeteksi kerusakan bearing (baik jenis maupun tingkat kerusakan) selama kondisi operasi normal itu sangat dianjurkan. Mendeteksi kerusakan bantalan secara dini sangat penting untuk memastikan perawatan yang tepat dapat dilakukan guna mencegah mesin mengalami kerusakan serius. Bantalan dalam motor induksi adalah komponen yang sangat penting yang memberikan dukungan pada rotor, memungkinkannya bergerak dengan mudah. Jika bantalan rusak, hal ini dapat menyebabkan getaran yang lebih besar, suara yang lebih keras, suhu yang lebih tinggi, dan efisiensi yang berkurang pada motor

induksi. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan lebih lanjut pada bagian-bagian lain dari motor (Iradiratu, 2019).

Sumber Suara dalam perspektif al-Qur'an dalam Surat Az Zumar ayat 68 yang artinya "Rombongan Perang" ayat ke-68 ini menjelaskan meniup sangkakala yang dipakai Malaikat Israfil di hari kiamat, menandakan bahwa terompet merupakan sumber bunyi. Dalam ilmu fisika, pembentukan suara dikaitkan dengan sumber suara. Oleh karena itu, terompet digambarkan dalam Firman Allah Swt. (Ulinuha, 2018).

وَنُفِخَ فِي الصُّورِ فَصَعِقَ مَنْ فِي السَّمٰوٰتِ وَمَنْ فِي الْاَرْضِ اِلَّا مَنْ شَاءَ اللّٰهُ ثُمَّ نُفِخَ فِيْهِ اٰخَرٰى فَاِذَا هُمْ قِيٰمًا يَنْظُرُوْنَ (٦٨)

Artinya: "Dan ditiuplah sangkakala, Maka matilah siapa yang di langit dan di bumi kecuali siapa yang dikehendaki Allah. kemudian ditiup sangkakala itu sekali lagi Maka tiba-tiba mereka berdiri menunggu (putusannya masing-masing)" (Q.S. Az Zumar :68).

Menurut tafsir Sayyid Al Quthb ayat tersebut menjelaskan tentang salah satu panorama kiamat yang diawali dengan tiupan pertama dan berakhirnya situasi. Yaitu, digiringnya penghuni neraka ke neraka dan penghuni surga ke surga. Dan tinggallah Allah semata Yang Maha Agung, lalu semua makhluk menghadapkan diri ke zat-Nya dengan tasbih dan tahmid. Itulah panorama yang menarik dan meriah. Mula-mula dinamis, lalu berjalan perlahan, hingga terdiam tenang. Maka seluruh perkara membisu dan berkemah di pelataran kebisuan yang agung dan ketakutan yang khusyu dihadapan Allah Yang Maha Esa dan Maha Kuasa. Inilah tiupan pertama muncul. Maka, semua makhluk hidup yang masih tersisa di muka bumi dan dilangit menjerit mati. Kami tidak tahu berapa lama jarak antara tiupam pertama dan kedua. Disini tidak dikemukakan tiupan ketiga, yaitu tiupan untuk menyatukan dan mengumpulkan. Tiupan itu tidak menggambarkan hiruk-pikuknya

mahsyar dan kekalutan kerumunana. Sebab, panorama ini dilukiskan dengan tenang dan tidak bergerak diam (Sayyid Quthb, 2004).

Dalam kemajuan teknologi kemungkinan dirancangnya instrumen seperti *processor*, *memory*, dan *input/output (I/O)* di dalam *integrated circuit* yang dinamakan mikrokontroler. Dari timbangan digital hingga pengontrol intensitas cahaya ruangan, mikrokontroler telah menemukan berbagai aplikasi luas dalam berbagai perangkat. Sistem deteksi kerusakan bearing bergantung pada analisis suara yang dihasilkan ketika bantalan berputar. Getaran pada bantalan dibaca sensor, kemudian mikrokontroler berfungsi untuk menampung dan memproses data serta menghubungkan sensor dan perangkat antarmuka alat pemantauan bearing. Pemantauan kondisi bearing dapat dilakukan dengan mendeteksi suara pada bearing.

Dari penelitian terdahulu, deteksi dan pemrosesan data getaran telah mengidentifikasi kerusakan bearing di mesin rotasi ataupun identifikasi kerusakan pada bagian mesin. Penelitian sebelumnya mampu mencari dan membaca analisa kerja mesin. Hasil percobaan ditampilkan pada komputer. Pada penelitian ini, dilakukan rancang bangun alat dimana nilai frekuensi suara dikirim ke mikrokontroler, nilai yang ditampilkan di layar LCD. Selanjutnya hasil pada Serial Monitor diplot menjadi sebuah grafik. Hasil dari grafik sebagai *output* untuk mengetahui nilai amplitudo disetiap bearing.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara untuk merancang alat pendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04?
2. Bagaimana cara untuk mendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04?
3. Bagaimana cara menganalisis kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Untuk merancang alat pendeteksi kerusakan bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04.
2. Untuk mendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04.
3. Untuk menganalisis kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang melandasi penelitian ini yaitu:

1. Penelitian rancang bangun alat pendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol ini berskala prototipe.
2. Untuk bearing yang diuji ada 5 jenis bearing berbeda.
3. Faktor yang diperhatikan adalah nilai amplitudo dari setiap bearing yang diuji
4. Data yang ditampilkan pada aplikasi adalah nilai amplitudo dari macam-macam bearing.
5. Mikrokontrol yang digunakan adalah Arduino.

6. Bahasa pemrograman menggunakan bahasa pemrograman C pada *software* Arduino IDE.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini nantinya adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis adalah untuk menerapkan atau mengaplikasikan teori yang telah diperoleh di bangku perkuliahan untuk memenuhi tugas akhir.
2. Bagi pembaca bisa menambah pengetahuan tentang deteksi kerusakan pada bearing menggunakan sensor suara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bunyi dalam Perspektif Islam

Dalam teori bunyi adalah gelombang yang bisa didengar oleh indra pendengaran lewat bagian tubuh manusia yang disebut telinga. Bunyi dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui suatu medium sebagai gelombang yang dikenal sebagai gelombang akustik. Sama seperti pada cairan, gas, atau padat. Dalam studi ilmu fisika, dijelaskan bahwa bunyi pada awalnya dihasilkan oleh sumber bunyi atau dapat dikatakan timbul karena adanya benda yang bergetar. Setelah itu, benda yang bergetar akan membuat molekul-molekul di udara sekitarnya bergetar. (Putri, 2022).

Dalam pengetahuan ilmu tafsir tentang bunyi, menurut Firman Allah Swt. yang berbunyi:

مَا يَنْظُرُونَ إِلَّا صَيْحَةً وَاحِدَةً تَأْخُذُهُمْ وَهُمْ يَخِصِّمُونَ (٤٩)

Artinya: "Mereka tidak menunggu melainkan satu teriakan (bunyi) saja yang akan membinasakan mereka ketika mereka sedang bertengkar." (Q.S. Yasin: 49).

Dalam tafsir Ibnu Katsir ayat tersebut dijelaskan ketika melakukan tiupan sangkakala dimana tiupan itu mengejutkan, maka manusia akan merasa didalam pasar-pasar dan berada dalam kegiatan manusia yang sedang bersaing dan bertengkar diantara sesama sebagaimana kebiasaannya. Pada saat mereka berada di kondisi seperti itu, tiba-tiba Allah menyuruh Malaikat Israfil untuk meniup sangkakala. Ketika Malaikat Israfil memulai tiupan yang cukup panjang. Tidak ada satu orang pun di permukaan bumi selain mendengar suara itu yang terdengar dari arah langit. Setelah itu manusia yang diarahkan menuju ke Padang Mahsyar dengan api yang menutup mereka dari segala arah (Ibnu Katsir, 2015).

Ayat diatas mempunyai arti kata yang menginterpretasikan makna bunyi, yaitu pada kata (صيحة) shoihah atau teriakan. Artinya menginterpretasikan peniupan sangkakala kedua, dimana mengisyaratkan bahwa yang hidup ketika itu akan langsung binasa bergelimpangan. Makna bunyi dalam sains memang telah dipelajari dalam ilmu Fisika sejak dahulu, dan juga telah dibuktikan benar adanya oleh ayat-ayat al-Qur'an yang membahasnya. Menggali pengetahuan dan mengkaji makna sains dalam al-Qur'an perlu kita dorong untuk lebih memahami terkhusus tentang ilmu pengetahuan yang ada disekitar (Putri, 2022).

2.2 Bearing

Bearing merupakan komponen mekanis yang dipakai dalam mengurangi gerakan antara dua atau lebih bagian mekanis agar dapat selalu bergerak ke arah yang disesuaikan. Fungsi utama bearing yaitu untuk membatasi gesekan dari dua atau lebih benda yang bergerak yaitu poros dengan sumbu putar. Selain itu bantalan memiliki fungsi menjadi tumpuan ketika memutar benda (Artana, 2022).



Gambar 2. 1 Bearing

2.2.1 Kerusakan Bearing

Adapun gangguan pada bearing yang disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

1. Kesalahan produk (pembuatan barang) dimana retaknya bearing setelah produksi baik retak halus ataupun berat, kesalahan toleransi, kesalahan celah bearing.

2. Pemasangan yang kurang baik dapat menyebabkan cincin dalam atau cincin luar berputar dan menimbulkan gesekan dengan poros.
3. Ventilasi atau celah yang tidak memadai karena pemasangan yang terlalu rapat. Akibatnya, peningkatan suhu bantalan yang cepat selama berputar memiliki dampak signifikan pada peningkatan konsentrasi tegangan.
4. Sebuah tonjolan di jalan atau pada roll dapat menyebabkan bearing terasa terhenti ketika berputar.
5. Kesalahan operasi.
6. Menggunakan bahan pelumas yang salah dapat menyebabkan korosi atau penumpukan gumpalan, yang dapat menghambat putaran bearing.
7. Debu atau serpihan dari area sekitarnya dapat menyebabkan *bushing* aus dan mengalami masalah putaran.
8. Pemasangan peralatan yang tidak benar dapat menyebabkan getaran selama operasi, yang berpotensi menyebabkan kerusakan (Satria, 2016).

2.3 Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah perubahan tekanan yang terjadi setiap detiknya, diukur dalam siklus per detik atau Hertz (Hz). Suara dicirikan oleh kedua frekuensinya dan intensitasnya. Kecepatan perambatan suara bervariasi karena pengaruh medium dan suhu. Kecepatan suara di udara pada suhu 20°C sekitar 344 m/s. Dalam keadaan ini, panjang gelombang suara antara 13 inch (0,344 m) frekuensi 1000 Hz (Alifiyyah, 2018).

Dari jenis frekuensi, bunyi dibagi menjadi 3 tingkatan frekuensi, antara lain:

1. Gelombang infrasonik

Manusia dapat mendengar gelombang infrasonik, yang merupakan suara dengan frekuensi terendah. Suara dengan frekuensi kurang dari 20 Hertz dikenal sebagai suara infrasonik, dan hanya dapat didengar oleh beberapa jenis hewan. Kecoa dan anjing adalah contoh hewan yang mampu mendengar gelombang infrasonik ini. Bunyi infrasonik berada dalam rentang 17 Hertz sampai 0,001 Hertz. Rentang frekuensi yang disebutkan setara dengan rentang yang dideteksi oleh seismometer selama gempa bumi. Gelombang infrasonik memiliki kemampuan untuk menjelajah jarak yang jauh dan melewati penghalang tanpa mengurangi intensitasnya.

2. Gelombang Audiosonik

Gelombang audiosonik mengacu pada suara yang dapat didengar oleh telinga manusia dan memiliki frekuensi antara 2 hingga 20.000 Hertz.

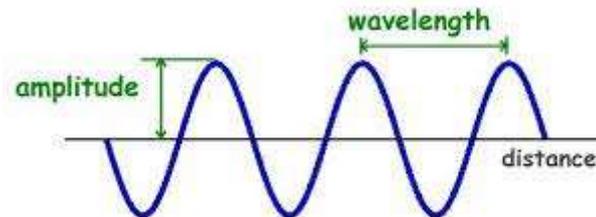
3. Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi yang melebihi 20.000 Hertz. Gelombang ini mampu menjelajahi medium yang bersifat padat, cair, atau gas. Gelombang ultrasonik merupakan representasi dari transmisi energi dan momentum mekanik. Oleh karena itu, mereka memiliki kemampuan untuk menyebar melalui interaksi dengan molekul dan karakteristik energetik dari medium yang mereka lewati. (Alifiyyah, 2018).

2.4 Amplitudo

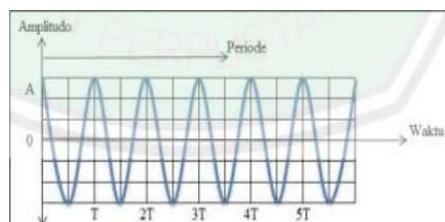
Amplitudo yaitu simpangan dari suatu getaran yang menghasilkan suara. Dalam sistem internasional, amplitudo direpresentasikan oleh simbol (A) dan diukur dalam meter (m), yang mewakili perpindahan atau jarak maksimum dari titik

kesetimbangan. Contoh gambar dibawah yaitu panjang gelombang yang berhubungan dengan amplitudo.



Gambar 2. 2 Visualisasi Gelombang Amplitudo

Pada Gambar 2. 2 Ketika gelombang dimulai dari posisi kesetimbangan dan bergerak ke bawah, kemudian ke atas, sebelum kembali ke posisi awalnya, jarak maksimum dari posisi kesetimbangan didefinisikan sebagai amplitudo.



Gambar 2. 3 Gelombang Amplitudo Berkaitan Dengan Waktu

Pada Gambar 2. 3 amplitudo menghasilkan sebuah bunyi dari sesuatu yang bergetar. Amplitudo gelombang suara mempengaruhi keras dan kekuatannya. Amplitudo yang lebih besar berarti intensitas suara yang lebih tinggi, dan sebaliknya. (Fernando, 2020).

2.5 Mikrokontrol

Mikrokontrol adalah sistem komputer yang mengintegrasikan semua atau sebagian besar komponennya ke dalam satu *chip* IC (*Integrated Circuit*), dan sering disebut sebagai mikrokomputer berbasis satu *chip*. Mikrokontroler adalah sistem

komputer yang dibuat untuk tugas-tugas khusus, berbeda dengan *Personal Computer* (PC) yang dapat melakukan berbagai fungsi. Dalam penelitian ini mikrokontroler arduino digunakan sebagai alat pengintegrasian deteksi kerusakan pada bearing dari berbagai komponen lain yaitu sensor suara, arduino, tachometer dan lcd. Program pada perangkat ini ditulis menggunakan bahasa pemrograman C, dijalankan oleh CPU, dan disimpan dalam memori mikrokontroler. (Wahab, 2019).

2.6 Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah papan mikrokontroler pertama yang dirancang oleh pabrik *Smart Projects*. Massimo Banzi termasuk penciptanya. Seseorang dapat menggunakan Arduino karena Arduino adalah perangkat keras sumber terbuka (*open-source hardware*). Pemrograman Arduino melibatkan penggunaan komputer untuk membuat program dengan menggunakan Lingkungan Pengembangan Terpadu Arduino (Arduino IDE) (Hartono, 2019).

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328, yang dapat melakukan tugas-tugas serupa dengan komputer. Arduino Uno dilengkapi dengan 14 pin *input/output* digital, 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*), serta 6 *input analog*. Selain itu, terdapat koneksi USB, soket daya eksternal, header ICSP (*In-Circuit Serial Programming*), dan tombol *reset*. Arduino Uno dibangun dengan osilator 16 MHz dan ditenagai oleh mikroprosesor, khususnya Atmel AVR. Arduino Uno dilengkapi dengan 2KB SRAM untuk penyimpanan data, 32 KB memori *Flash*, dan EEPROM untuk memori baca-tulis yang dapat dihapus. Fungsi SRAM adalah untuk menyimpan data atau data yang telah diproses saat Arduino menerima pasokan daya. Program yang telah dibuat disimpan menggunakan memori *flash*. Program

default Arduino Uno biasanya disimpan dalam EEPROM, dan itu juga memiliki kemampuan untuk menyimpan data secara permanen. (Hartono, 2019).



Gambar 2. 4 Arduino Uno

2.7 Arduino IDE

Istilah "Arduino IDE" singkatan dari *Integrated Development Environment*, dan pada dasarnya merupakan lingkungan yang komprehensif untuk keperluan pengembangan. Perangkat lunak dinamakan lingkungan karena memudahkan implementasi fungsi tertanam menggunakan sintaks pemrograman untuk pemrograman Arduino. Arduino menggunakan bahasa pemrograman yang mirip dengan C. (Saputra, 2020).

Pengguna dapat mengkompilasi dan mengunggah program atau sketsa yang ditulis di Arduino IDE langsung ke papan Arduino. Dengan sederhana, sebuah sketsa Arduino terdiri dari tiga blok utama: *Header*, *Setup*, dan *Loop*. Arduino IDE dibuat menggunakan bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga mencakup perpustakaan *Wiring C/C++*, yang memudahkan operasi *input* dan *output*. Arduino IDE adalah versi modifikasi dari perangkat lunak *Processing*, yang dirancang untuk pemrograman dengan Arduino. (Saputra, 2020).



Gambar 2. 5 Arduino IDE

2.8 Sensor Suara FC-04

Sensor suara mengubah sifat suara menjadi sifat listrik. Sensor berfungsi dengan mendeteksi intensitas gelombang suara yang bersentuhan dengan membrannya, menyebabkannya bergerak. Gulungan kecil pada membran sensor yang bergerak menghasilkan variabel listrik. Kekuatan atau kelemahan gelombang listrik yang dihasilkan ditentukan oleh kecepatan pergerakan gulungan kecil. Sensor ini mencakup komponen seperti mikrofon kondensator atau *mic*. Mikrofon kondensator berbentuk bulat dan memiliki dua pin. (Yusifar, 2018).

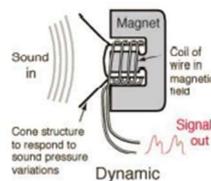


Gambar 2. 6 Sensor Suara FC-04

2.8.1 Prinsip Kerja Sensor FC-04

Mikrofon kondensator sensor suara FC-04 beroperasi dengan menggunakan susunan diafragma atau backplate yang memerlukan pengisian listrik untuk membuat kapasitor yang peka terhadap suara. Ketika gelombang suara memasuki

mikrofon, mereka akan menyebabkan komponen diafragma bergetar. Diafragma ditempatkan di depan backplate, dan bersama-sama mereka membuat kapasitor yang dikenal sebagai kondensor. Kapasitor mampu menyimpan baik muatan maupun tegangan. Ketika elemen diisi muatan dan menciptakan medan listrik antara diafragma dan *backplate*, yang meningkatkan kekuatannya sebanding dengan ruang di antara keduanya. Lebar ruang antara diafragma dan *backplate* bervariasi karena diafragma bergerak sehubungan dengan *backplate* ketika gelombang suara memberikan tekanan pada diafragma. Gelombang suara yang masuk diubah menjadi sinyal listrik melalui proses di mikrofon kondensor. (Yusifar, 2018).



Gambar 2. 7 Prinsip Kerja Condenser Mic

2.8.2 Karakteristik dari Sensor FC-04

Adapun karakteristik dari sensor suara sebagai berikut.

1. Kompleksitas susunan mikrofon ini lebih tinggi dibandingkan dengan mikrofon dinamis dan jenis mikrofon lainnya.
2. Pada frekuensi yang lebih tinggi, mikrofon ini menciptakan suara yang lebih lembut dan organik, bersama dengan peningkatan sensitivitas.
3. Mencapai respons frekuensi datar dan memperluas rentang frekuensi adalah hal yang sederhana.

4. Ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan jenis mikrofon lainnya. Sensor suara dengan mikrofon kondensor tersedia secara luas di pasaran dalam bentuk modul, sehingga membuatnya sederhana dan nyaman untuk digunakan. (Yusifar, 2018).

2.8.3 Spesifikasi Sensor FC-04

Spesifikasi dari sensor suara fc-04 yaitu.

1. Tegangan dc: 3.3-5 V.
2. Nilai keluaran: Digital (0 atau 1).
3. Dilengkapi dengan trimpot untuk mengubah sensitivitas mikrofon.
4. Dilengkapi dengan lampu LED indikator listrik dan suara yang menyala saat suara terdeteksi.
5. Ukuran: 32x17 mm (Haris, 2017).

2.9 Tachometer

Sebuah tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi mesin listrik maupun mekanis. Alat ini diperlukan dan digunakan dalam berbagai industri, termasuk otomotif, pembangkit listrik, laboratorium sistem tenaga, dan laboratorium sistem kontrol. Tachometer memainkan peran penting dalam memberikan umpan balik kepada pengontrol dalam sistem *loop* tertutup, seperti dalam eksperimen servo motor kecepatan. Banyak tachometer yang tersedia untuk dibeli di berbagai *platform online* umumnya dibangun menggunakan *chip* pemasangan tunggal dan hanya menampilkan hasil pengukuran pada layar perangkat. Akibatnya, tachometer tersebut tidak dapat digunakan sebagai instrumen umpan balik dalam sistem otomatis.

Terdapat berbagai jenis tachometer yang dapat diidentifikasi berdasarkan sistem pemrosesan sinyal mereka dan bagaimana mereka terhubung ke objek yang bergerak. Dibandingkan dengan tachometer analog, tachometer digital memberikan akurasi yang lebih baik dan lebih sederhana dalam konstruksinya. Berbagai platform telah digunakan oleh peneliti lain untuk membangun tachometer digital (Yolanda, 2021).



Gambar 2. 8 Tachometer

2.10 Osiloskop

Sebuah osiloskop adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk menampilkan representasi grafis dari sinyal listrik secara visual. Grafik ini memperlihatkan evolusi sinyal seiring waktu pada sebagian besar aplikasi. Tegangan direpresentasikan pada sumbu vertikal (Y), sementara waktu direpresentasikan pada sumbu horizontal (X). Kecerahan atau intensitas tampilan juga dikenal sebagai sumbu Z. sesuai grafik yang dihasilkan, didapatkan beberapa informasi tentang sinyal, sebagai berikut:

1. Nilai waktu dan tegangan dari sinyal.
2. Frekuensi sinyal yang beresilasi.
3. Sinyal menunjukkan bagian-bagian yang bergerak atau berubah dalam rangkaian.
4. Komponen rangkaian yang rusak dapat mengganggu keberadaan sinyal..
5. Ukuran dari arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC).

6. Sinyal *noise* dapat bervariasi dalam magnitudo seiring waktu. (Yani, 2016).



Gambar 2. 9 Osiloskop

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2023 sampai dengan bulan November 2023 di Desa Wangkal, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian rancang bangun alat yaitu melakukan uji coba prototipe pendeteksi kerusakan pada bearing. Pengembangan ini dilakukan untuk melakukan pendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol dengan sensor suara FC-04.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengeksplorasi topik-topik terkait teori-teori yang mendukung perencanaan dan sistem. Penelitian ini memerlukan tinjauan literatur yang fokus pada atribut sensor suara, mikrokontroler Arduino, dan Arduino IDE.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. PC/Laptop
2. Motor DC
3. Software Arduino IDE
4. Arduino Uno
5. Sensor suara FC-04

6. Tachometer

7. Osiloskop

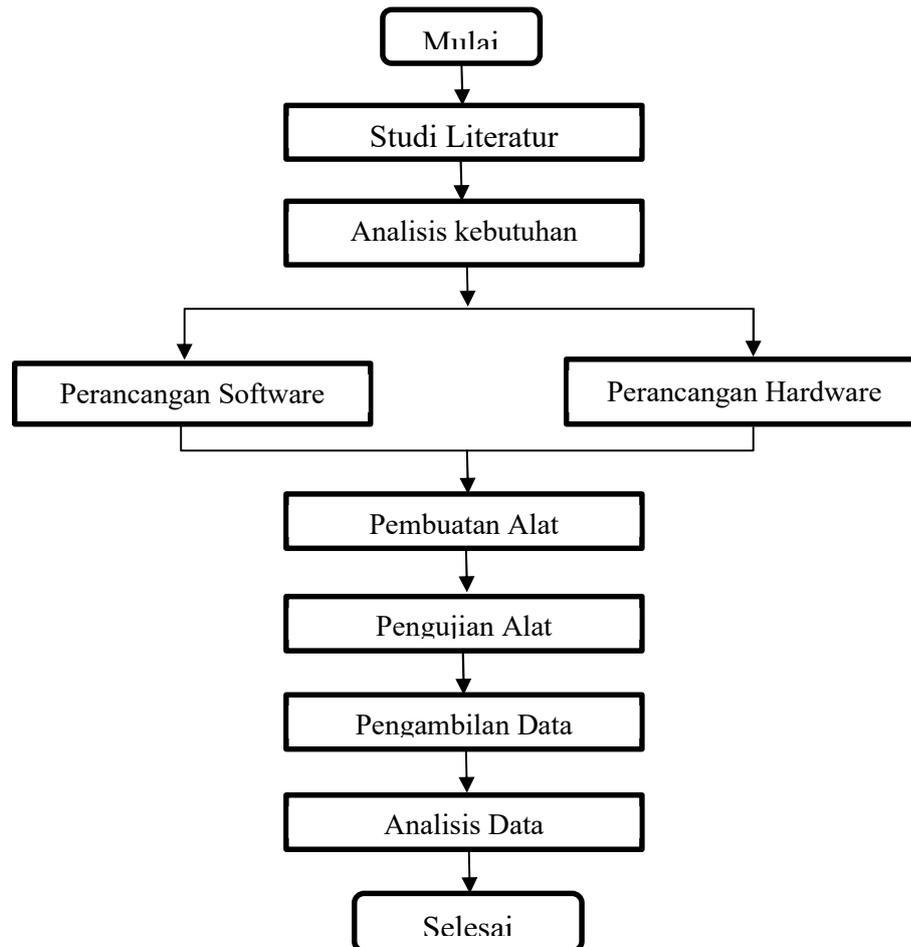
3.4.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Bearing
2. Kabel USB
3. Kabel jumper
4. LCD 16x2
5. Box 17x8 cm

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian rancang bangun alat pendeteksi kerusakan pada bearing berdiameter ini meliputi beberapa tahapan yakni seperti yang ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut ini:



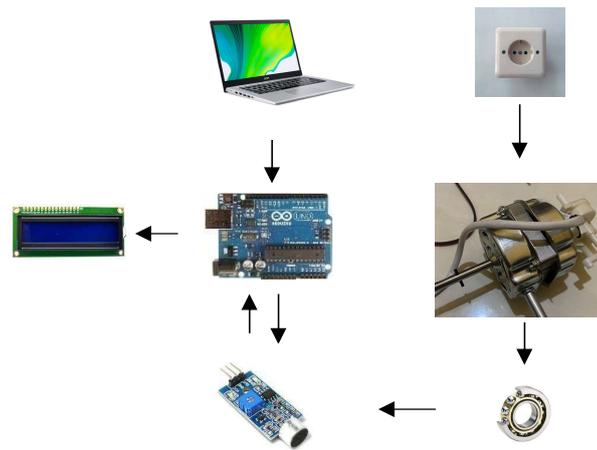
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Tahap Perancangan Alat

Perancangan alat dibagi menjadi dua tahap, yakni tahap perancangan perangkat keras (*Hardware*) dan yang kedua tahap perancangan pada perangkat lunak (*Software*).

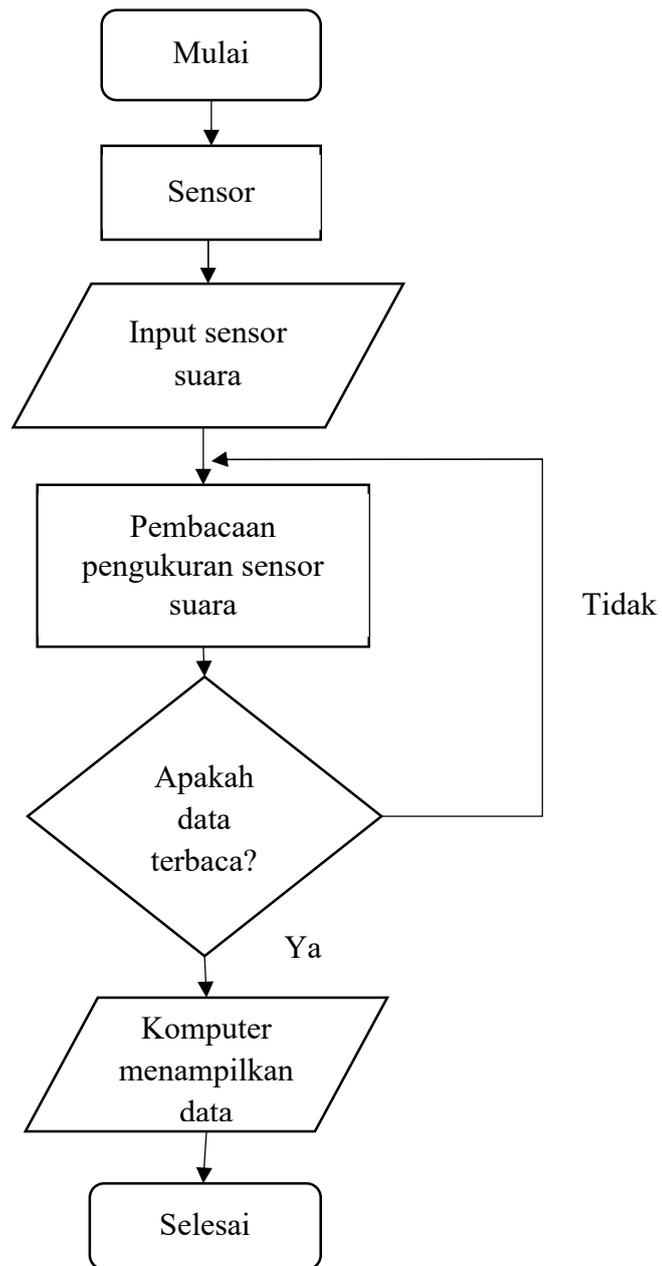
3.6.1 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibutuhkan pada pembuatan rancang bangun penelitian ini terdiri dari sensor suara, mikrokontroler Arduino, serta bahan pendukung lainnya. Adapun perancangan tahapan kerja perangkat keras tersebut dapat dilihat pada diagram blok berikut ini:



Gambar 3. 2 Diagram Blok Perancangan Alat

Rancang bangun alat pendeteksi kerusakan pada bearing menggunakan motor dc sebagai alat untuk memutar bearing, kemudian dipasang sensor suara dengan Arduino ini membentuk suatu sistem mikrokontrol. Sistem ini dirancang menggunakan sensor suara sebagai pengukur nilai amplitudo. Data yang didapatkan dari sensor tersebut akan dikirim mikrokontrol yang kemudian ditampilkan di layar lcd sebagai nilai *output*.



Gambar 3. 3 Diagram Sistem Pendeteksi Kerusakan Pada Bearing

3.6.1 Perancangan Perangkat Lunak

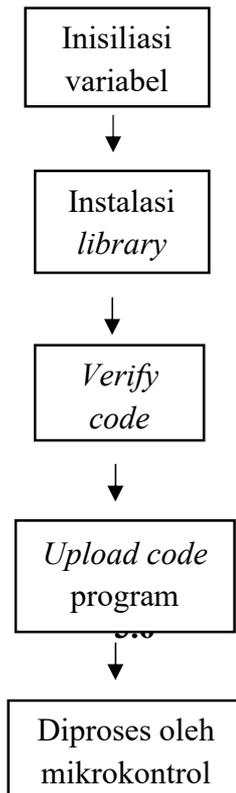
Pada tahap ini akan dilakukan penginstalan Arduino IDE, kemudian membuat suatu program pendeteksi suara menggunakan software Arduino IDE versi 1.8.10, dengan cara *input code* program yaitu:

1. Inisialisasi Variabel pada setiap komponen atau proses.
2. Instalnya *Libraries*.

3. Di-*verify* yaitu Sebelum mengunggah kode program ke mikrokontroler, penting untuk memvalidasi dan meninjau kode tersebut untuk akurasi dan potensi kesalahan.

4. Upload kode program pada mikrokontroler setelah selesai proses *verify*.

Tahapan ini akan dijelaskan pada diagram dibawah ini.



Gambar 3. 4 Diagram Perancangan Perangkat Lunak

3.7 Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif sebagai metode analisis data. Proses analisis data dimulai setelah semua data dari responden atau sumber lainnya telah dikumpulkan. Setelah data diperoleh, data tersebut diorganisir ke dalam tabel berdasarkan variabel. Setelah itu, perbandingan akan dilakukan menggunakan data yang dikumpulkan untuk mengkalibrasi nilai data sensor dengan nilai alat ukur, sambil juga menghitung tingkat kesalahan menggunakan perhitungan persentase

kesalahan. Adapun persamaan untuk mengetahui nilai *error* bisa dilihat pada persamaan 3.1 berikut ini:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Hasil Pengukuran Alat Ukur} - \text{Hasil Pengukuran Sensor}}{\text{Hasil Pengukuran Alat Ukur}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Selanjutnya untuk data pada analisis kerusakan bearing yang dilakukan selama kurang lebih satu menit per data dilakukan 15 kali kemudian dari hasil sampling tersebut data akan dirata-rata agar mempermudah dalam pembahasan. Adapun persamaan untuk mengetahui nilai rata-rata bisa dilihat pada persamaan 3.2 berikut ini:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N} \quad (3.2)$$

Kemudian hasil selisih dari setiap nilai sensor dengan nilai alat ukur digunakan untuk mencari nilai standar deviasi. Adapun persamaan untuk mengetahui nilai standar deviasi dapat dilihat pada persamaan 3.3:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

3.8 Metode Pengambilan Data

Pengujian dilakukan pada alat pendeteksi kerusakan pada bearing. Alat input pada sistem ini menggunakan sensor suara. Pengujian pada sensor suara memiliki tujuan agar mengetahui nilai amplitudo dari masing-masing bearing ketika berputar dengan rpm yang telah diukur. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 jenis bearing.

Tabel 3. 1 Pengujian Bearing

| No | Sensor Suara (V) | Osiloskop (V) | <i>Error (%)</i> |
|-----------|------------------|---------------|------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| Rata-rata | | | |

BAB IV

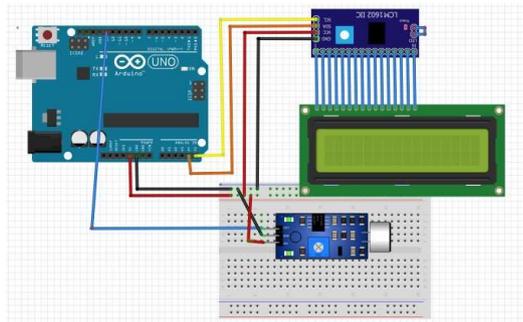
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Saat membuat alat pendeteksi kerusakan pada bearing, pengujian dilakukan dengan berbagai aspek seperti pengujian komponen rancang bangun dan fungsionalitas serta kinerja keseluruhan komponen. Alat pendeteksi kerusakan bearing terdiri dari komponen perangkat keras dan perangkat lunak.

4.1.1 Hasil Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini menggunakan sensor suara yaitu sensor FC-04. Sensor tersebut terhubung dengan mikrokontroler Arduino seperti skema rangkaian berikut ini:



Gambar 4. 1 Skema Rangkaian Alat

Rangkaian tersebut akan dirancang seperti gambar dibawah ini.

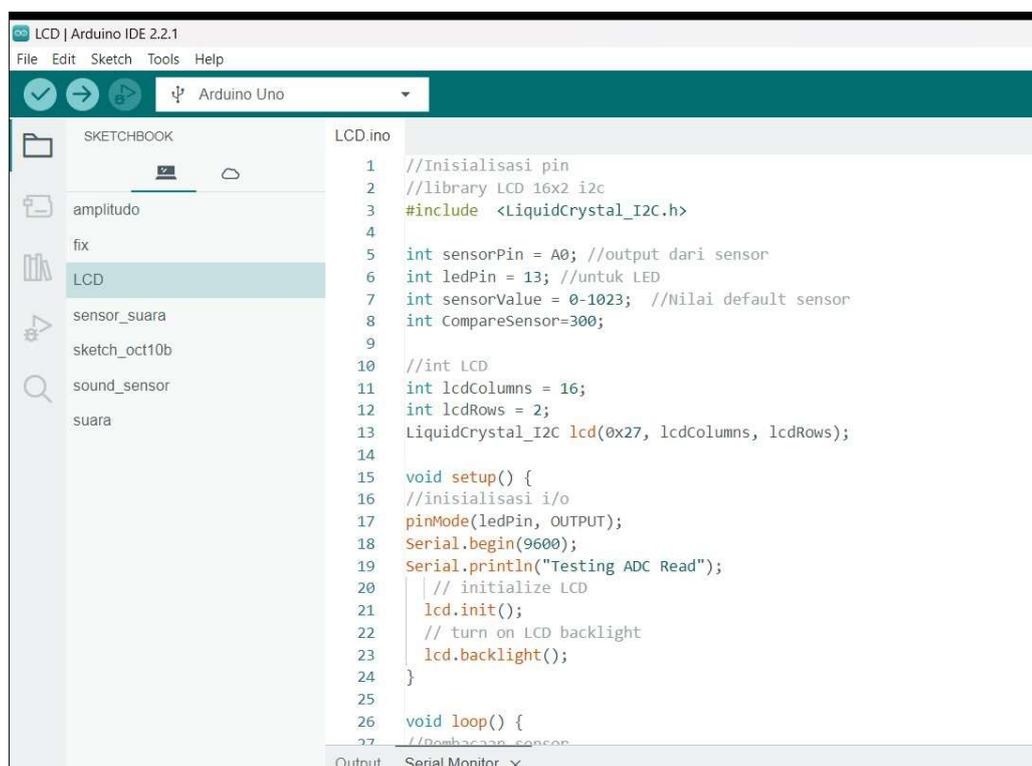


Gambar 4. 2 Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Pada Bearing

Setelah dilakukan perancangan instrumentasi Gambar 4. 2 merupakan tampilan akhir sistem komponen mulai dari Arduino sebagai pusat mikrokontroler, sensor suara FC-04 sebagai input sensor suara, motor DC sebagai alat pemutar bearing, dan Tachometer sebagai alat untuk mengukur nilai dari Rpm (*Revolution per minute*).

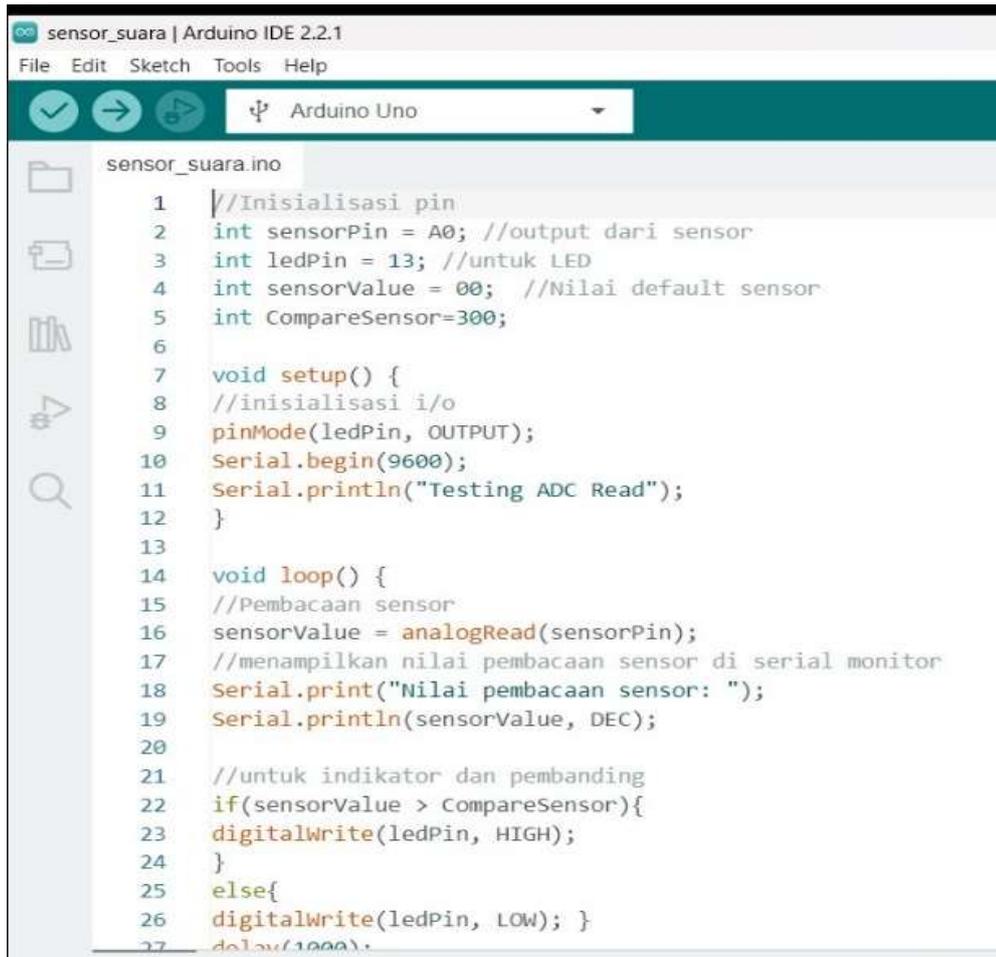
4.1.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Software yang digunakan untuk penelitian ini adalah Arduino IDE. Software ini berfungsi untuk menampilkan hasil dari penelitian. Gambar dibawah ini adalah halaman pembuka dari Arduino IDE.



Gambar 4. 3 Tampilan Awal Arduino IDE

Pada beranda Arduino IDE terdapat sketch pemrograman untuk menampilkan data hasil pengukuran sensor. Selanjutnya memasukan kodingan untuk memindahkan data ke Arduino setelah itu upload dan *verify* seperti gambar.



```

sensor_suara | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
sensor_suara.ino
1 //inisialisasi pin
2 int sensorPin = A0; //output dari sensor
3 int ledPin = 13; //untuk LED
4 int sensorValue = 00; //Nilai default sensor
5 int CompareSensor=300;
6
7 void setup() {
8 //inisialisasi i/o
9 pinMode(ledPin, OUTPUT);
10 Serial.begin(9600);
11 Serial.println("Testing ADC Read");
12 }
13
14 void loop() {
15 //Pembacaan sensor
16 sensorValue = analogRead(sensorPin);
17 //menampilkan nilai pembacaan sensor di serial monitor
18 Serial.print("Nilai pembacaan sensor: ");
19 Serial.println(sensorValue, DEC);
20
21 //untuk indikator dan pembanding
22 if(sensorValue > CompareSensor){
23 digitalWrite(ledPin, HIGH);
24 }
25 else{
26 digitalWrite(ledPin, LOW); }
27 delay(1000);

```

Gambar 4. 4 Kodingan Sensor Suara

Kode tersebut untuk menghubungkan sensor dengan arduino dimana data yang diukur oleh sensor akan ditampilkan ke lcd seperti gambar berikut.



Gambar 4. 5 Nilai Amplitudo di LCD

4.1.3 Hasil Pengujian Alat

Berdasarkan pengujian keseluruhan komponen dari alat dan bahan yang diuji dengan hasil semua bekerja dengan baik. Kemudian dilakukan pengujian alat untuk mencari nilai amplitudo dari setiap bearing yang diuji. Dimana 5

sampel bearing akan diuji dengan 15 kali percobaan dengan nilai sampling setiap satu menit sekali.

Hasil pengujian pertama menggunakan bearing 1 dapat dihasilkan seperti tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Pengujian Bearing 1

| No | Sensor Suara (V) | Osiloskop (V) | Error (%) |
|-----------|------------------|---------------|-----------|
| 1 | 1,88 | 2,00 | 6,00 |
| 2 | 1,86 | 2,00 | 7,00 |
| 3 | 2,12 | 2,20 | 3,63 |
| 4 | 2,11 | 2,00 | 1,81 |
| 5 | 1,91 | 2,20 | 4,50 |
| 6 | 2,07 | 2,20 | 5,90 |
| 7 | 1,93 | 2,00 | 3,50 |
| 8 | 2,13 | 2,20 | 3,18 |
| 9 | 1,92 | 2,00 | 4,00 |
| 10 | 2,06 | 2,20 | 6,36 |
| 11 | 2,05 | 2,20 | 6,81 |
| 12 | 1,87 | 2,00 | 6,50 |
| 13 | 1,94 | 2,00 | 3,00 |
| 14 | 2,08 | 2,20 | 5,45 |
| 15 | 1,93 | 2,00 | 3,50 |
| Rata-rata | | | 4,74% |

Hasil dari tabel 4. 1 dapat dihasilkan dari 15 percobaan untuk bearing 1 didapatkan rata-rata nilai *error* sebesar 4,74% dengan nilai ketelitian alat sebesar 95,26%. Dari nilai ketelitian alat yang dihasilkan maka alat bekerja dengan baik. Hasil pengujian kedua yaitu pada bearing 2 diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Pengujian Bearing 2

| No | Sensor Suara (V) | Osiloskop (V) | Error (%) |
|-----------|------------------|---------------|-----------|
| 1 | 2,35 | 2,40 | 2,08 |
| 2 | 2,32 | 2,40 | 3,33 |
| 3 | 2,44 | 2,60 | 6,15 |
| 4 | 2,48 | 2,60 | 4,61 |
| 5 | 2,36 | 2,40 | 1,67 |
| 6 | 2,45 | 2,60 | 5,76 |
| 7 | 2,53 | 2,60 | 3,46 |
| 8 | 2,37 | 2,40 | 1,25 |
| 9 | 2,33 | 2,40 | 2,91 |
| 10 | 2,49 | 2,60 | 4,23 |
| 11 | 2,35 | 2,40 | 2,08 |
| 12 | 2,34 | 2,40 | 2,50 |
| 13 | 2,45 | 2,60 | 5,76 |
| 14 | 2,46 | 2,60 | 5,38 |
| 15 | 2,32 | 2,40 | 3,33 |
| Rata-rata | | | 3,63% |

Hasil dari tabel 4. 2 dapat diperoleh nilai rata-rata *error* pada pengujian bearing 2 sebesar 3,63% dengan nilai ketelitian alat sebesar 96,37%.

Pengujian bearing 3 dihasilkan tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Pengujian Bearing 3

| No | Sensor Suara (V) | Osiloskop (V) | Error (%) |
|-----------|------------------|---------------|-----------|
| 1 | 3,17 | 3,20 | 0,93 |
| 2 | 3,16 | 3,20 | 1,25 |
| 3 | 2,86 | 3,00 | 4,67 |
| 4 | 2,92 | 3,00 | 2,67 |
| 5 | 3,14 | 3,20 | 1,87 |
| 6 | 2,93 | 3,00 | 2,33 |
| 7 | 3,15 | 3,20 | 1,56 |
| 8 | 2,94 | 3,00 | 2,00 |
| 9 | 2,88 | 3,00 | 4,00 |
| 10 | 3,09 | 3,20 | 3,43 |
| 11 | 3,05 | 3,20 | 4,68 |
| 12 | 2,93 | 3,00 | 2,33 |
| 13 | 3,08 | 3,20 | 3,75 |
| 14 | 2,87 | 3,00 | 4,33 |
| 15 | 3,03 | 3,20 | 5,31 |
| Rata-rata | | | 3,01% |

Hasil dari tabel 4. 3 maka diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar 3,01% dengan nilai ketelitian sebesar 96,99%.

Dari pengujian bearing 4 maka dihasilkan tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Pengujian Bearing 4

| No | Sensor Suara (V) | Osiloskop (V) | Error (%) |
|-----------|------------------|---------------|-----------|
| 1 | 3,33 | 3,40 | 2,05 |
| 2 | 3,36 | 3,40 | 1,17 |
| 3 | 3,54 | 3,60 | 1,67 |
| 4 | 3,27 | 3,40 | 3,82 |
| 5 | 3,46 | 3,60 | 3,88 |
| 6 | 3,41 | 3,60 | 5,27 |
| 7 | 3,32 | 3,40 | 2,35 |
| 8 | 3,27 | 3,40 | 3,82 |
| 9 | 3,45 | 3,60 | 4,16 |
| 10 | 3,52 | 3,60 | 2,22 |
| 11 | 3,35 | 3,40 | 1,47 |
| 12 | 3,44 | 3,60 | 4,45 |
| 13 | 3,28 | 3,40 | 3,52 |
| 14 | 3,34 | 3,40 | 1,76 |
| 15 | 3,43 | 3,60 | 4,72 |
| Rata-rata | | | 3,09% |

Hasil tabel 4. 4 maka diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar 3,09% dan nilai ketelitian alat sebesar 96,91%.

Untuk percobaan bearing 5 dihasilkan tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Pengujian Bearing 5

| No | Sensor Suara (V) | Osiloskop (V) | Error (%) |
|-----------|------------------|---------------|-----------|
| 1 | 3,72 | 3,80 | 2,11 |
| 2 | 3,94 | 4,00 | 1,50 |
| 3 | 3,93 | 4,00 | 1,75 |
| 4 | 3,74 | 3,80 | 1,57 |
| 5 | 3,88 | 4,00 | 2,75 |
| 6 | 3,92 | 4,00 | 2,00 |
| 7 | 3,75 | 3,80 | 1,31 |
| 8 | 3,69 | 3,80 | 2,89 |
| 9 | 3,89 | 4,00 | 2,75 |
| 10 | 3,88 | 4,00 | 3,00 |
| 11 | 3,73 | 3,80 | 1,84 |
| 12 | 3,87 | 4,00 | 3,25 |
| 13 | 3,68 | 3,80 | 3,15 |
| 14 | 3,67 | 3,80 | 3,42 |
| 15 | 3,86 | 4,00 | 3,50 |
| Rata-rata | | | 2,45% |

Hasil dari tabel 4. 5 dapat diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar 2,45% dan nilai ketelitian alat sebesar 97,55%.

4.2 Pembahasan

Pengambilan data dilakukan di Sidoarjo pada tanggal 15 November 2023. Alat ini ditujukan untuk mengetahui kerusakan pada bearing. Alat ini menggunakan sensor suara. Sensor tersebut berfungsi untuk mengetahui kerusakan pada bearing

dengan mengetahui nilai amplitudo dari masing-masing bearing yang diuji. Pengambilan data dilakukan menggunakan data di serial monitor yang ada di *platform* Arduino IDE dengan sampling setiap satu menit sekali dengan 15 percobaan dari 5 bearing.

Rancang bangun alat kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04 ini dirancang untuk menghitung nilai amplitudo dari bearing. Rancang bangun alat ini menggunakan Sensor suara FC-04 sebagai sensor yang mendeteksi amplitudo dari suara bearing. Pada mikrokontroler Arduino telah dilengkapi untuk penyimpanan data atau hasil pemrosesan saat Arduino dalam keadaan menyala. Program yang dibuat disimpan menggunakan memori flash. Arduino digunakan untuk menyimpan program default dan sebagian dapat digunakan untuk penyimpanan data permanen. Dimana Arduino IDE sebagai pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Dari Arduino IDE sistem akan berjalan dengan perintah yang telah dibuat melalui kodingan sehingga bisa menghasilkan nilai amplitudo dari sensor suara yang kemudian ditampilkan melalui LCD. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua pengujian alat maupun software berjalan dengan baik.

Pengujian keakuratan dilakukan untuk membandingkan nilai amplitudo dari sensor suara FC-04 dan Osiloskop. Sebagai alat pembanding Osiloskop merupakan alat pengukur untuk memproyeksikan sinyal listrik menjadi grafik. Pada sebagian besar aplikasi, grafik ini menunjukkan sinyal seiring waktu. Dari grafik yang ditampilkan maka akan muncul nilai-nilai waktu dan tegangan. Dari penelitian ini dapat diperoleh data dan hasil.

Hasil dari pengujian pertama dengan bearing 1 pada tabel 4.1 diketahui bahwa ketelitian sensor suara FC-04 untuk mengukur nilai amplitudo memperoleh angka 95,26% dengan nilai *error* 4,74%. Sehingga pada penelitian ini sensor suara FC-04 telah didapatkan nilai akurasi yang cukup tinggi dan bisa dipakai untuk menguji nilai kerusakan pada bearing dengan nilai amplitudo yang dihasilkan. Dari pengujian bearing 1 didapatkan nilai standar deviasi sebesar $\pm 0,0300$. Hasil untuk pengujian bearing 2 pada tabel 4.2 yang menggunakan bearing berbeda sebagai bahan uji didapatkan keberhasilan untuk mengukur nilai amplitudo dari sensor suara FC-04 sebesar 96,37% dengan nilai *error* sebesar 3,63%. Nilai standar deviasi untuk bearing 2 sebesar $\pm 0,0439$. Dari hasil pengujian bearing 2 maka keberhasilan dari alat untuk mengukur nilai amplitudo dari bearing sudah berhasil atau bekerja dengan baik.

Hasil pengujian bearing 3 pada tabel 4.3 dengan bearing yang berbeda dapat dihasilkan keberhasilan untuk mengukur nilai amplitudo dari sensor suara FC-04 sebesar 96,99% dengan nilai *error* sebesar 3,01%. Nilai standar deviasi untuk bearing 3 sebesar $\pm 0,0435$. Dari hasil pengujian bearing 4 pada tabel 4.4 didapatkan nilai keberhasilan dari sensor suara FC-04 sebesar 96,91% dengan nilai *error* sebesar 3,09%. Perhitungan standar deviasi dihasilkan dari bearing 4 sebesar $\pm 0,0484$. Dari hasil pengujian bearing 5 pada tabel 4.5 tingkat keberhasilan sensor suara FC-04 sebesar 97,55% dengan nilai rata-rata *error* sebesar 2,45%. Dari perhitungan standar deviasi dari bearing 5 sebesar $\pm 0,0304$. Dari nilai ketelitian 5 pengujian bearing berbeda maka nilai akurasi dari alat sudah cukup baik dan mendekati hasil data dari alat pembanding. Akan tetapi nilai akurasi dari data sensor

suara FC-04 memiliki nilai akurasi lebih rendah dikarenakan masih ada noise dari lingkungan yang bisa mempengaruhi nilai amplitudo.

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh bahwa nilai amplitudo dari bearing mempengaruhi bagaimana kondisi bearing tersebut. Untuk bearing yang normal atau yang masih bisa dipakai nilai amplitudo berkisaran $\leq 3,4V$. Sedangkan untuk bearing yang memiliki nilai amplitudo $> 3,4V$ sudah tidak bisa dipakai lagi dikarenakan getaran dari bearing tersebut sudah terlalu besar. Sangat tidak dianjurkan untuk memakainya lagi dikarenakan faktor keamanan dan keselamatanlah yang paling utama.

4.3 Keterkaitan Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam

Hasil dari penelitian ini yaitu membuat sebuah rancangan alat pendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol Arduino yang bermanfaat untuk menjaga dan merawat bearing agar lebih menghemat biaya dan waktu. Dan juga bisa menambah wawasan bagi masyarakat umum sebagai pemanfaatan teknologi. Karena Allah Swt. Dengan memberikan kecerdasan kepada manusia, mereka dapat menggunakannya untuk kebaikan dengan mengembangkan dan meningkatkan teknologi demi kemajuan masyarakat. Dimana dalam firman Allah Swt. surah Ali 'Imran ayat 190:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَبْصَارِ (١٩٠)

Artinya: "Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal". (QS. Ali 'Imran ayat 190).

Tafsir Jalalain menjelaskan penciptaan langit dan bumi, perubahan malam dan siang, kapal-kapal yang berlayar di laut membawa barang-barang untuk manusia, hujan yang diturunkan oleh Allah Swt. yang memberi kehidupan kepada bumi, dan beragam makhluk di bumi, serta pengendalian angin dan awan antara langit dan

bumi, semuanya adalah tanda-tanda bagi orang-orang yang berpikir dan menggunakan akalnyanya. (bagi orang-orang yang berakal) artinya yang mempergunakan pikiran mereka.

Berdasarkan penelitian ini dapat dihasilkan bahwa nilai dari amplitudo sangat mempengaruhi seberapa baik kondisi dari bearing dimana ketika nilai dari amplitudo $\leq 3,4V$ maka kondisi bearing normal masih bisa dipakai. Sebaliknya apabila nilai dari amplitudo $> 3,4V$ maka kondisi bearing tersebut sudah tidak bisa dipakai lagi. Diketahui bahwa amplitudo dihasilkan jika ada objek yang bergetar. Dimana dalam firman Allah Swt. dalam surah Al Kahfi ayat 54:

وَلَقَدْ صَرَّفْنَا فِي هَذَا الْقُرْآنِ لِلنَّاسِ مِنْ كُلِّ مَثَلٍ ۗ وَكَانَ الْإِنْسَانُ أَكْثَرَ شَيْءٍ جَدَلًا (٥٤)

Artinya: "Dan sesungguhnya Kami telah mengulang-ulangi bagi manusia dalam Al Qur'an ini bermacam-macam perumpamaan. Dan manusia adalah makhluk yang paling banyak membantah." (QS. Al Kahfi: 54).

Dalam tafsir Al Misbah menjelaskan bahwa para pendurhaka itu melakukan aneka kedurhakaan dan yakni padahal sesungguhnya Kami bersumpah bahwa Kami telah mengulang-ulangi dan menganekaragamkan bagi manusia didalam Al Qur'an ini bermacam-macam perumpamaan, nasihat dan peringatan, tetapi mereka terus menolak, bahkan melecehkan dan membantahnya dan manusia adalah sesuatu, yakni makhluk yang paling banyak membantah.

Ayat diatas menggunakan kata (شيء) syai'/sesuatu untuk menunjuk kepada manusia. Ini memberikan kesan bahwa manusia hendaknya tidak angkuh dan tidak juga membantah tuntunan Ilahi, karena dia adalah salah satu dari sekian banyak makhluk Allah. Dia sama saja dari segi kemakhlukannya dengan sesuatu apapun yang diciptakan Allah.

Dalam potongan firman Allah Swt.

وَكَانَ الْإِنْسَانُ أَكْثَرَ شَيْءٍ جَدَلًا (٥٤)

Mengesankan bahwa ada juga makhluk Allah yang lain yang membantah tetapi bantahannya tidak sebanyak manusia. Siapakah yang dimaksud, apakah jin? Boleh jadi. Boleh jadi juga kata paling banyak bukan bertujuan membandingkan, karena memang tidak ada yang diperbandingkan, tetapi sekedar untuk menyatakan bahwa manusia amat banyak membantah. Ia membantah walau dalam hal-hal yang seharusnya diterima dan tidak diperselisihkan lagi. Redaksi semacam ini, serupa dengan redaksi yang digunakan oleh Nabi Yusuf as. Ketika beliau diajak untuk durhaka atau di penjara.

Dari ayat tersebut dapat disimpulkan bahwa Allah Swt. mengingatkan kita untuk tidak melakukan pendurhakaan dan tidak mengulang-ulang tindakan membantah dalam hal yang seharusnya diterima dan tidak diperselisihkan lagi. Seperti pada penelitian ini dimana amplitudo dihasilkan oleh getaran yang berulang-ulang sebagai nilai yang dihitung untuk mendeteksi kerusakan pada bearing.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilulus dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah berhasil merancang alat pendeteksi kerusakan pada bearing berbasis mikrokontrol arduino dengan sensor suara FC-04.
2. Alat dapat bekerja dengan baik dalam mengukur nilai amplitudo dari 5 bearing. Dimana dihasilkan nilai ketelitian alat dan standar deviasi yaitu, untuk bearing 1 nilai ketelitian alat sebesar 95,26% dan standar deviasi $\pm 0,03$. Bearing 2 nilai ketelitian alat sebesar 96,37% dan standar deviasi $\pm 0,0439$. Bearing 3 nilai ketelitian alat sebesar 96,99% dan standar deviasi $\pm 0,0345$. Untuk percobaan bearing 4 nilai ketelitian alat sebesar 96,91% dan standar deviasi $\pm 0,0484$. Sedangkan untuk bearing 5 nilai ketelitian alat sebesar 97,55% dan standar deviasi $\pm 0,0303$.
3. Bearing yang digunakan untuk penelitian ini yaitu 5 jenis bearing. Dari nilai amplitudo yang dihasilkan sensor suara FC-04, bearing yang masih layak dipakai atau kondisi normal nilai amplitudonya $\leq 3,4$ V. Dan untuk bearing yang nilai amplitudonya $> 3,4$ V, bearing tersebut sudah tidak bisa dipakai atau sudah rusak.

5.2 Saran

Untuk dapat mengembangkan alat ini pada penelitian selanjutnya dapat penulis sarankan untuk dilakukan diantaranya:

1. Diperlukan Sensor tambahan dengan spesifikasi dan akurasi yang lebih tinggi untuk pengembangan sistem lebih lanjut.
2. Penelitian ini masih mengabaikan noise suara dari lingkungan sekitar. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan meminimalisir noise lingkungan sekitar agar dapat hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifiyyah, D. A. (2019). *Rancang Bangun Alat Otomatisasi Deteksi Kebisingan Pengunjung Perpustakaan UIN Alauddin Makassar Berdasarkan Parameter Tekanan Suara Atau Bunyi*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Artana, I. (2022). *Rancang Bangun Sistem Pemantau Suhu Motor Untuk Pompa Sirkulasi Air Berbasis IOT*. Bali: Universitas Udayana .
- Cahyani, A. S. (2018). *Sintesis Graphene Oxide Berbahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Dalam Fase Cair Menggunakan Frekuensi Audiosonik Dan Ultrasonik*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fernando, T. R. (2020). *Aplikasi Pengenalan Jenis-Jenis Irama Qiro'ah*. Malang: Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Hartono, R. (2019). *Rancang Bangun Alat Bantu Parkir Kapal Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino*. Semarang: Universitas Semarang.
- Iradiratu. (2019). *Deteksi Kerusakan Inner Race Bearing Menggunakan Motor Current Signature Analysis*. Surabaya: Universitas Hang Tuah Surabaya.
- Islamiyati, R. W. (2022). *Deteksi Kerusakan Bearing Menggunakan Hotelling T2*. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Maria, P. S. (2018). *Implementasi Algoritma Kalkulasi Interupsi pada Rancang Bangun Tachometer Digital*. Riau: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Putri, P. O. (2022). *Interpretasi Bunyi Dalam Islam Dan Sains*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Quthb, S. (2004). *Fi Zhilalil-Qur'an* . Jakarta: Gema Insani Press.
- Saputra, R. (2020). *Prototipe Pendeteksi Kebisingan Dengan Sensor Suara Pemberitahuan Alarm Pesan Suara Berbasis Mikrokontrol*. Riau: Universitas Islam Riau.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Misbah*. Jakarta: Lentera Hati.
- Stevano, T. (2018). *Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Berbasis Arduino Uno*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Suyuthi, J. A. (2018). *Tafsir Jalalain*. Jakarta: Ummul Quro.
- Syaikh Imam Al Hafiz, I. A. (2015). *Tafsir Ibnu Katsir* . Jakarta: Shahih Refrensi Terpercaya.
- Tono. (2021). *Rancang Bangun Kotak Penyimpanan Uang Dengan Voice Recognition Berbasis Mikrokontrol*. Batam: Universitas Putera Batam.
- Ulinuha, A. H. (2018). *Bunyi Dalam Perspektif Al Qur'an Dan Sains*. Wonosobo: Universitas Sains Al Qur'an.

- Wahab, A. P. (2016). *Rancang Alat Pendeteksi Kerusakan Bearing Dengan Menggunakan Mikrokontrol*. Lampung: Universitas Bandar Lampung.
- Yani, A. (2016). *Pembuatan Osiloskop Berbasis Personal Komputer*. Medan: Politeknik Negeri Medan.
- Yusifar, M. H. (2018). *Perancangan Sistem Kontrol Lampu Berbasis Mikrokontrol Arduino Uno R3 Dengan Sensor Suara*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Koding Sensor Suara

```

//Inisialisasi pin
//library LCD 16x2 i2c
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

int sensorPin = A0; //output dari sensor
int ledPin = 13; //untuk LED
int sensorValue = 0-1023; //Nilai default sensor
int CompareSensor=300;

//int LCD
int lcdColumns = 16;
int lcdRows = 2;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);

void setup() {
//inisialisasi i/o
pinMode(ledPin, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Serial.println("Testing ADC Read");
  // initialize LCD
  lcd.init();
  // turn on LCD backlight
  lcd.backlight();
}

void loop() {
//Pembacaan sensor
sensorValue = analogRead(sensorPin);
//menampilkan nilai pembacaan sensor di serial monitor
Serial.print("Nilai Amplitudo: ");
float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  // print out the value you read:
  Serial.println(voltage);

//untuk indikator dan pembanding
if(sensorValue > CompareSensor){
digitalWrite(ledPin, HIGH);

lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Amplitudo:");
  lcd.print(voltage,0);
  lcd.println("V");
}
else{
digitalWrite(ledPin, LOW); }

```

```
delay(1000);  
}
```

Lampiran 2 Perhitungan Standar Deviasi

Standar Deviasi Bearing 1

| Data ke – (n) | Selisih (\mathcal{X}) | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|---------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 0,12 | 0,02 | 0,0003 |
| 2 | 0,14 | 0,04 | 0,0014 |
| 3 | 0,08 | -0,02 | 0,0005 |
| 4 | 0,09 | -0,01 | 0,0001 |
| 5 | 0,09 | -0,01 | 0,0001 |
| 6 | 0,13 | 0,03 | 0,0007 |
| 7 | 0,07 | -0,03 | 0,0010 |
| 8 | 0,07 | -0,03 | 0,0012 |
| 9 | 0,08 | -0,02 | 0,0005 |
| 10 | 0,14 | 0,04 | 0,0014 |
| 11 | 0,15 | 0,05 | 0,0022 |
| 12 | 0,13 | 0,03 | 0,0007 |
| 13 | 0,06 | -0,04 | 0,0018 |
| 14 | 0,12 | 0,02 | 0,0003 |
| 15 | 0,07 | -0,03 | 0,0011 |
| Jumlah | 1,54 | - | 0,0135 |
| Rata-rata | 0,10 | - | 0,0009 |
| STDV | ± 0,0300 | | |

Standar Deviasi Bearing 2

| Data ke – (n) | Selisih (\mathcal{X}) | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|---------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 0,05 | -0,04 | 0,0016 |
| 2 | 0,08 | -0,01 | 0,0001 |
| 3 | 0,16 | 0,07 | 0,0048 |
| 4 | 0,12 | 0,03 | 0,0009 |
| 5 | 0,04 | -0,05 | 0,0025 |
| 6 | 0,15 | 0,06 | 0,0035 |
| 7 | 0,07 | -0,02 | 0,0004 |
| 8 | 0,03 | -0,06 | 0,0037 |
| 9 | 0,07 | -0,02 | 0,0004 |
| 10 | 0,11 | 0,02 | 0,0004 |
| 11 | 0,05 | -0,04 | 0,0017 |
| 12 | 0,06 | -0,03 | 0,0010 |
| 13 | 0,15 | 0,06 | 0,0035 |
| 14 | 0,14 | 0,05 | 0,0024 |
| 15 | 0,08 | -0,01 | 0,0001 |
| Jumlah | 1,36 | - | 0,0019 |
| Rata-rata | 0,09 | - | 0,0018 |
| STDV | ± 0,0439 | | |

Standar Deviasi Bearing 3

| Data ke – (n) | Selisih (\mathcal{X}) | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|---------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 0,03 | -0,07 | 0,0040 |
| 2 | 0,04 | -0,05 | 0,0028 |
| 3 | 0,14 | 0,05 | 0,0022 |
| 4 | 0,08 | -0,01 | 0,0002 |
| 5 | 0,06 | -0,03 | 0,0011 |
| 6 | 0,07 | -0,02 | 0,0005 |
| 7 | 0,05 | -0,04 | 0,0019 |
| 8 | 0,06 | -0,03 | 0,0011 |
| 9 | 0,12 | 0,03 | 0,0010 |
| 10 | 0,11 | 0,02 | 0,0003 |
| 11 | 0,15 | 0,06 | 0,0032 |
| 12 | 0,07 | -0,02 | 0,0005 |
| 13 | 0,12 | 0,03 | 0,0010 |
| 14 | 0,13 | 0,04 | 0,0013 |
| 15 | 0,17 | 0,08 | 0,0059 |
| Jumlah | 1,40 | - | 0,0019 |
| Rata-rata | 0,09 | - | 0,0018 |
| STDV | ± 0,0435 | | |

Standar Deviasi Bearing 4

| Data ke – (n) | Selisih (\mathcal{X}) | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|---------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 0,07 | -0,04 | 0,0014 |
| 2 | 0,04 | -0,07 | 0,0047 |
| 3 | 0,06 | -0,05 | 0,0023 |
| 4 | 0,13 | 0,02 | 0,0004 |
| 5 | 0,14 | 0,03 | 0,0009 |
| 6 | 0,19 | 0,08 | 0,0070 |
| 7 | 0,08 | -0,03 | 0,0008 |
| 8 | 0,13 | 0,02 | 0,0004 |
| 9 | 0,15 | 0,04 | 0,0017 |
| 10 | 0,08 | -0,03 | 0,0008 |
| 11 | 0,05 | -0,06 | 0,0034 |
| 12 | 0,16 | 0,05 | 0,0026 |
| 13 | 0,12 | 0,01 | 0,0001 |
| 14 | 0,06 | -0,05 | 0,0024 |
| 15 | 0,17 | 0,06 | 0,0037 |
| Jumlah | 1,63 | - | 0,0328 |
| Rata-rata | 0,11 | - | 0,0023 |
| STDV | ± 0,0484 | | |

Standar Deviasi Bearing 5

| Data ke – (n) | Selisih (\mathcal{X}) | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|---------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 0,08 | -0,02 | 0,0003 |
| 2 | 0,06 | -0,04 | 0,0013 |
| 3 | 0,07 | -0,03 | 0,0007 |
| 4 | 0,06 | -0,04 | 0,0013 |
| 5 | 0,12 | 0,02 | 0,0005 |
| 6 | 0,08 | -0,02 | 0,0003 |
| 7 | 0,05 | -0,05 | 0,0022 |
| 8 | 0,11 | 0,01 | 0,0002 |
| 9 | 0,11 | 0,01 | 0,0002 |
| 10 | 0,12 | 0,02 | 0,0005 |
| 11 | 0,07 | -0,03 | 0,0007 |
| 12 | 0,13 | 0,03 | 0,0011 |
| 13 | 0,12 | 0,02 | 0,0005 |
| 14 | 0,13 | 0,03 | 0,0011 |
| 15 | 0,14 | 0,04 | 0,0019 |
| Jumlah | 1,45 | - | 0,0129 |
| Rata-rata | 0,09 | - | 0,0009 |
| STDV | ± 0,0304 | | |