

**ALAT UKUR TEGANGAN PIEZOELEKTRIK TERHADAP
HASIL PANTULAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA
VARIASI BENDA PADAT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagai Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu fisika**



Oleh

AMARA EGA PRASHEYLIA

NIM: 2008026006

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2024**

**ALAT UKUR TEGANGAN PIEZOELEKTRIK TERHADAP
HASIL PANTULAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA
VARIASI BENDA PADAT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagai Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu fisika**



Oleh

AMARA EGA PRASHEYLIA

NIM: 2008026006

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Amara Ega Prasheylya

Nim : 2008026006

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**ALAT UKUR TEGANGAN PIEZOELEKTRIK TERHADAP
HASIL PANTULAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA
VARIASI BENDA PADAT**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/ karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 20 Juni 2024



Amara Ega Prasheylya
2026006



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat : Jl.Prof.Dr.Hanika KM 3, Semarang Telp. 02476433366,
Email: fst@walisongo.ac.id, Web:<http://fst.walisongo.ac.id>.

LEMBAR PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Alat Ukur Tegangan Piezoelektrik Terhadap Hasil Pantulan
Gelombang Ultrasonik pada Variasi Benda Padat

Penulis : **Amara Ega Prasheyilia**

NIM : 2008026006

Prodi : Fisika

Telah diujikan dalam *Ujian Munaqosah* oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo
Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh
gelar sarjana dalam ilmu fisika.

Semarang, 28 Juni 2024

DEWAN PENGUJI

KETUA SIDANG/PENGUJI

Dr. Alwiyah Nurhayati, M.Si

NIP 19811211 201101 2 006

SEKRETARIS SIDANG/PENGUJI

M. Ardhi Khalif, M.Sc

NIP:19821009 201101 1 011

PENGUJI UTAMA I

Irman Said Prastyo, M.Sc

NIP: 19911228 201903 2 009

PENGUJI UTAMA II

Affa Ardhi Saputri, M.Pd

NIP: 19900410 201903 2 018

PEMBIMBING I

Agus Sudarmanto, M.Si

NIP 19770823 200912 1 001

PEMBIMBING II

M. Ardhi Khalif, M.Sc

NIP:19821009 201101 1 011

NOTA DINAS

Semarang, 22 Juni 2024

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Alat Ukur Tegangan Piezoelektrik Terhadap Hasil Pantulan Gelombang Ultrasonic Pada Variasi Benda Padat**

Nama : Amara Ega Prasheyilia

Nim : 2008026006

Program Studi: Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan Sidang Munaqosah.

Waasalamu'alaikum wr.wb

PEMBIMBING I



Agus Sudarmo, M.Si
NIP 19770823 200912 1 001

NOTA DINAS

Semarang, 22 Juni 2024

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
Di Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Alat Ukur Tegangan Piezoelektrik Terhadap Hasil Pantulan Gelombang Ultrasonic Pada Variasi Benda Padat**

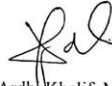
Nama : Amara Ega Prasheyli

Nim : 2008026006

Program Studi: Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan Sidang Munaqosah.
Waasalamu'alaikum wr.wb

PEMBIMBING II



M. Ardhi Khalif, M.Sc
NIP:19821009 201101 1 011

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai tegangan pantul dari media benda padat. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat yang digunakan untuk pengecekan, yang bertujuan untuk mengetahui rancang bangun dan hasil uji alat deteksi tegangan pantul dari variasi media benda padat berbasis Arduino Uno. Metode penelitian ini meliputi studi literatur, perancangan *hardware*, perancangan *software*, pengujian, pengambilan data, menganalisis data, dan pembuatan laporan. Hasil uji dari alat deteksi ini berupa nilai tegangan sebelum diperkuat menggunakan ic LM741 yang kemudian dihitung berdasarkan rumus *inverting* dan menghasilkan nilai tegangan setelah dipantulkan. Hasil pengujian tegangan pantul setelah diperkuat terbesar pada sampel aluminium pada jarak 4 cm dengan tegangan 0,6v sedangkan tegangan pantul setelah diperkuat terendah bisa dilihat dari nilai sampel *styrofoam* sebesar 0,16v . Alat penelitian ini mampu menampilkan data melalui LCD 16x2

Kata Kunci : Tegangan, IC Lm741, Arduino Uno, *Inverting*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **“Alat Ukur Tegangan Piezoelektrik Terhadap Hasil Pantulan Gelombang Ultrasonik Pada Variasi Benda Padat”** Penulisan skripsi ini diselesaikan untuk mengakhiri kegiatan perkuliahan di jenjang sarjana dan sebagai syarat wajib untuk mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sudah memberikan masukan, dorongan serta do'a, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, terutama kepada:

1. Prof. Dr. Nizar, M.Ag, selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. Musahadi, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains & Teknologi.
3. Alwiyah Nurhayati, M.Si, P.Hd, selaku Ketua Program Studi Fisika.
4. M. Ardhi Khalif, M.Si, selaku Sekretaris Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

5. Agus Sudarmanto, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi.
6. M. Ardhi Khalif, M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi.
7. Seluruh dosen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
8. Cinta pertamaku ayahanda Sugeng Prasetyo dan Ibunda Nanik Wahyuti Rusminingsih. Terimakasih atas segala pengorbanan, tulus kasih sayang yang diberikan hingga kepercayaan yang telah diberikan atas izin merantau untuk mendapatkan gelar sarjana, senantiasa mendoakan penulis di setiap waktu sehingga skripsi ini mampu terselesaikan. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan
9. Terimakasih juga Kakek, Nenek , dan adik-adik yang telah memberikan cinta kasih yang tulus dan dukungan, serta senantiasa mendoakan penulis di setiap waktu sehingga skripsi ini mampu terselesaikan dengan baik.
10. Amara Ega Prasheyliya selaku penulis yang sudah kuat berjuang selama kuliah bersamaan dirantau

untuk mendapat gelar sarjana. Terimakasih sudah kuat, sabar dalam melawan rasa malas untuk menyelesaikan skripsi ini dan terimakasih karena selalu percaya pada diri sendiri dalam menghadapi segala ujian.

11. Sahabat-sahabatku Alda Wine, Nadia Putri , Jihan, Qanita Az-zahwa yang memberikan dukungan, motivasi dan mendengar cerita keluh, kesah selama menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman yang tidak bisa dituliskan seluruhnya oleh penulis yang sudah membantu dalam pengambilan penelitian serta diskusi selama penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan serta masih belum sempurna. Oleh sebab itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya serta pembaca umumnya

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
NOTA DINAS PEMBIMBING I	v
NOTA DINAS PEMBIMBING II	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang:	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah.	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Landasan Teori	7
1 Wujud Benda	7
2 Gelombang Ultrasonik.....	10
3 <i>Operational Amplifier</i>	16
4 Tegangan <i>Output</i>	20
5 Transdusure Ultrasonik.....	20

6 LM-741.....	21
7 IC NE555.....	22
8 Arduino Ide	23
9 Lcd 16x2	25
10 Arduino Ide.....	27
B. Kajian Pustaka	28
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Waktu dan Tempat Penelitian	31
C. Alat dan Bahan.....	31
D. Metodologi Penelitian	22
E. Desain Alat Uji.....	35
1. Desain alat Uji Mentoring.....	35
2. Perancangan <i>Hardware</i>	36
2. Perancangan <i>Software</i>	37
F. Metode perancangan pengujian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Pengujian Rangkaian <i>Transmitter</i>	41
B. Pengujian Rangkaian <i>Receiver</i>	44
C. Pengujian Rangkaian Keseluruhan	46
BAB IV PENUTUP	53
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Wujud Benda Padat.....	7
Gambar 2. 2 Gelombang Longitudinal	12
Gambar 2. 3 Simbol <i>Operational Amplifier</i>	16
Gambar 2. 4 Simbol <i>Inverting</i>	18
Gambar 2. 5 Simbol <i>Non Inverting</i>	19
Gambar 2. 6 <i>Trandusure</i> Ultrasonik	20
Gambar 2. 7 LM-741	21
Gambar 2. 8 Ic 555	22
Gambar 2. 9 Arduino IDE	23
Gambar 2. 10 LCD 16X2	25
Gambar 2. 11 Arduino Uno	27
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian.....	33
Gambar 3. 2 Desain Alat Uji Mentoring.....	35
Gambar 3. 3 Skematik <i>Prototype transmitter</i>	36
Gambar 3. 4 Skematik <i>Prototype Receiver</i>	37
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> Perancangan <i>Software</i>	38
Gambar 4. 1 Desain Perangkat Keseluruhan	41
Gambar 4. 2 Rangkaian <i>Transmitter</i>	43
Gambar 4. 3Hasil Pengujian Tx dan Rx	43
Gambar 4. 4Rangkaian <i>Receiver</i>	44
Gambar 4. 5Objek Medium Pada Penelitian.....	47
Gambar 4. 6 Grafik Data Tegangan Jarak 4 cm.....	49
Gambar 4. 7 Grafik Data Tegangan Jarak 5 cm	49

Gambar 4. 8 Grafik Data Tegangan Jarak 6 cm	50
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Daftar Komponen.....	31
Tabel 3. 2 Daftar Bahan.....	32
Tabel 4. 1 Nilai Tegangan Sebelum Diperkuat	47
Tabel 4. 2 Nilai Tegangan Setelah Diperkuat Jarak 4 cm.....	47
Tabel 4. 3 Nilai Tegangan Setelah Diperkuat Jarak 5 cm.....	47
Tabel 4. 4 Nilai Tegangan Setelah Diperkuat Jarak 6 cm	49

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang:

Banyak kegiatan yang dilakukan dalam kehidupan sehari-hari berkaitan dengan benda. Benda merupakan sesuatu di kehidupan sehari-hari dalam bentuk berwujud maupun tidak berwujud. Benda dibedakan menjadi tiga yaitu benda padat, cair dan gas (Wandini & Bariyah, 2022). Secara sifatnya, terutama pada benda padat paling banyak dibutuhkan dalam kegiatan manusia.

Benda padat merupakan benda yang berwujud karena memiliki volume dan bentuk yang tetap (Lia, 2020). Di dalam benda padat terdapat partikel- partikel penyusun benda padat dengan memiliki ukuran yang besar, sehingga mampu mempertahankan bentuknya. Setiap benda padat memiliki permukaan yang beragam, misalnya permukaan elastis, permukaan berongga, atau permukaan halus. Permukaan benda padat berpengaruh terhadap massa benda tersebut; misalnya, benda elastis memiliki massa yang lebih kecil daripada benda padat dengan permukaan halus (Fathurrahman, 2015). Banyak pengukuran yang dilakukan oleh manusia fokus pada massa dan luas permukaan, dengan menggunakan instrumen manual seperti penggaris dan jangka sorong. Dengan berkembangnya teknologi digitalisasi,

pengukuran benda padat dapat dilakukan tanpa harus menyentuh benda tersebut.

Salah satu kemajuan signifikan dalam proses digitalisasi adalah penggunaan teknologi Ultrasonik. Ultrasonik merujuk pada gelombang suara yang memerlukan keberadaan medium atau objek untuk mengalirinya. Rentang frekuensi yang digunakan dalam aplikasi ultrasonik biasanya antara 20 kHz hingga 20 MHz (Arief, 2011), yang melebihi jangkauan frekuensi pendengaran manusia. Berbagai bidang telah mengaplikasikan potensi gelombang ultrasonik ini, salah satunya bidang kedokteran yang memanfaatkan teknologi ultrasonografi (USG) (Chen et al., 2013). Dalam praktek medis, alat USG memungkinkan para praktisi kesehatan untuk memperoleh informasi mendetail tentang kondisi jaringan dan struktur organ tubuh manusia.

Ultrasonik sendiri merupakan jenis gelombang longitudinal yang bergantung pada sinyal bunyi sebagai medium perambatannya (Yatarif, 2008) . Proses ini dapat menimbulkan gesekan pada berbagai medium, termasuk padat, gas, dan cair. Setiap medium memiliki karakteristik impedansi akustik yang berbeda, yang dipengaruhi oleh massa jenis atau kepadatan benda tersebut. Perbedaan dalam impedansi akustik ini memiliki dampak signifikan terhadap tingkat refleksi sinyal dari medium ke gelombang ultrasonik.

Interaksi antara gelombang ultrasonik dengan mediumnya melibatkan beberapa fenomena, seperti *refleksi*, *refraksi*, dan penyerapan. Sebagai contoh, ketika gelombang suara merambat pada suatu benda dalam kondisi hampa udara, terjadi penyerapan suara oleh medium tersebut (Giancoli., 1998). Hal ini menyebabkan penurunan intensitas suara yang dipantulkan kembali ke sumbernya. Faktor penyerapan ini juga berkaitan dengan nilai impedansi akustik yang lebih rendah dari medium tersebut. Oleh karena itu, pemahaman tentang perbedaan impedansi akustik sangat penting untuk memahami interaksi antara gelombang ultrasonik dengan mediumnya, serta dampaknya terhadap perambatan dan penyerapan energi suara.

Meskipun memiliki banyak manfaat, teknologi ultrasonik juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah ketidakmampuannya dalam menghitung sinyal dari benda yang bergerak cepat. Selain itu, ultrasonik juga tidak dapat mengukur jarak dengan akurat pada permukaan yang bertekstur. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi tambahan untuk menentukan kekuatan sinyal dari pantulan berbagai jenis benda padat.

Penelitian yang dilakukan oleh Suripto (2016) meneliti seberapa keras suara bisa memengaruhi serabut nipah dengan berbagai ketebalan. Kemudian, Syafrudin (2008) melakukan

penelitian tentang rancang bangun generator pulsa gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak antara dua objek, di dapatkan frekuensi efektif sebesar 38,23 Khz. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Dwicahyo Pratomo et al. (2016) bertujuan untuk mengukur jarak lubang pada benda padat dengan menggunakan sensor ultrasonik yang menghasilkan pulsa sebesar 40Khz dengan akurasi 5%.

Berdasarkan penelitian diatas, telah terbukti bahwa keberhasilan sinyal dalam menembus medium sangat dipengaruhi oleh rangkaian pembangkit pulsa dan penguat yang telah dikembangkan. Namun, penelitian sebelumnya belum menjelaskan secara rinci bagaimana tegangan pantulan bervariasi tergantung pada benda padat yang digunakan. Oleh karena itu, fokus penelitian saat ini adalah untuk menjelaskan fenomena tersebut dengan menerapkan transduser ultrasonik, sinyal yang diterima RX akan diperkuat menggunakan IC LM741. Hasil pengujian ini direpresentasikan melalui gambaran pada osiloskop, yang menunjukkan nilai tegangan yang berasal dari amplitudo pantulan sinyal tersebut.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut diperoleh batasan masalah yang hendak dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Alat yang dikembangkan berupa *prototype*.
2. *Transmitter* yang digunakan IC NE555 dan *Receiver* yang digunakan Ic lm 741
3. Penelitian ini menganalisis nilai tegangan *output* pantulan terhadap masing-masing variasi benda padat.
4. Sampel yang digunakan adalah alumunium, kaca, *Styrofoam*, dan kardus.

C. Rumusan Masalah.

Berdasarkan batasan masalah penelitian tersebut diperoleh rumusan masalah yang hendak dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara kerja pada alat ukur tegangan piezoelektrik terhadap hasil pantulan gelombang *ultrasonic* pada variasi benda padat?
2. Bagaimana hasil nilai tegangan piezoelektrik pada masing-masing variasi benda padat?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian tersebut diperoleh tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui cara kerja pada alat ukur tegangan piezoelektrik terhadap hasil pantulan gelombang *ultrasonic* pada variasi benda padat

- 2 Untuk mengetahui dan mengidentifikasi nilai tegangan piezoelektrik pada masing-masing variasi benda padat

E. Manfaat Penelitian

1. Aspek teoritis

Proposal ini di harapkan dapat memberikan wawasan ataupun informasi sains mengenai pengaruh variasi benda menggunakan *ultrasonic*

2. Aspek praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pada pengaplikasian transduser *ultrasonic* bagi pembaca.

BAB II

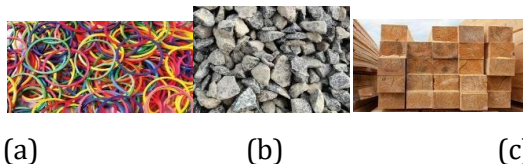
TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Wujud Benda

Benda adalah sesuatu yang kita bisa lihat dengan mata kita, seperti bentuk fisiknya, ukurannya, dan warnanya. Ini bisa berupa objek yang bisa diraba atau yang tidak terlihat secara langsung, seperti gas (Lia, 2020). Manusia bergantung pada benda ketika melakukan aktivitas, benda memiliki beraneka ragam bentuknya dan karakteristik setiap benda juga berbeda. Benda dapat mengalami perubahan wujud ketika benda dapat merubah bentuk fisik ke bentuk fisik lainnya tanpa mengubah sifat-sifat kimianya secara mendasar (Priyono, 2008).

Menurut Lestari (2011) benda dapat dikelompokkan berdasarkan berbagai bentuk, khususnya benda padat. Benda padat mempunyai beberapa sifat yang di tunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Wujud Benda Padat (a) berwujud keras, (b) berwujud elastis atau lentur, (c) berongga (Lestari, 2011)

Benda padat merupakan benda yang memiliki massa dan materi berbentuk padat, ketika diletakkan dalam suatu ruang atau volume tertentu, bentuk dan ukuran akan tetap sama (Budi Artawan, 2010). Menurut Gischa (2022) membahas karakteristik atau sifat yang dimiliki benda padat yaitu :

1) Volume dan Massa tetap

Volume setiap benda padat akan tetap sama ketika dipindahkan dari satu ruang ke ruang lainnya, hal yang serupa berlaku untuk massa benda yang akan selalu konstan. Benda padat, jika dilihat dari sisi mssa, dapat dibedakan menjadi dua jenis: benda padat dengan massa ringan , seperti kertas, dan benda padat dengan massa yang lebih padat, seperti batu atau kayu. Massa benda dapat diukur dengan menggunakan timbangan atau alat sejenisnya. Karena massa dan volume benda padat bersifat tetap, ini berarti bahwa benda padat tidak dapat mengalir seperti benda cair. Untuk merubah massa dan volume benda padat, diperlukan tindakan khusus, seperti menambah atau mengurangi massa atau volume tersebut.

2) Ketetapan bentuk

Benda padat akan tetap memiliki bentuk yang sama secara alami dalam kondisi tertentu. Ini terjadi karena partikel di dalam benda padat memiliki tingkat kerapatan yang tinggi, sehingga benda padat dapat mempertahankan bentuknya dengan konsisten.

3) Bentuk Dapat Diubah Dengan Tindakan

Bentuk padat dapat berubah menjadi bentuk padat lainnya melalui tindakan seperti merobek, memotong, dan sebagainya. Tindakan-tindakan tersebut dapat mengubah ukuran, massa, dan volume benda. Proses perubahan bentuk memerlukan waktu, pilihan alat yang tepat, dan metode yang spesifik sesuai dengan tekstur benda yang sedang diubah.

Perubahan benda dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu perubahan secara kimia (perubahan tidak dapat kembali ke bentuk semula), dan perubahan fisika (Fathurrahman, 2015). Sebagai contoh perubahan bentuk pada benda padat terjadi dalam proses pembuatan kertas. Mulai dari kayu, melalui beberapa tahapan pemrosesan seperti penyaringan hingga menjadi kertas. Proses pembuatan kertas tersebut merupakan contoh

bagaimana benda padat dapat mengalami perubahan dengan adanya tindakan.

Berdasarkan bagaimana partikel penyusun atau tekstur suatu benda, benda padat bisa dibagi menjadi beberapa jenis, seperti yang terlihat di gambar 2.1. Benda padat yang keras biasanya terjadi karena partikelnya tersusun rapi, seperti batu, logam, dan kaca. Di samping itu, benda padat yang elastis dan lunak biasanya terjadi karena partikelnya tidak tersusun rapi, seperti karet, balon, dan spons. Ada juga benda padat yang berongga, terjadi karena partikelnya tidak tersusun rapi, seperti kayu dan triplek. Jenis-jenis benda padat ini menunjukkan bahwa struktur dan sifat benda padat dapat bervariasi tergantung pada tata letak partikel dan tekstur yang dimilikinya

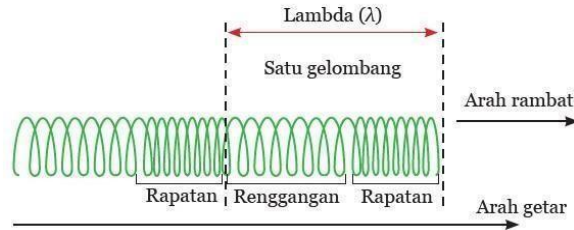
2 Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah jenis gelombang dengan frekuensi di atas batas pendengaran manusia, yaitu lebih dari 20 KHz. Karena frekuensinya yang tinggi, manusia tidak dapat mendengar gelombang ultrasonik (Sulistia, 2019). Frekuensi ultrasonik sangat tergantung pada jenis medium yang digunakan. Perbedaan dalam penggunaan berbagai jenis medium dapat membuat nilai frekuensi ultrasonik bervariasi, dan bagaimana gelombang merambat pada objek juga bisa berbeda. Medium yang

digunakan dalam pengukuran gelombang ultrasonik dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis: medium gas, cair, dan padat (Sutrisno, 1984). Sebagai contoh, gelombang ultrasonik digunakan dalam bidang kesehatan melalui Ultrasonografi (USG), yang merupakan aplikasi yang menggunakan gelombang pada medium padat, dengan frekuensi yang dihasilkan berkisar antara 1 hingga 10 MHz (Hardono, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dalam pengukuran menghasilkan karakteristik yang bervariasi, sesuai dengan jenis medium yang digunakan

Perambatan gelombang ultrasonik dalam medium gas, cair, dan padat terjadi karena partikel melakukan getaran bolak-balik, di mana mereka bergerak melewati titik keseimbangan searah dengan arah perambatan gelombang (Anonim, 2008). Gelombang ultrasonik termasuk dalam jenis perambatan gelombang longitudinal, karena arah perambatannya selalu sejajar dengan arah energi rambatnya. Karakteristik dari gelombang ultrasonik yang merambat dalam suatu medium membuat amplitudo sejajar dengan arah perambatannya, dan hal ini disebut sebagai gelombang longitudinal (Sirait, 2020). Selama proses ini, medium akan mengalami rapatan (*strain*) dan

tegangan (*stress*), seperti yang diilustrasikan pada gambar (2.2) (D Halliday, 1992).



Gambar 2. 2 Gelombang Longitudinal (Giancoli., 1998)

Gelombang suara dalam perambatan saat menyentuh objek akan mengalami 3 kejadian yaitu: *refleksi* (pantulan), *absorpsi* (penyerapan), *transmisi* (diteruskan) (Suptandar, 2004). Kelemahan sinyal akibat adanya *absorpsi* menyebabkan kehilangan energi karena energi tersebut diserap oleh medium, sehingga gelombang mengalami pelemahan dan pulsa ultrasonik yang ditangkap akan semakin kecil.

Jika gelombang ultrasonik memiliki kecepatan dan massa jenis udara sejalan dengan kelajuan ultrasonik, yang kemudian mengenai objek di depan sensor. Maka pantulan objek dapat dirumuskan pada persamaan (2.1)(Giancoli., 1998).

$$R = \frac{\rho_b \times c_b - \rho_u \times c_u}{\rho_b \times c_b + \rho_u \times c_u} \quad (2.1)$$

Keterangan:

c_u : Kecepatan Udara (340 m/s)

ρ_u : Massa Jenis Udara (1,2 kg/m³)

ρ_b : Massa Jenis Objek (kg/m³)

c_b : Kecepatan Objek (m/s)

R : Pantulan Objek

Jumlah pantulan sinyal yang diterima ultrasonik dipengaruhi berdasarkan sifat permukaan objek, artinya semakin halus dan keras maka sinyal akan di pantulkan dengan baik. Selain itu, intensitas pantulan ultrasonik dipengaruhi oleh sudut antara berkas suara dan permukaan pemantulnya, jika sudut yang semakin besar maka suara yang di pantulkan akan semakin sedikit.

Transduser ultrasonik merupakan komponen yang menghasilkan informasi tentang pengukuran jarak yang di tempuh perambatan ultrasonik. Transduser dapat berfungsi ganda, yaitu dapat difungsikan sebagai pemancar (*Transmitter* (Tr)) atau penerima ultrasonik (*receiver* (R)) (Parker, 1988) . Jarak yang dihitung menggunakan persamaan (2.2) diperoleh dari waktu tempuh gelombang ultrasonik, yaitu sejak gelombang tersebut dipancarkan hingga kembali diterima oleh sensor. Besarnya jarak ini dihitung berdasarkan prinsip-prinsip yang dijelaskan oleh Giancoli (1998) pada persamaan (2.2).

$$S = \frac{c_u \times t_{of}}{2} \quad (2.2)$$

Penerapan teorema implus – momentum, diperoleh dalam persamaan (2.3) sebagai berikut (Sirait, 2020) (Sirait, 2020):

$$I = \Delta P \quad (2.3)$$

Keterangan:

I = Implus (Ns)

ΔP = Perubahan Momentum (kg.m/s)

Selain itu, di dapatkan cepat rambat gelombang karena adanya pengaruh dari lingkungan, dijelaskan dalam persamaan (2.4) (Sirait, 2020)

$$c_u = \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

c_u = Cepat rambat gelombang (m/s).

γ = Konstanta adiabatik.

R = Konstanta gas (8,31 J/mol K).

T = Suhu (K).

m = Massa relatif gas (Kg/mol).

Gelombang suara jika dilihat pada lintasan medium, memiliki karakteristik bergantung pada parameter spasial dan temporal (Pulkki et al., 2021). Berdasarkan parameter temporal, hubungan frekuensi angular temporal (ω) dapat dinyatakan sebesar $\omega = 2\pi f k$, sedangkan parameter spasial perhitungannya hanya mencakup jumlah gelombang pada

vektor. Hasil nilai vector perlambatan pada persamaan (2.5), didapatkan dari perambatan gelombang bunyi yang sejajar dengan gelombang $|k| = 2\pi\lambda$, (Giancoli., 1998).

$$\alpha = \frac{k}{\omega} \quad (2.5)$$

Nilai $|\alpha| = \frac{1}{c}$, dengan c yaitu cepat rambat. Panjang gelombang (λ) merupakan nilai jarak pada perambatan dalam waktu 1 periode, maka hubungan cepat rambat (c) dengan panjang gelombang (λ) didapatkan persamaan (2.6) (Giancoli., 1998).

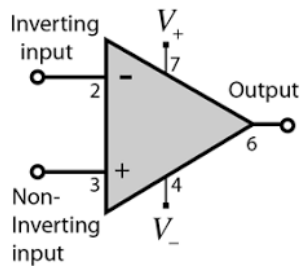
$$\lambda = c \times t \text{ atau } \lambda = \frac{c}{f} \quad (2.6)$$

Perbedaan frekuensi (f) pada setiap medium disebabkan karena adanya perubahan rapatan, dan regangan pada medium yang dilalui oleh gelombang ultrasonik. Proses ini berlangsung secara kontinyu, dimana sifat medium yang berbeda, seperti massa jenis, mempengaruhi cara gelombang ultrasonik dalam perambatan dan perubahan frekuensi (Giancoli., 1998).

Gambar 2.2 ditunjukkan bentuk gelombang ultrasonik, kemudian dibandingkan dengan asumsi bagaimana panjang gelombang (λ) dan frekuensi saling berhubungan, seperti yang dijelaskan dalam rumus 2.6. Jika gelombang memiliki panjang gelombang (λ) yang besar, itu akan membentuk gelombang dengan jarak relatif besar karena

pengaruh frekuensi yang rendah disebut sebagai regangan. Sebaliknya, jika panjang gelombang (λ) kecil dengan frekuensi yang tinggi, itu akan menciptakan bentuk gelombang yang berdekatan, disebut sebagai rapatan. Bentuk gelombang ini berdampak pada hasil pengukuran jarak dan waktu pada Sensor Ultrasonik.

3 Operational Amplifier



Gambar 2. 3 Simbol *Operational Amplifier* (Rasyid, 2019)

Operational Amplifier (Op-Amp) adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan dalam instrumentasi dan elektronika untuk memperkuat sinyal listrik. Op-Amp terdiri dari beberapa komponen elektronik seperti kapasitor, resistor, dioda, dan transistor yang dirangkai pada *Integrated Circuit* (IC) (Graeme, 1997) Bentuk simbol Op-Amp adalah segitiga sama kaki dengan puncaknya menghadap ke arah kanan, dan pada alas segitiga terdapat tanda (-) untuk input *inverting* dan tanda (+) untuk input *non-inverting* di tunjukkan pada gambar (2.3). Jika $V_1 < V_2$ menghasilkan tegangan keluaran yang tergantung pada besar nilai $+V_{CC}$.

Sebaliknya, jika $V_1 > V_2$ menghasilkan tegangan keluaran akan menjadi 0V (Yosua, 2017) Prinsip kerja Op-Amp adalah mempertahankan bentuk sinyal masuk dan menghasilkan sinyal keluaran yang lebih kuat.

Op-Amp memiliki dua aplikasi utama. Pertama, Op-Amp digunakan sebagai penguat linier yang mempertahankan bentuk sinyal masuk, seperti penguat *inverting*, *non-inverting*, instrumentasi, dan penguat *diferensial*. Kedua, Op-Amp digunakan sebagai penguat tidak linier yang menghasilkan sinyal keluaran yang berbeda dengan sinyal masukan, seperti *komparator*, *diferensiator*, *integrator*, pembangkit gelombang, dan pengubah bentuk gelombang (Eko Nuryanto, 2017).

Besarnya nilai penguatan dari Op-Amp ditentukan berdasarkan nilai resistansi *feedback* (R_f) dan resistansi *input* (R_i). Sehingga nilai penguatan (A) pada persamaan (2.7).

$$A = \frac{-R_f}{R_i} \quad (2.7)$$

Keterangan ;

A = Besar Penguatan

R_f = Resistansi *Feedback* (Ω)

R_i = Resistansi *Input* (Ω)

Sehinga besar tegangan *output* persamaan (2.8) di dapatkan:

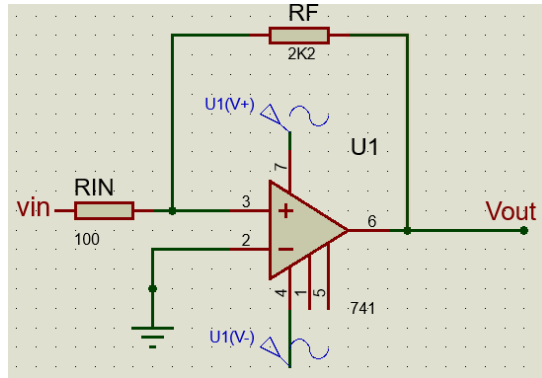
$$V_{out} = \frac{-R_f}{R_i} \times V_{in} \quad (2.8)$$

Keterangan :

V_{out} = Tegangan *Output* (V)

V_{in} = Tegangan *Input* (V)

3.1 *Inverting*



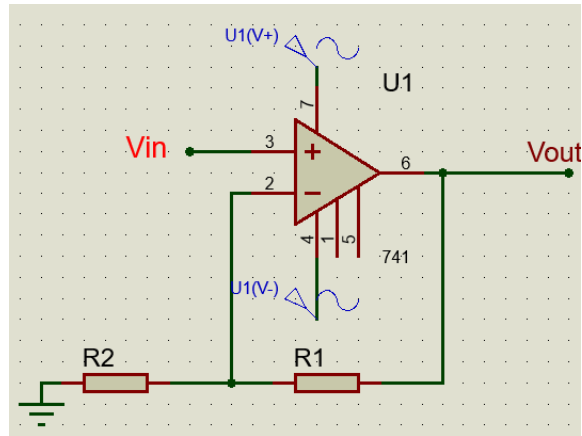
Gambar 2. 4 Simbol *Inverting* (Singh, 2020a)

Penggunaan *inverting* pada gambar (2.4), Op-Amp berfungsi sebagai penguat sinyal yang mempertahankan fase sinyal *output* berkebalikan dengan fase sinyal *input* pada persamaan (2.9).

$$V_{out} = \frac{-R_f}{R_i} \times V_{in} \quad (2.9)$$

Tanda *negatif* karena dengan perbedaan fase 180° , sehingga sinyal masukkan *positif* akan dihasilkan sinyal keluaran *negatif* (Ismindari & Ridhani, 2018).

3.2 *Non inverting*



Gambar 2. 5 Simbol *Non Inverting* (Singh, 2020b)

Penggunaan *non-inverting* pada gambar (2.5), Op-Amp berfungsi sebagai penguat sinyal yang mempertahankan fase sinyal *output* sama dengan fase sinyal *input* pada persamaan (2.10) (Isminarti & Ridhani, 2018)

$$V_{\text{out}} = \left(\frac{R_f}{R_i} + 1 \right) V_{\text{in}} \quad (2.10)$$

Op Amp merupakan salah satu komponen dalam instrumentasi maupun elektronika seperti IC secara linear yang dapat dimanfaatkan untuk memperkuat sinyal listrik. Komponen elektronika dan instrumentasi ini tersusun atas kapasitor, resistor, dioda, dan transistor yang saling berhubungan dan saling terintegrasi. Op Amp merupakan salah satu komponen dalam instrumentasi maupun elektronika seperti IC secara linear yang dapat

dimanfaatkan untuk memperkuat sinyal listrik. Komponen elektronika dan instrumentasi ini tersusun atas kapasitor, resistor, dioda, dan transistor yang saling berhubungan dan saling terintegrasi

4 Tegangan *Output*

Tegangan *output* adalah besaran listrik yang dihasilkan oleh suatu sirkuit elektronik atau perangkat elektronik sebagai hasil dari proses transformasi atau konversi energi listrik. Ini merupakan respons terhadap masukan atau pengaruh yang diterima oleh perangkat tersebut dan biasanya diukur dalam satuan volt (V) (Rani,2021). Tegangan *output* ini mencerminkan potensial listrik antara dua titik dalam sirkuit dan menentukan besaran energi yang dapat disalurkan atau digunakan oleh komponen atau sistem yang terhubung.

5 *Trandusure* Ultrasonik Rx dan Tx



Gambar 2. 6 *Trandusure* Ultrasonik (Dasar, 2024)

Trandusure Ultrasonik gambar (2.6) adalah Ultrasonic tanpa modul yang memanfaatkan gelombang suara dengan memiliki frekuensi diatas batas suara yang

didengar manusia. Prinsip kerja sensor ini, dengan cara mengirimkan gelombang suara frekuensi 40KHz dan menghitung lama waktu pantulan suara tersebut, maka dapat diketahui jarak benda tersebut. Perhitungan jarak dengan mengkalikan kecepatan suara (344 m/s) dengan waktu pantulan kemudian hasilnya dibagi 2 (Dasar, 2024)

6 IC LM-741



Gambar 2. 7 LM-741 (Afi, 2015)

LM741 adalah jenis *Operational Amplifier Integrated Circuit* (IC) dengan memiliki 8 pin. Berdasarkan gambar (2.7) IC LM741 memiliki dua bentuk, yaitu bulat (tabung) dan persegi, tetapi yang paling umum digunakan adalah persegi. IC LM741 dikemas dalam *dual in-line package* (DIP), ditandai dengan bulatan atau *strip* yang menunjukkan arah pin nomor satu. Umumnya LM741 dalam pengoprasian menggunakan tegangan *positif* atau *negatif* sekitar 5V hingga 15V (Afi, 2015) .

Pengaplikasian Op-Amp umumnya menggunakan IC LM741, Ini karena IC LM741 tidak membutuhkan komponen *eksternal* untuk mengompensasi fase atau mengubah *respon* frekuensinya, yang membuat desain sirkuit lebih sederhana dan mengurangi jumlah

komponen yang digunakan (Mayantasari et al., 2023) . Dengan *rol-off* yang halus di ujung atas respons frekuensi, sirkuit ini sepenuhnya stabil dalam berbagai konfigurasi umpan balik. (Sharma, 1982).

7 IC 555



Gambar 2. 8 Ic 555 (Maulana, 2021)

Ic 555 merupakan IC yang banyak digunakan dalam aplikasi timer, *flip flop*, dan modulasi pulsa. Berdasarkan gambar (2.8) ic ini berbentuk *Dual Inline Package* (DIP) dengan package 8 pin. Ic 555 dapat menghasilkan pulsa digital yang dapat diatur, berdasarkan nilai resistor dan kapasitor yang digunakan. Ic ini memiliki tiga pin utama yaitu pin 1 sebagai *ground*, pin 2 sebagai *input trigger*. Pin 3 sebagai *output* (Maulana, 2021)

8. Arduino IDE



Gambar 2. 9 Tampilan Arduino Ide (Susanto, 2015)

Arduino yaitu perangkat *prototype* yang memiliki platform *flexibel*, sehingga memudahkan pengguna dalam pembuatan *hardware* (perangkat keras) maupun *software* (perangkat lunak). Selain itu, keutamaan Arduino yaitu sumber data terbuka, sehingga pengguna mudah membuat dan memodifikasi pada sumber data tersebut. Berdasarkan gambar (2.9) tampilan awal menu arduino. Arduino menggunakan bahasa pemrograman yaitu bahasa C/C++. Mengembangkan *source code* disebut dengan "*sketches*". *Sketches* yaitu algoritma ataupun logika yang akan diunggah pada IC (*Integrated circuit*) pada arduino. Arduino terdapat tiga bagian utama yaitu (Susanto, 2015):

- a. *Value* : Berisi konstanta atau variabel yang digunakan sesuai dengan tipe data yang didukung oleh arduino.
- b. *Function* : Kode yang digunakan untuk membuat suatu fungsi. *Function* bekerja dengan "dipanggil", dalam program untuk melakukan tugas tertentu.
- c. *Structure* : Pemrograman arduino memiliki *structure* terdiri 2 fungsi yaitu Setup dan Loop. Setup digunakan sebagai inisialisasi variabel, mengatur pin mode dan sebagainya. Sistem kerja setup hanya sekali dijalankan pada saat *start* ataupun di reset pada *board*.

Sedangkan, Loop merupakan perulangan, yang memungkinkan program tersebut akan terus berjalan, dan merespon adanya perubahan ataupun tanggapan dari kode pemrograman arduino.

Terdapat 2 fungsi utama arduino pada pembuatan kode program sebagai berikut :

1. *Void setup* {} yaitu menentukan inisialisasi suatu program atau menetapkan komponen sebagai fungsi *input* atau *output* pada penelitian. *Void setup* berjalan hanya satu kali saat program dijalankan.
2. *Void loop* yaitu tempat mengeksekusi algoritma sistem atau alur pemrograman sistem yang dijalankan secara sistem secara berulang.

Hal yang diperhatikan dalam penulisan kode pemrograman arduino IDE yang dibuat, harus memperhatikan “*syntax*”. *Syntax* yaitu format penulisan kode pemrograman yang dibutuhkan terutama pada bahasa C. Hal yang penting dilakukan dalam penulisan kode sebagai berikut :

- a. Penggunaan komentar atau catatan harus menggunakan kode program (*//.....*)
- b. Mengakhiri kode program setiap baris diberikan tanda titik koma(;)

c. Menjelaskan pemrograman harus diberikan tanda kurung{...}

d. Penggunaan variabel dalam pemrograman arduino berfungsi sebagai penjelasan nama yang akan dijalankan mikrokontroler. Terdapat 2 variabel yaitu variabel lokal (mengidentifikasi fungsi yang sesuai dengan urutan kode program) dan variabel *global* (mengidentifikasi fungsi lain yang berbeda dari kode program.

9 LCD 16x2



Gambar 2. 10 Lcd 16x2

(<https://newhavendisplay.com/4x20-character-lcd-stn-blue-serial-display-with-white-backlight/>)

LCD 16x2 yaitu komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan hasil *Eksperimen* melalui kode pemrograman yang di tunjukkan pada gambar (2.10). LCD 16x2 memiliki 16 karakter horizontal per baris dan 2 baris. LCD 16x2 memiliki cahaya pendukung berupa *blacklight* agar lebih mudah dilihat (Zulfikar,2018). Penjelasan pin-pin LCD 16X2 pada tabel (2.1) sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Fungsi pin LCD 16x2

No	Nama	Spesifikasi
1	<i>Blue Backlight</i>	I2C
2	<i>Display Format</i>	16 Characters x 2 Lines
3	<i>Supply Voltage</i>	5V
4	<i>Back lit</i>	Blue with White char color
5	<i>Supply Voltage</i>	5V
6	<i>Pcb Size</i>	60mm99mm
7	<i>Contrast Adjust</i>	Potensiometer
8	<i>Backlight Adjus</i>	Jumper

10 Arduino Uno



Gambar 2. 11 Arduino Uno (Ihsan,2021)

Arduino Uno adalah sebuah papan pengendali mikro yang berbasis mikrokontroler ATmega328P. Pada gambar (2.11) merupakan Mikrokontroler dengan memiliki 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan

tombol reset, membuatnya mudah digunakan dan diprogram. Dengan memiliki 14 pin input dari *output* digital, di mana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin input analog, Arduino Uno sangat fleksibel dalam pengembangan perangkat elektronik dan *software* (Bayu,2019) . Arduino Uno dapat diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino (IDE) yang berbasis *open-source*.

Perangkat lunak ini memungkinkan pengembang untuk menulis kode menggunakan bahasa pemrograman Arduino yang mirip dengan C++. Arduino IDE juga termasuk monitor serial yang memungkinkan data teks sederhana dikirim ke dan dari board(Ihsan,2021).. Dengan demikian, pengembang dapat dengan mudah mengembangkan program yang kompleks dan berinteraksi dengan perangkat lain.

B. Kajian Pustaka

Penelitian ini membutuhkan informasi lain sebagai bahan rujukan, beberapa penelitian yang relavan dengan penelitian ini adalah:

1. Syafrudin, Agus (2008), merancang alat generator pulse gelombang ultrasonik. Alat ini menggunakan IC 555 dan Op Amp CA3204. Gelombang ultrasonik ini dapat dimanfaatkan pada pengukuran jarak, analisa *refleksi* bahan, ketebalan benda dan lain-lain. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil gelombang

yang diterima pada frekuensi 38,23 kHz DAN 16 pulsa. Manfaat penelitian ini adalah dapat memperhatikan jenis medium yang digunakan akan mempengaruhi bentuk gelombangny akibat adanya penyerapan

2. Dwicahyo Pratomo et al. (2016), merancang alat untuk mengukur benda padat berdasarkan jarak antar lubang. Alat ini menggunakan Sensor Ultrasonik dan osiloskop pada proses pengukuran. Metode pada penelitian ini menggunakan metode pulsa pantul sebesar 40 KHz lalu ditampilkan dalam bentuk gelombang pada osiloskop. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak antar lubang mempengaruhi amplitudo, semakin kecil jaraknya maka amplitudo yang ditampilkan semakin besar. Pada penelitian ini memiliki Nilai kesalahan pada alat yang dirancang sebesar 5%.
3. Willem (2022), merancang alat untuk menganalisis pembacaan sensor ultrasonik terhadap variasi wujud benda yaitu benda cair, dan benda padat. Pengujian tersebut dilakukan pagi, siang, dan sore . Hasil penelitian menunjukkan pembacaan sensor ultrasonik pada benda padat lebih jelas daripada benda cair. Tingkat akurasi yang dihasilkan benda padat 0,58% , dan benda cair 3,51% .

4. Sudarmanto (2023) merancang prototype untuk memantau kemiringan bangunan dan pemanfaatan penurunan tanah. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 berbasis *Internet of Things* (IoT). Pengambilan data dilakukan dengan mengubah hasil jarak dari sensor ultrasonik HC-SR04 menjadi sudut kemiringan, menggunakan persamaan trigonometri. Hasil akurasi kemiringan bangunan didapatkan 99,2% dan hasil akurasi penurunan muka tanah sebesar 99,9%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat kesamaan dengan penelitian yang sedang dikerjakan oleh peneliti. Memanfaatkan gelombang ultrasonik dalam pengambilan data. Ultrasonik merupakan gelombang mekanika, pengaplikasian ultrasonik banyak digunakan sebagai alat pengukur jarak benda, mengukur tegangan dsb. Perbedaan kajian penelitian diatas dengan penelitian yang sedang dikerjakan oleh peneliti, terletak pada penggunaan sampel. Peneliti menggunakan benda yang bervariasi tekstur seperti keras, elastis, dan berongga. Variasi tekstur benda padat mempengaruhi tegangan pantulan dari piezoelektrik. Apakah lebih besar atau kecil nilai tegangan ? Nilai tegangan tergantung dari jenis medium yang digunakan mempengaruhi adanya penyerapan (*Absorpsi*) sinyal

disetiap medium. Maka dari permasalahan tersebut, peneliti melakukan penelitian membuat *prototype* untuk mengukur tegangan pantulan piezoelektrik setiap variasi benda padat.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian R&D dengan mengembangkan *Prototype* yang diujikan pada variasi wujud benda padat menggunakan *Trandusure Ultrasonic* (Tx dan Rx)

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan januari sampai juni 2024.

C. Alat dan Bahan

Pembuatan alat ukur tegangan piezoelektrik terhadap hasil pantulan gelombang *ultrasonic* tentu membutuhkan komponen, alat, dan bahan yang dapat dilihat pada tabel (3.1) sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Daftar Komponen

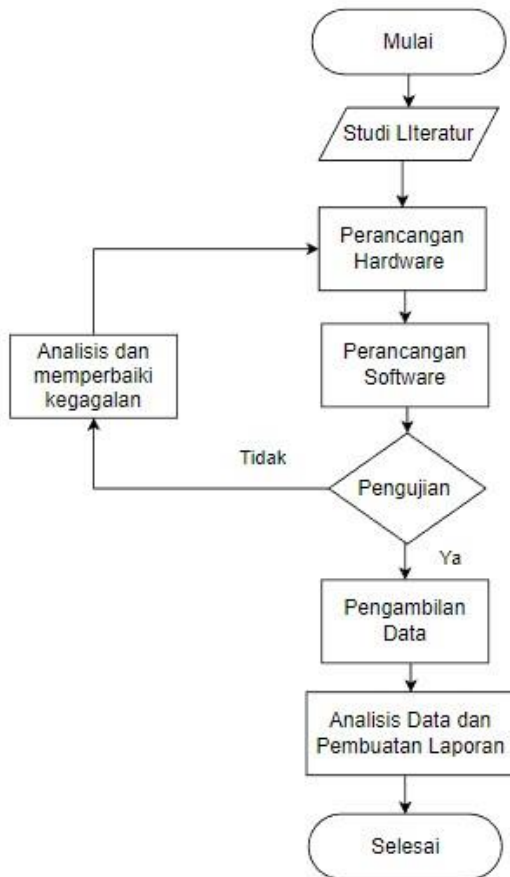
No	Nama	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Transmitter</i>	TX	Untuk piezoelektrik
2.	<i>Receiver</i>	RX	Untuk piezoelektrik
2	IC Ne555	-	Untuk generator frekuensi
3	IC 741	-	Untuk penguat tegangan

Tabel 3. 2 Daftar Bahan

No	Nama	Spesifikasi	Keterangan
1	Kaca	-	Untuk sampel data penelitian
2	Alumunium	-	Untuk sampel data penelitian
3	<i>Styrofoam</i>	-	Untuk sampel data penelitian
4	Kardus	-	Untuk sampel data penelitian
5	<i>Box Plastik</i>	-	Untuk Tempat Mikrokontroler Dan LCD
6	Baut	Spacer M3	Untuk Merekatkan Box

D. Metodologi Penelitian

Metoddologi penelitian dan pelaksanaan yang dilakukan dapat di lihat pada Gambar 3.1 prosedur penelitian sebagai berikut :



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian

Penelitian ini untuk menghasilkan alat yang berkualitas, maka perlu diperhatikan beberapa tahapan penelitian, antara lain:

1. Studi Literatur

Sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu mencari literatur yang berfungsi untuk mencocokkan gagasan hasil penelitian dengan teori, dari berbagai sumber supaya data tersebut *valid* kebenarannya. Literatur dapat dicari di jurnal-jurnal, buku, web yang berhubungan dengan sensor ultrasonik, wujud benda.

2. Perancangan *Hardware*

Tahapan selanjutnya yaitu perancangan *hardware* yang dimulai ditunuksn pada gambat (3.1) mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan, mempersiapkan cara kerja setiap komponen dan desain alat yang digunakan, dan desain pengujian.

3. Perancangan *Software*

Tahapan selanjutnya yaitu perancangan *software* dengan membuat kode program Arduino Ide dan menampilkan hasil dari program tersebut pada LCD

4. Pengujian

Pengujian komponen elektronika seperti sensor ultrasonik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor yang digunakan dan mengecek komponen layak untuk dipakai

5. Pengambilan data

Pengumpulan data merupakan langkah setelah alat diuji akurasi, pengambilan data dilakukan sebanyakbanyaknya.

6. Analisis data dan pembuatan laporan

Data yang diperoleh setelah itu dianalisis dengan membandingkan teori yang sudah ada.

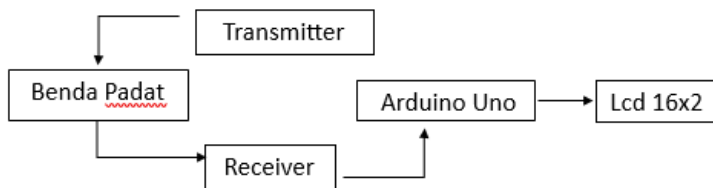
7. Selesai

Pada tahap akhir ini memberikan kesimpulan dari hasil pengambilan data terhadap alat yang dirancang mulai dari pembuatan desain hingga analisis data.

E. Desain Alat Uji

1. Desain alat Uji Mentoring

Desain alat ini terdiri dari cara kerja alat hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan pada gambar (3.2). Alat ini dari mikrokontroler Arduino uno akan ditampilkan tegangan *output* pada Lcd, agar lebih jelas kinerja alat ini, dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:



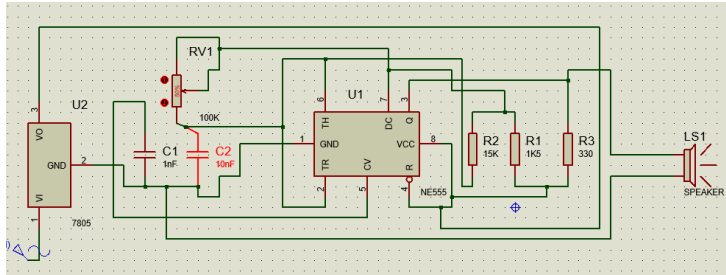
Gambar 3. 2 Desain Alat Uji Mentoring

Berikut ini cara pengambilan data pada alat ukur tegangan dengan variasi benda padat:

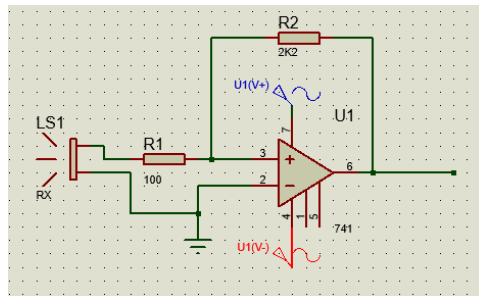
- a. Memastikan komponen-komponen rangkaian *Transmitter* dan *Receiver* terhubung.
- b. Memasukkan sampel ke tempat uji bahan.
- c. Sampel akan diambil datanya oleh *transmitter* (TX)
- d. Gelombang pantulan dari sampel akan dibaca oleh *receiver* (RX)
- e. Kemudian data diolah menggunakan mikrokontroler Arduino uno
- f. Data dari hasil ukur sampel akan ditampilkan melalui osiloskop dan lcd 16x4
- g. Selesai

2. Perancangan Hardware

Perancangan Hardware alat ukur tegangan pantul piezoelektrik dengan variasi benda padat terdapat 2 rangkaian yang dirancang, seperti rangkain *transmitter* (TX) dan rangkaian *receiver* (RX). Gambar (3.3) merupakan skematik rangkaian *transmitter* (TX) menggunakan IC Ne555 yang distabilkan tegangan menjadi 5 v menggunakan ic 7805. Gambar (3.4) merupakan skematik rangkaian *receiver* (RX) menggunakan ic 741 sebagai OP-AMP yang bekerja secara *inverting* dalam penguatan tegangan.



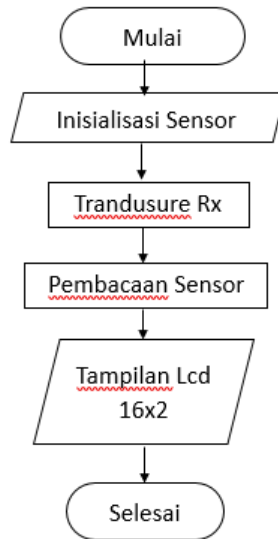
Gambar 3. 3 Skematik Rangkaian *Transmitter* (TX)



Gambar 3. 4 Skematik Rangkaian *Receiver* (RX)

3 Perancangan *Software*

Perancangan Perangkat Lunak (Software) pada gambar (3.5) dalam penelitian ini menggunakan software Arduino IDE. Perancangan software dengan mengolah data menggunakan coding yang berdasarkan perhitungan rumus. Perancangan software dalam penulisan program bertujuan untuk mengontrol instrumentasi praktikum dengan data yang direkam dari sensor kemudian diolah pada program tersebut. Kemudian data di upload pada arduino dan ditampilkan hasilnya pada LCD tersebut.



Gambar 3. 5 *Flowchart Perancangan Software*

F. Metode Pengujian Sistem

Metode pengujian sistem yang akan dilakukan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu pengujian *transmitter* (TX), *receiver*(RX) dan pengujian alat secara keseluruhan. Berikut perancangan pengujian :

a. Perancangan Pengujian *Transmitter* (TX)

Tahapan pengujian *Transmitter* (TX) digunakan untuk mengetahui transmitter dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan dari *power supply*, kemudian *output* dari transmitter akan dibaca menggunakan osiloskop. Pembacaan gelombang dari osiloskop terbaca dengan tegangan dan frekuensi yang diharapkan, begitu juga

bentuk gelombang sesuai dengan karakteristik dari ic ne555

b. Perancangan Pengujian Receiver (RX)

Tahapan pengujian *Receiver* (RX) digunakan untuk mengetahui *Receiver* dapat bekerja dengan baik. Prinsip penguatan pada *receiver* (RX) bekerja secara *inverting*. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan dari *transmitter* yang dibaca oleh *receiver* (RX), kemudian *output* dari rangkaian ini akan dibaca menggunakan osiloskop. Pembacaan gelombang dari osiloskop dan lcd akan terbaca dengan tegangan dan frekuensi yang diharapkan setelah adanya penguatan.

c. Pengujian *Prototype* Pengukur Tegangan dengan Variasi Benda Padat Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan alat dengan mengontrol keseluruhan cara kerja *prototype*. Pengujian ini dilakukan dengan menguji alat ukur tegangan pantul dengan semua benda padat seperti : alumunium,kaca, *styrofoam*, kardus.

Setelah alat ukur keseluruhan diuji, maka ditentukan nilai ketelitian berdasarkan hasil jumlah pengkali penguatan secara langsung dibandingkan jumlah pengkali penguatan berdasarkan teori pada rumus persamaan (2.7).

Perhitungan jumlah pengkali penguatan secara langsung, dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (3.1) .

$$E_r = \frac{X_p}{X_I} \quad (3.1)$$

Keterangan

E_r = Jumlah pengkali penguatan Langsung

X_p = Nilai tegangan setelah diperkuat (V)

X_I = Nilai tegangan sebelum diperkuat (V)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas proses untuk setiap sistem yang dirancang. Pengujian terhadap pemancar (Tx), penerima (RX), dan perangkat secara keseluruhan telah dilakukan. Setelah itu dilakukan analisis data penelitian untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan?

Hasil dari perancangan alat ukur tegangan pantul piezoelektrik ini berupa gambar yang dibuat sesuai dengan desain perangkat yang dapat dilihat pada gambar (3.3) desain pengirim, desain penerima (3.4), dan hasil desain perangkat secara keseluruhan yang dapat terlihat pada gambar (4.1)



Gambar 4. 1 Desain Perangkat Secara Keseluruhan

A. Pengujian Rangkaian Pemancar Piezoelektrik (*Transmitter*)

Rangkaian pemancar piezoelektrik menggunakan IC NE555, digunakan untuk menghasilkan dan mengirimkan

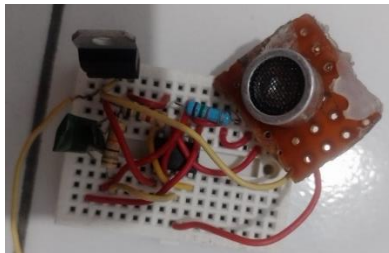
sinyal pada frekuensi 40 kHz. IC ini berfungsi dengan baik ketika menerima tegangan input antara 4,5V hingga 15V. Fungsi utama IC NE555 adalah sebagai osilator yang menghasilkan gelombang persegi, frekuensi gelombang ini dapat diubah dengan mengubah nilai resistor dan kapasitor yang dihubungkan pada rangkaian, seperti terlihat pada gambar (3.3).

Sebelum membuat rangkaian pemancar (Tx) secara fisik, langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung banyaknya nilai resistansi yang diperlukan untuk mengatur frekuensi keluaran menjadi 40 kHz pada persamaan (4.1).

$$(R_1 + 2R_2) = \frac{1,44}{fC_1} \quad (4.1)$$

Nilai komponen C1 adalah 1nF=10⁻⁹F dan R1 adalah 1K5 Ω, sehingga nilai resistor R2 berdasarkan rumus persamaan (4.1).

$$(1K5 + 2R_2) = \frac{1,44}{45kHz \times 10^{-9}} = 15K\Omega$$



Gambar 4. 2 Rangkaian Transmitter

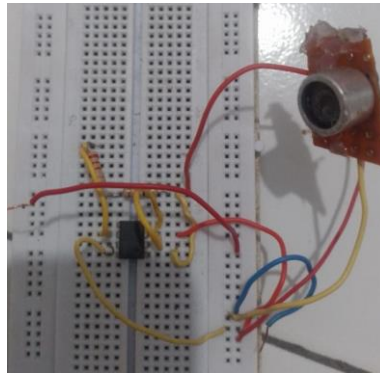
Setelah nilai R2 dan komponen lainnya ditentukan dan dirancang seperti gambar (4.2), rangkaian pemancar diuji dengan sumber listrik 9V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa IC NE555 menghasilkan tegangan keluaran yang stabil pada 5V dengan frekuensi 45Khz, seperti terlihat pada gambar (4.3) hasil osiloskop.



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Tx(Ch2) dan Rx(Ch1)

Penggunaan pengatur tegangan terintegrasi pada IC 7805 memungkinkan kestabilan tegangan yang konsisten pada 5V. Fungsi regulator ini sangat penting karena dapat menjaga tegangan keluaran tetap stabil meskipun tegangan masukan minimal sekitar 7V. Oleh karena itu, penggunaan IC NE555 dan IC 7805 pada jaringan pemancar piezoelektrik memastikan sinyal frekuensi yang dihasilkan tetap terjaga dalam parameter yang diinginkan, dan tegangan keluaran stabil.HG

B. Pengujian rangkaian penerima piezoelektrik (*Receiver*)



Gambar 4. 4Rangkaian Receiver (RX)

Sebelum merancang rangkaian RX seperti gambar (4.4) , langkah pertama yang dilakukan adalah mengujinya di dekat *transmitter* (TX) yang telah diberi tegangan input 9V. Tujuan dari pengujian RX ini adalah untuk mengetahui nilai tegangan masukan dari sinyal yang diterima TX sebelum dilakukan penguatan sinyal. Hasil pengujian menunjukkan amplitudo sinyal yang diterima RX hanya beberapa mV, dan amplitudo sinyal yang diterima TX hanya 200 mV.

Setelah mengetahui nilai awal tegangan masukan yang diterima RX, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai penguatan yang diperlukan agar tegangan keluaran RX mencapai 5V. Hal ini dilakukan dengan menggunakan konfigurasi inverting pada OP-AMP, dimana tegangan input

diberikan ke pin *inverting* (-) dan pin non-inverting (+) dihubungkan ke *ground*.

Bedasarkan rumus penguatan (4.2), nilai resistor yang sesuai pada rangkaian penguat pembalik digunakan untuk menghitung penguatan.

$$\frac{V_{Out}}{V_{In}} = \frac{-R_f}{R_{In}} \quad (4.2)$$

Pada OP-AMP, IC 741 membutuhkan nilai *gain* sebesar 25 kali lipat, sesuai dengan tegangan keluaran yang diharapkan sebesar 5V dari tegangan masukan sebesar 200mV. Nilai vcc IC 741 adalah +5v, artinya tegangan keluaran yang dihasilkan tidak melebihi nilai 5V tersebut. Karena penelitian ini menggunakan penguatan sebanyak 22 kali, maka sinyal dapat diperkuat hingga 2 V yang masih berada di antara vcc IC 741, terlihat hasil osiloskop pada gambar (4.1). Kestabilan *gain* yang dicapai menunjukkan bahwa desain RX menggunakan IC 741 dengan metode *inverting* amplifier, telah berhasil memproses sinyal dengan efisiensi tinggi sesuai kebutuhan aplikasi elektronik.

C. Hasil Pengujian Alat Keseluruhan

Untuk memastikan rangkaian berfungsi dengan baik, perangkat yang dirancang untuk sirkuit pemancar (TX) dan penerima (RX) harus diuji secara menyeluruh. Fokus penelitian ini adalah penggunaan IC NE555 sebagai

pembangkit sinyal pada TX untuk mengirimkan sinyal gelombang persegi dengan frekuensi 40 kHz. Sedangkan sebagai penerima, RX menggunakan IC 741 dengan konfigurasi penguat *inverting* dengan *gain* sebesar 22 kali. Konfigurasi ini dipilih untuk memastikan bahwa RX dapat menerima dan memproses ulang sinyal dengan efisiensi tinggi, terlepas dari segala redaman atau penyerapan yang mungkin terjadi dalam gelombang mikro. Prinsip kerja RX menerima sinyal dari Tx yang memancarkan sinyal ke arah media pengujian. Medium yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan-bahan seperti kaca, aluminium, *styrofoam*, dan kardus, masing-masing dengan ukuran 25 cm x 20 cm x 3 cm, seperti gambar (4.3). Masing-masing bahan ini dipilih karena memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal transmisi dan refleksi sinyal elektromagnetik



Gambar 4. 5 Objek Medium Pada Penelitian

Untuk mengukur tegangan input yang diterima dari TX sebelum penguatan, RX diuji dengan posisi di sebelah TX dan

di depan media uji. Hasil pengujian awal yang ditunjukkan pada tabel (4.1) menunjukkan seberapa baik RX mampu mendeteksi sinyal asli sebelum amplifikasi.

Tabel 4. 1 Nilai Tegangan Sebelum Diperkuat

Jarak	Medium	V (cm^3)	M (gr)	ρ	Volt	Div	Tegangan (v)
4 cm	Alumunium	500	1350	2,7	1	200	0,2
	Kaca	500	1500	3	1	200	0,2
	Kardus	1500	31	0,02	0,8	200	0,16
	Styrofoam	1500	45	0,03	0,6	200	0,12
5cm	Alumunium	500	1350	2,7	0,8	200	0,16
	Kaca	500	1500	3	0,8	200	0,16
	Kardus	1500	31	0,02	0,6	200	0,12
	Styrofoam	1500	45	0,03	0,4	200	0,08
6 cm	Alumunium	500	1350	2,7	0,6	200	0,12
	Kaca	500	1500	3	0,6	200	0,12
	Kardus	1500	31	0,02	0,4	200	0,08
	Styrofoam	1500	45	0,03	0,4	200	0,08

Hasil data dari masing-masing medium uji sebelumnya, kemudian di beri penguatan. Pemberian penguatan dalam OP-AMP berfungsi untuk memperkuat tegangan output yang lemah bernilai mV menjadi tegangan output yang cukup besar senilai V, hasil data setelah penguatan ditunjukkan pada tabel (4,2 sampai 4.4)

Tabel 4. 2 Nilai Tegangan Setelah Diperkuat dengan jarak 4 cm

Medium	V (cm^3)	M (gr)	ρ	Volt	Div	Tegangan (v)
Alumunium	500	1350	2,7	1,2	500	0,58
Kaca	500	1500	3	1,2	500	0,59

Kardus	1500	31	0,02	1	500	0,5
Styrofoam	1500	45	0,03	1,2	200	0,24

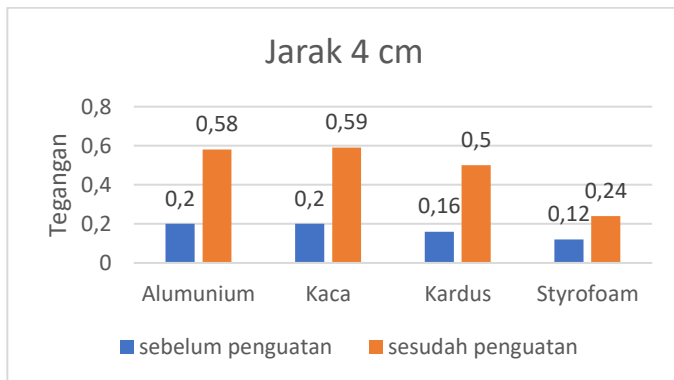
Tabel 4. 3 Nilai Tegangan Setelah Diperkuat dengan jarak 5 cm

Medium	V (cm^3)	M (gr)	ρ	Volt	Div	Tegangan (v)
Alumunium	500	1350	2,7	1	500	0,49
Kaca	500	1500	3	1	500	0,5
Kardus	1500	31	0,02	0,8	500	0,4
Styrofoam	1500	45	0,03	0,8	200	0,16

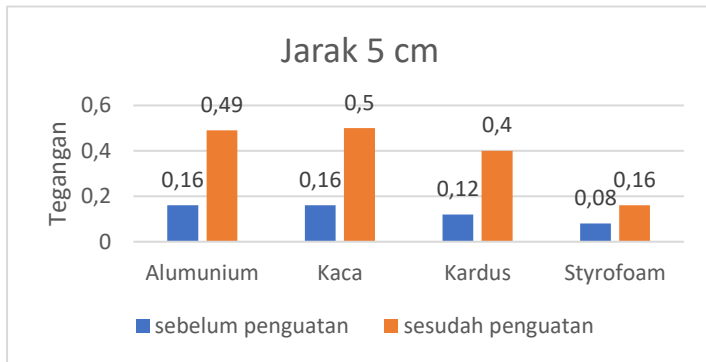
Tabel 4. 4 Nilai Tegangan Setelah Diperkuat dengan jarak 6 cm

Medium	V (cm^3)	M (gr)	ρ	Volt	Div	Tegangan (v)
Alumunium	500	1350	2,7	0,8	500	0,4
Kaca	500	1500	3	0,8	500	0,38
Kardus	1500	31	0,02	0,6	500	0,29
Styrofoam	1500	45	0,03	0,6	200	0,11

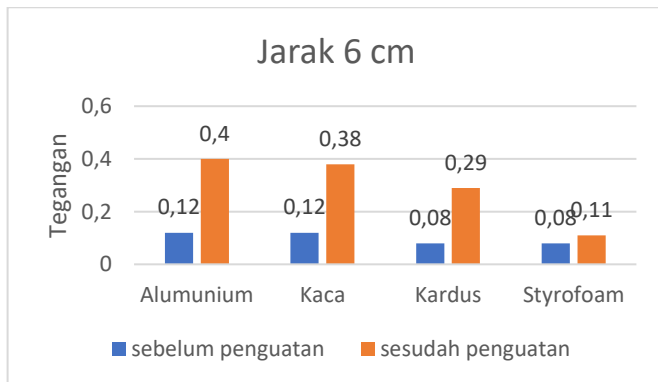
Gambar 4. 6 Grafik Data Tegangan Sesudah dan Sebelum Jarak 4 cm



Gambar 4. 7 Grafik Data Tegangan Sesudah dan Sebelum Jarak 5 cm



Gambar 4. 8 Grafik Data Tegangan Sesudah dan Sebelum Jarak 6 cm



Berdasarkan hasil Tabel 4.1 hingga 4.4, dilakukan analisis terhadap nilai tegangan yang diukur pada berbagai medium sebelum dan setelah dilakukan penguatan sinyal. Tabel 4.1 menunjukkan nilai tegangan sebelum penguatan pada jarak 4 cm, 5 cm, dan 6 cm dengan menggunakan medium yang berbeda. Pada jarak 4 cm, ditemukan bahwa tegangan

output mencapai nilai maksimal sebesar 0,2 V, sementara pada jarak 5 cm, tegangan maksimum adalah 0,16 V.

Sementara itu, Tabel 4.2 hingga 4.4 memperlihatkan nilai tegangan output setelah dilakukan penguatan pada jarak yang sama, yaitu 4 cm, 5 cm, dan 6 cm. Pada jarak 4 cm, terlihat bahwa nilai tegangan output maksimum meningkat menjadi 0,6 V setelah penguatan, sedangkan pada jarak 6 cm, nilai tegangan maksimum mencapai 0,5 V terdapat pada kaca dan alumunium

Berdasarkan gambar (4.6) hingga (4.8), grafik tersebut menggambarkan nilai tegangan yang dihasilkan *receiver* (RX) dari media ukur (Alumunium, kaca, kardus, dan *Styrofoam*). Dari hasil grafik tersebut menunjukkan adanya peningkatan tegangan dari setiap media yang digunakan, setelah diberikan penguatan secara *inverting* menggunakan IC LM-741. Misalnya pada jarak 4 cm tegangan awal sebelum diperkuat pada alumunium bernilai 0,2V, sedangkan setelah penguatan nilai tegangan alumunium bernilai 0,6V.

Faktor-faktor seperti impedansi akustik, kepadatan, dan kecepatan suara dalam media objek mempengaruhi reflektifitas ultrasonik. Rumus impedansi akustik (Z) pada persamaan (2.1) yang dijelaskan dalam teori menunjukkan bahwa karena kepadatan medium yang berbeda, medium dengan impedansi akustik yang lebih tinggi cenderung

memantulkan lebih banyak gelombang ultrasonik dibandingkan medium dengan impedansi akustik yang lebih rendah. Koefisien *refleksi* yang lebih tinggi dihasilkan dari perbedaan impedansi ini. Koefisien ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1).

Hasil pengukuran dari Tabel 4.1 sampai 4.4 menunjukkan bahwa kaca dan aluminium menghasilkan nilai tegangan output yang lebih tinggi dibandingkan dengan kardus dan *Styrofoam*. Hal ini dikarenakan kaca dan aluminium memiliki impedansi akustik yang lebih besar. Sebagai contoh, pada jarak 4 cm sebelum diperkuat, tegangan pada aluminium dan kaca mencapai 0,2 V, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kardus yang hanya mencapai 0,16 V dan *Styrofoam* yang mencapai 0,12 V. Impedansi akustik yang besar memungkinkan lebih banyak energi ultrasonik dipantulkan kembali dari medium dengan *reflektivitas* yang tinggi.

Fenomena *absorpsi* dan hamburan menyebabkan intensitas gelombang ultrasonik menurun seiring dengan rambat gelombang melalui medium, yang disebut atenuasi. Hamburan terjadi ketika gelombang ultrasonik berinteraksi dengan permukaan medium yang tidak rata, menyebabkan sebagian energi gelombang menyebar ke arah yang berbeda dari arah pemancar. *Absorpsi* terjadi ketika energi gelombang ultrasonik diserap oleh molekul medium sehingga

menghasilkan panas dalam medium. Hasil pengukuran tegangan dari *transmitter* (TX) ke *receiver* (RX) pada jarak 4 cm menunjukkan bahwa nilai tegangan pada aluminium dan kaca adalah 0,2 V, jauh lebih besar dibandingkan karton (0,16 V) dan styrofoam (0,12 V). Perbedaan ini disebabkan oleh redaman gelombang ultrasonik pada medium. Permukaan aluminium yang datar dan halus memungkinkan penyerapan sinyal lebih sedikit dibandingkan kardus atau *styrofoam* yang permukaannya tidak rata. Jadi, lebih banyak sinyal yang dapat dikirim melalui media aluminium dibandingkan *styrofoam*, yang sebagian besar memantulkan sinyal dan sebagian kecil diserap.

Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai akurasi dan kesalahan relatif. Hasil pengujian tegangan setelah diberikan penguatan dan sebelum diberikan penguatan diperoleh nilai akurasi sebesar 97 % dengan kesalahan relatif 3 %. Hasil pengujian keseluruhan prototype menunjukkan bahwa data yang diperoleh alat sudah cukup sesuai dengan hasil yang diharapkan. Data yang ditampilkan berupa nilai tegangan yang sesuai dengan yang diharapkan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan peneliti dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ukur tegangan piezoelektrik bekerja dengan cara mengirimkan gelombang ultrasonic *transmitter* (TX) ke medium lainnya. Gelombang ultrasonic dipantulkan kembali dan diterima oleh *receiver* (RX) yang diperkuat secara inverting menggunakan IC-741. Ic ne555 sebagai *transmitter* (TX) menggunakan frekuensi 40KHz.
2. Hasil nilai tegangan piezoelektrik yang diukur pada setiap variasi benda padat menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada benda padat seperti kaca dan aluminium yang permukaannya lebih halus, tegangan piezoelektrik yang dihasilkan cenderung lebih tinggi karena gelombang ultrasonik dapat dipantulkan lebih baik. Sebaliknya pada benda padat seperti karton dan styrofoam yang permukaannya tidak rata atau berpori, tegangan piezoelektrik yang dihasilkan lebih rendah karena sebagian besar energi gelombang ultrasonik diserap atau dipantulkan secara tidak sempurna.

B. Saran

Adapun saran untuk peneliti selanjutnya:

1. Membuat box rangkaian alat piezoelektrik lebih simple dan lebih baik box cover rangkaian bentuknya kecil saja agar bisa dibawa.
2. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat menggunakan IC OP-AMP yang berbeda dan menambahkan variasi sudut dalam pengukuran

DAFTAR PUSTAKA

- AFI, A. (2015). *Apa Itu Ic Lm741 ? Ilmu Elektromedik*.
- Agus Syafrudin, Suryono, J. E. S. (2008). Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik Dan Implementasinya Untuk Pengukuran Jarak Antara Dua Obyek. *Berkala Fisika*, 11(2), 29–37.
- Anonim. (2008). *Ultrasonic. Acoustic Impedance*.
<https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/Physics/acousticimpedance.htm>
- Arief, U. M. (2011). Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air. *Jurnal Ilmiah "Elektrikal Enjiniring" UNHAS*, 09(02), 72–77.
- Budi Artawan, K. (2010). *Benda Padat*. Ketutbudiartawan.
<https://ketutbudiartawan.wordpress.com/benda-padat/>
- Chen, Y. L., Chang, H. H., Chiang, Y. C., & Lin, C. P. (2013). Application and development of ultrasonics in dentistry. *Journal of the Formosan Medical Association*, 112(11), 659–665. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2013.05.007>
- D Halliday, R. R. & K. s K. (1992). *Physics, 4 th ed* (Vol. 1). Jhon Wiley& Sons.
- Dasar, E. (2024). *Transducer Ultrasonic*. Elektronika Dasar.
- DwicaHYo PratomO, I., Rouf, A., & Wahyu Supardi, T. (2016).

- Pengukuran Jarak Lubang Pada Benda Padat Menggunakan Sensor Ultrasonik. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 6(1), 81. <https://doi.org/10.22146/ijeis.10774>
- Eko Nuryanto. (2017). Penerapan Dari Op-Amp (Operational Amplifier). *Orbith*, 13(1), 43–50.
- Fathurrahman, A. (2015). *Perubahan Wujud Zat*. Thermodynamics. <http://mythermodynamicsblog.blogspot.com/2015/03/perubahan-wujud-zat.html>
- G.Graeme, J. (1997). *Graeme - Applications of Operational Amplifiers 3rd generation techniques 1973*.
- Giancoli. (1998). *Fisika Jilid I*. Erlangga.
- Gischa, S. (2022). *Benda Padat: Pengertian, Sifat, dan Ciri-cirinya*. Kompas.Com. <https://www.kompas.com/skola/read/2022/11/21/083000669/benda-padat-pengertian-sifat-dan-ciri-cirinya?page=all>
- Hardono, S. dan I. A. (2022). *Kegunaan Gelombang Ultrasonik Dalam Bidang Teknik Sipil*. PU-Net. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/berita/kegunaan-gelombang-ultrasonik-dalam-bidang-teknik-sipil>
- Isminarti, I., & Ridhani, U. (2018). Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktikum Elektronika Analog Untuk

- Meningkatkan Pemahaman Mahasiswa Dalam Mengetahui Fungsi Dan Karakteristik Operational Amplifier. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 4(1), 37–42.
<https://doi.org/10.32487/jst.v4i1.450>
- Lestari. (2011). *Sifat Perubahan Wujud Benda*.
 Lestari1990april.
<https://lestari1990april.wordpress.com/tugas-tugas/>
- Lia, D. (2020). *Perubahan Wujud Benda*. Wakelet.
<https://wakelet.com/wake/BPpQsMD-wADTy9X0NAPhU>
- Maulana, K. Y. (2021). *Apa Itu IC 555*. Anak Teknik.
- Mayantasari, M., Al-Zairi, A., & Rahastama, S. (2023). Piezoelectric Transducer Based Micro Energy Generator Design for Application in Ceramics. *SPECTA Journal of Technology*, 7(1), 506–515.
<https://doi.org/10.35718/specta.v7i1.867>
- Priyono. (2008). *Ilmu Pengetahuan Alam 3 Kelas 3 SD*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Pulkki, V., McCormack, L., & Gonzalez, R. (2021). Superhuman spatial hearing technology for ultrasonic frequencies. *Scientific Reports*, 11(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-90829-9>
- Rasyid, A. (2019). *Op-Amp (Operational Amplifier)*. Samrasyid.
- Sharma, M. C. (1982). *41 Projects Using IC 741 OP AMP*.

- Business Promotion Bureau.
- Singh, A. (2020a). *Inverting Amplifier (OPAMPs)*. Hackatronic.
- Singh, A. (2020b). *Non Inverting Amplifier (OPAMPs)*. Hackatronic.
- Sirait, R. (2020). *Fisika Gelombang*. 51–55.
[http://repository.uinsu.ac.id/9720/1/Diktat Fisika Gelombang Ratni Sirait.pdf](http://repository.uinsu.ac.id/9720/1/Diktat%20Fisika%20Gelombang%20Ratni%20Sirait.pdf)
- Sudarmanto, A. ; M. A. K. A. K. H. (2023). Detection of Building Slope and Land Subsidence Using Ultrasonic HC-SR04 Sensors Based Arduino Uno R3 and Blynk. *AIP Conference Proceedings*, 2540(1).
- Sulistia, A. (2019). Desain dan Implementasi Pembangkit Frekuensi 30-50 Hz Dengan Teknik Pulse Width Modulation Berbasis Arduino Untuk Aplikasi Ultrasonic Cleaner. *Duke Law Journal*, 1(1).
- Suptandar, J. P. (2004). *Faktor Akustik Dalam Perancangan Desain Interior*. Djambatan.
- Suripto. (2016). *Uji Material Akustik Dari Serabut Nipah Menggunakan Metode Tabung Resonansi Dengan Variasi Ketebalan Sampe*. SKRIPSI Sarjana Pendidikan MIPA Fisika.
- Susanto, H. (2015). *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. Elang Sakti.
- Sutrisno. (1984). *Fisika dasar : gelombang dan optik*. ITB

Bandung.

Wandini, R., & Bariyah, C. (2022). Experimental Method in the Learning Process of Changes in the Form of Objects in Elementary Schools. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(3), 1707–1715.

Willem, K. D. (2022). *Analisis Sensor Ultrasonik Pada Benda Padat dan Cair Di Berbagai Waktu* [Universitas Dinamika].
<https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/6239/13/14410200011-2022-UNIVERSITASDINAMIKA.pdf>

Yatarif, N. . (2008). Karakterisasi sinyal akustik untuk mendeteksi keabnormalan jaringan tubuh menggunakan ultrasonik. *Skripsi*.

Yosua, D. H. N. dan S. M. I. (2017). *Model Sistem Tagihan Listrik dan Pengendali Arus dengan Menggunakan Sensor Arus*. 19(1), 32–44.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Datasheet LM741

LM741

Single Operational Amplifier

Features

- Short circuit protection
- Excellent temperature stability
- Internal frequency compensation
- High Input voltage range
- Null of offset

Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers. It is intended for a wide range of analog applications. The high gain and wide range of operating voltage provide superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications.

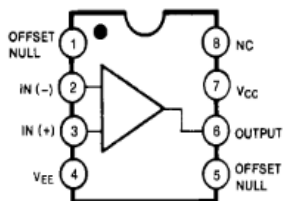
8-DIP



8-SOP



Internal Block Diagram



Lampiran 2

```

1  const int analogPin = A0; // Pin analog yang digunakan (RX)
2  const float Vref = 5.0; // Tegangan referensi, biasanya 5V untuk Arduino Uno
3
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600); // Memulai komunikasi serial dengan kecepatan 9600 bps
6  }
7
8  void loop() {
9      int analogValue = analogRead(analogPin); // Membaca nilai dari pin analog
10
11      // Menghitung tegangan dari nilai ADC
12      float voltage = (analogValue / 1023.0) * Vref;
13
14      // Menghitung persentase tegangan terhadap Vref
15      float percentage = (analogValue / 1023.0) * 100.0;
16
17      // Menampilkan hasil di Serial Monitor
18      Serial.print("Analog Value: ");
19      Serial.println(analogValue);
20      Serial.print("Voltage: ");
21      Serial.print(voltage, 2); // Menampilkan tegangan dengan 2 digit desimal
22      Serial.println(" V");
23      Serial.print("Percentage: ");
24      Serial.print(percentage, 2); // Menampilkan persentase dengan 2 digit desimal
25      Serial.println(" %");
26
27      delay(1000); // Menunggu 1 detik sebelum pembacaan berikutnya
28  }
29

```

Jarak	Medium	V	m(gr)		Volt	Div	Tegangan (v)
4 cm	Alumunium	500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500		2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6

		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
		500	1350	2,7	1,2	500	0,6
	Kaca	500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1	500	0,5

		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
		500	1500	3	1,2	500	0,6
	Kardus	1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1,2	500	0,6
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5

		1500	31	0,02	1	500	0,5
		1500	31	0,02	1	500	0,5
	Styrofoam	1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
		1500	45	0,03	1,2	200	0,24
5	Alumunium	500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5

		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	1	500	0,5
	Kaca	500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5

		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
		500	1500	3	1	500	0,5
	Kardus	1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
		1500	31	0,02	1	500	0,5

		1500	31	0,02	0,8	500	0,4
	Styrofoam	1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
		1500	45	0,03	0,8	200	0,16
6	Alumunium	500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500		2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4

		500	1350	2,7	1	500	0,5
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,6	500	0,3
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
		500	1350	2,7	0,8	500	0,4
	Kaca	500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,6	500	0,3
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4

		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,6	500	0,3
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
		500	1500	3	0,8	500	0,4
	Kardus	1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,4	500	0,2
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
		1500	31	0,02	0,6	500	0,3
	Styrofoam	1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12

		1500	45	0,03	0,4	200	0,08
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,4	200	0,08
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,4	200	0,08
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12
		1500	45	0,03	0,6	200	0,12

< amara file skripsi...   

amara file skripsi.pdf

ORIGINALITY REPORT

10 %	10 %	2 %	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	6 %
2	docplayer.info Internet Source	<1 %
3	docobook.com Internet Source	<1 %
4	thesis.umsida.ac.id Internet Source	<1 %
5	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
6	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
7	id.wikipedia.org Internet Source	<1 %
8	repository.poltekkes-kdi.ac.id Internet Source	<1 %
9	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
10	dspace.umkt.ac.id Internet Source	<1 %

76/80

11	repository.upi.edu Internet Source	<1 %
12	repository.upstegal.ac.id Internet Source	<1 %
13	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
14	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %



RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Amara Ega Prasheylya
Tempat Tanggal Lahir : Tangerang, 24 Maret 2002
Alamat Rumah : Perumahan Wisma Harapan c6/19,
Rt/Rw:05/05, Gembor, Periuk, Kota
Tangerang
HP : 082139874408
E-mail : www.amaraega@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. TK Cahaya Budi
2. SDN 1 Banyudono
3. Smpn 12 Tangerang
4. Sman 15 Tangerang

Semarang, 27 Juni 2024

Amara Ega Prasheylya

NIM : 2008026002