

**TUGAS AKHIR – TL184834**

**PENGARUH GELATIN PADA GEL METIL  
SELULOSA/GELATIN *AQUEOUS MIXTURE* TERHADAP  
TRANSMITANSI DAN GAIN ULTRASONIK UNTUK  
APLIKASI KUPLAN BERBASIS AIR**

**NAUFAL RAIS NADA  
NRP. 0251184000047**

Dosen Pembimbing  
**Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc**  
NIP. 19801207200501104  
**Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., PhD.**  
NIP. 197801132002121003

Program Studi Teknik Material  
Departemen Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022





TUGAS AKHIR – TL184834

**PENGARUH GELATIN PADA GEL METIL  
SELULOSA/GELATIN *AQUEOUS MIXTURE* TERHADAP  
TRANSMITANSI DAN GAIN ULTRASONIK UNTUK  
APLIKASI KUPLAN BERBASIS AIR**

**NAUFAL RAIS NADA**  
NRP. 0251184000047

Dosen Pembimbing  
**Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc**  
NIP. 19801207200501104  
**Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., PhD**  
NIP. 197801132002121003

**Program Studi Teknik Material**  
Departemen Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT – TL184834**

**THE EFFECT OF GELATIN ON METHYL  
CELLULOSE/GELATIN AQUEOUS MIXTURE GEL ON  
ULTRASONIK TRANSMISSION AND GAIN FOR WATER-  
BASED COUPLANT APPLICATIONS**

**NAUFAL RAIS NADA**  
NRP. 0251184000047

Advisor  
**Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc**  
NIP. 19801207200501104  
**Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., PhD**  
NIP. 197801132002121003

**Study Program of Materials Engineering**  
Departement of Materials and Metallurgical Engineering  
Faculty of Industrial Technology and System Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH GELATIN PADA GEL METIL SELULOSA/GELATIN *AQUEOUS MIXTURE* TERHADAP TRANSMITANSI DAN GAIN ULTRASONIK UNTUK APLIKASI KUPLAN BERBASIS AIR

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **NAUFAL RAIS NADA**  
NRP 0251184000047

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :


1. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc

  
Pembimbing

2. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D

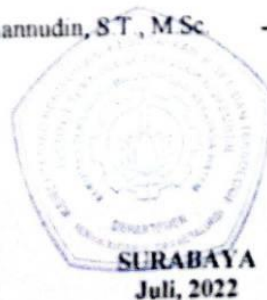
 Ko-Pembimbing

3. Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.

 Penguji

4. Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc

 Penguji



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**APPROVAL SHEET**

**THE EFFECT OF GELATIN ON METHYL CELLULOSE/GELATIN AQUEOUS MIXTURE GEL ON ULTRASONIC TRANSMISSION AND GAIN FOR WATER-BASED COUPLANT APPLICATIONS**

**FINAL PROJECT**

Submitted to fulfill one of the requirements  
for obtaining a degree of bachelor of engineering at  
Undergraduate Study Program of Materials Engineering  
Departement of Materials and Metallurgical Engineering  
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : **NAUFAL RAIS NADA**  
NRP. 0251184000047

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.



Advisor

2. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.



Co-Advisor

3. Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.

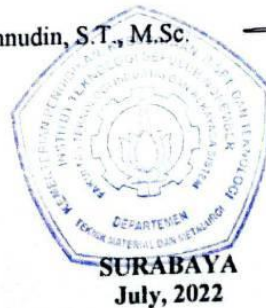


Examiner

4. Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.



Examiner



*(This page is intentionally blank)*

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Naufal Rais Nada/0251184000047  
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS  
Dosen Pembimbing/NIP : 1. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc  
2. Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “PENGARUH GELATIN PADA GEL METIL SELULOSA/GELATIN *AQUEOUS MIXTURE* TERHADAP TRANSMITANSI DAN GAIN ULTRASONIK UNTUK APLIKASI KUPLAN BERBASIS AIR” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Surabaya, Juni 2022

Mahasiswa

(Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc)  
NIP. 19801207200501104

(Naufal Rais Nada)  
NRP.0251184000047

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student/NRP : Naufal Rais Nada/0251184000047  
Departement : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS  
Advisor/NIP : 1. Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc  
2. Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D

Hereby declare that the Final Project with the title of “THE EFFECT OF GELATIN ON METHYL CELLULOSE/GELATIN AQUEOUS MIXTURE GEL ON ULTRASONIK TRANSMISSION AND GAIN FOR WATER-BASED COUPLANT APPLICATIONS” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing..

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Acknowledged  
Advisor

Surabaya, Tanggal 2022  
Student

(Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc)  
NIP. 19801207200501104

(Naufal Rais Nada)  
NRP.0251184000047

*(This page is intentionally blank)*

**PENGARUH GELATIN PADA GEL METIL SELULOSA/GELATIN *AQUEOUS MIXTURE* TERHADAP TRANSMITANSI DAN GAIN ULTRASONIK UNTUK APLIKASI KUPLAN BERBASIS AIR**

**Nama Mahasiswa / NRP** : Naufal Rais Nada / 0251184000047  
**Departemen** : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc  
2. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.

**Abstrak**

*Kuplan digunakan untuk mengisi ruang udara diantara transduser dan material uji agar suara dapat ditransmisikan ke dalam material uji dan tidak terpantulkan seluruhnya. Terdapat banyak jenis kuplan yang digunakan, salah satunya oli dan air, dimana keduanya memiliki impedansi akustik yang baik untuk digunakan sebagai kuplan, namun pada oli memiliki kekurangan pada kesulitan dalam pembersihannya dan air memiliki viskositas yang rendah sehingga sulit untuk melakukan pengujian vertikal dan overhead, namun air dapat dijadikan basis untuk membuat kuplan berbasis air. Metil selulosa digunakan sebagai bahan utama dan pengental, hal ini dikarenakan metil selulosa memiliki inhibitor yang baik dan juga merupakan inhibitor korosi yang baik, dan gelatin digunakan dikarenakan dapat meningkatkan kecepatan rambat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi Gelatin terhadap nilai transmitansi ultrasonik yang dihasilkan oleh masing-masing kuplan metil-selulosa berbasis air dengan berbagai variasi serta Menganalisis pengaruh konsentrasi Gelatin terhadap nilai gain yang dihasilkan pada pengujian ultrasonik dari masing-masing kuplan metil-selulosa berbasis air dengan berbagai variasi. Pada penelitian ini, metil selulosa dilarutkan dalam air pada magnetic stirrer dengan suhu 50°C, dan kecepatan 300RPM kemudian, gelatin diblooming dengan menaburkannya di atas mangkok yang berisi air yang kemudian dilarutkan pada larutan metil selulosa pada magnetic stirrer dengan suhu 50°C dan kecepatan 300 RPM selama 15 menit, dan kemudian didinginkan selama 60 menit. pada penelitian ini memvariasikan konsentrasi (wt%) metil selulosa:gelatin sebesar 4:0, 3,5:0,5, 3:1, 2,5:1,5, 2:2 dan dilakukan pengujian FTIR, Densitas, Cepat Rambat, Ultrasonik, dan perhitungan impedansi akustik dan koefisien transmisi. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi gelatin dapat memberikan pengaruh berupa peningkatan pada koefisien tranmistansinya dan penurunan nilai gain pada pengujian ultrasonik dengan variasi terbaik adalah variasi H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0% dengan nilai transmitansi sebesar 0,480 dan nilai gain sebesar 11,5 dB.*

**Kata Kunci:** Gelatin, Kuplan, Metil Selulosa, Ultrasonik

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# THE EFFECT OF GELATIN ON METHYL CELLULOSE/GELATIN AQUEOUS MIXTURE GEL ON ULTRASONIK TRANSMISSION AND GAIN FOR WATER-BASED COUPLANT APPLICATIONS

**Student Name / NRP** : Naufal Rais Nada / 02511840000047  
**Departement** : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS  
**Advisor** : 1. Dr. Eng. Hosta Ardhynanta, S.T., M.Sc.  
2. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si. PhD.

## Abstract

*Couplant used to fill air space between transducer and test material, so sound can be transmitted into the test material and all of them reflected. There are many type of couplants, some of them are oil and water, whereas the two of them have a good acoustic impedance that can be used between couplant, but oil is really difficult to clean and water have low viscosity so it's hard to do any test that need high viscosity, but water can be used to make a water-based couplant. Methyl cellulose was used as a main material and crosslinker, reasoning of this because methyl cellulose solution has a big acoustic impedance than water and oil, also it is a good corrosion inhibitor. Gelatin was used because it can be used to increase the ultrasound velocity. This research was done to analyze the effect of increasing the concentration of gelatin to ultrasonik transmittance that generated from each variation of methyl cellulose-gelatin water-based couplant and to analyze the effect of increasing the concentration of gelatin to gain that generated from ultrasonik testing from each variation of methyl cellulose-gelatin water-based couplant. In this research, methyl cellulose was dissolved into water with magnetic stirrer in 50°C and 300 RPM speed, and the gelatin was bloomed in a bowl, after that the bloomed gelatin was dissolved into methyl cellulose in 50°C and 300 RPM speed for about 15 min, and cooled for about 60 min. This research variates concentration (wt%) of methyl cellulose:gelatin 4:0, 3,5:0,5, 3:1, 2,5:1,5, 2:2 and will be tested with FTIR, Density, Sound Propagation, Ultrasonik testing, and calculation of impedance acoustic and transmittance. Result showed that increasing the concentration of gelatin can increase transmittance and decrease gain in ultrasonik testing with the best variation is H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0% with transmittance value of 0.480 and gain value of 11,5 dB.*

**Keywords:** Couplant, Gelatin, Methyl Cellulose, Ultrasonik

*(This page is intentionally blank)*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul, “PENGARUH GELATIN PADA GEL METIL SELULOSA/GELATIN *AQUEOUS MIXTURE* TERHADAP TRANSMITANSI DAN GAIN ULTRASONIK UNTUK APLIKASI KUPLAN BERBASIS AIR”. terselesaikannya laporan tugas akhir ini tidak luput dari dukungan, bantuan, motivasi serta partisipasi dari semua pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Hosta Ardhyananta S.T., M.Sc. dan Bapak Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan selama pelaksanaan tugas akhir hingga laporan selesai.
2. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M..Si., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi FT-IRS ITS
3. Bapak Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc., selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan arahan selama masa perkuliahan.
4. Bapak/Ibu Dosen yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada penulis
5. Orang tua, keluarga, dan teman kuliah penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak terkait.

Surabaya, 5 Juli  
2022 Penulis

Naufal Rais Nada

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>TITLE PAGE</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>2</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>2</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Non-Destructive Testing</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Pengujian Ultrasonik</b> .....	<b>3</b>
2.2.1 Metode Pulsa-Gema ( <i>Pulse-Echo Method</i> ) .....	<b>4</b>
2.2.2 Metode <i>Through Transmission</i> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Gelombang Suara</b> .....	<b>6</b>
2.3.1 Vibrasi Suara .....	<b>6</b>
2.3.2 Mode Propagasi .....	<b>7</b>
2.3.3 Kecepatan dan Panjang gelombang .....	<b>8</b>
2.3.4 Ultrasonik .....	<b>10</b>
2.3.5 Refleksi dan Transmisi .....	<b>10</b>
2.3.6 Refleksi dan refraksi .....	<b>13</b>
2.3.7 Atenuasi suara.....	<b>13</b>
2.3.8 Sistem Tampilan .....	<b>14</b>
<b>2.4 Kuplan</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 Metil Selulosa</b> .....	<b>16</b>
2.5.1 Gelasi Metil Selulosa.....	<b>17</b>
<b>2.6 Gelatin</b> .....	<b>18</b>
<b>2.7 Blok Kalibrasi V1</b> .....	<b>20</b>
<b>2.8 Penelitian Sebelumnya</b> .....	<b>21</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1 Diagram Alir</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	<b>24</b>
3.2.1 Alat .....	<b>24</b>
3.2.2 Bahan .....	<b>29</b>
<b>3.3 Prosedur Percobaan</b> .....	<b>31</b>
3.3.1 Preparasi Kuplan.....	<b>31</b>
<b>3.4 Pengujian Yang Dilakukan</b> .....	<b>31</b>
3.4.1 Uji FTIR .....	<b>31</b>
3.4.2 Uji Visual.....	<b>32</b>
3.4.3 Uji Densitas .....	<b>32</b>
3.4.4 Uji Cepat rambat.....	<b>33</b>
3.4.5 Uji Ultrasonik .....	<b>33</b>

3.5	Rancangan Penelitian .....	33
3.6	Jadwal Penelitian .....	34
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1	Analisis Hasil Pengujian FTIR Material Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H <sub>2</sub> O /MC/Gelatin) .....	35
4.2	Analisis Hasil Pengamatan Visual Material Kuplan Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin) .....	37
4.3	Analisis Hasil Pengujian Densitas Material Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin) .....	39
4.4	Analisis Hasil Pengujian Cepat Rambat Material Kuplan (H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin) .....	40
4.5	Analisis Hasil Perhitungan Impedansi Akustik dan Koefisien Transmisi Material Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin) .....	41
4.6	Analisis Hasil Pengujian Ultrasonik Material Kuplan Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin) .....	43
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran .....	47
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>51</b>
	<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>61</b>
	<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Prinsip metode pulsa-gema(Krautkrämer et al., 2013) .....	4
<b>Gambar 2. 2</b> Skema tampilan pada layar CR(Krautkrämer et al., 2013) .....	5
<b>Gambar 2. 3</b> Prinsip metode <i>through-transmission</i> (Krautkrämer et al., 2013) .....	5
<b>Gambar 2. 4</b> Alternatif penempatan probe(Krautkrämer et al., 2013).....	6
<b>Gambar 2. 5</b> Partikel yang dihubungkan dengan pegas(Krautkrämer et al., 2013) .....	6
<b>Gambar 2. 6</b> Gelombang kompresi/longitudinal (Krautkrämer et al., 2013).....	7
<b>Gambar 2. 7</b> Gelombang geser/transversal (Krautkrämer et al., 2013) .....	7
<b>Gambar 2. 8</b> Gelombang permukaan/rayleigh(Krautkrämer et al., 2013) .....	8
<b>Gambar 2. 9</b> Gelombang lamb/pelat simetris(Krautkrämer et al., 2013).....	8
<b>Gambar 2. 10</b> Gelombang lamb/pelat asimetris(Krautkrämer et al., 2013).....	8
<b>Gambar 2. 11</b> Transmisi dan pemntulan gelombang pada bidang(Kim et al., 2002) .....	12
<b>Gambar 2. 12</b> Refleksi dan refraksi pada antarmuka(Hull & John, 1988).....	13
<b>Gambar 2. 13.</b> Diagram pendeteksi cacat Ultrasonik(Hull & John, 1988) .....	14
<b>Gambar 2. 14</b> Parameter yang perlu dikonsiderasi dalam pemilihan kuplan(Shivamurthy B. et al., 2018) .....	16
<b>Gambar 2. 15</b> Struktur kimia metil selulosa(Rahmidar et al., 2018) .....	16
<b>Gambar 2. 16</b> Ilustrasi proses pembentuka gel pada metil selulosa di dalam larutan air (Joshi & Lam, 2006).....	18
<b>Gambar 2. 17</b> Proses gelasi pada gelatin (Phillips & Williams, 2020).....	19
<b>Gambar 2. 18</b> Proses gelasi pada gelatin dan <i>xanthan gum</i> dalam larutan air (Virgilio et al., 2018) .....	20
<b>Gambar 2. 19</b> Blok Kalibrasi(International Organization of Standard, 2012).....	21
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir .....	24
<b>Gambar 3. 2</b> Gelas Ukur .....	25
<b>Gambar 3. 3</b> Gelas Beaker .....	25
<b>Gambar 3. 4</b> Magnetic Stirrer .....	26
<b>Gambar 3. 5</b> Blok Kalibrasi V1 .....	26
<b>Gambar 3. 6</b> Botol.....	27
<b>Gambar 3. 7</b> Cawan Pteri .....	27
<b>Gambar 3. 8</b> Piknometer .....	28
<b>Gambar 3. 9</b> <i>Ultrasonik Thickness Gauge SIUI CTS 30B</i> .....	28
<b>Gambar 3. 10</b> Plexiglass.....	29
<b>Gambar 3. 11</b> <i>SIUI CTS-9005 Portable Ultrasonik Detector</i> .....	29
<b>Gambar 3. 12</b> Sertbuk metil selulosa .....	30
<b>Gambar 3. 13</b> Serbuk Gelatin.....	30
<b>Gambar 3. 14</b> Sonotech Ultragel II .....	30
<b>Gambar 3. 15</b> Alat Uji FTIR .....	32
<b>Gambar 4. 1</b> Spektrum inframerah H <sub>2</sub> O, Metil selulosa, Gelatin, Material kuplan H <sub>2</sub> O/MC 4%/Gelatin 0% dan H <sub>2</sub> O/MC 2%/Gelatin 2% .....	35
<b>Gambar 4. 2</b> Spektra inframerah Material Kuplan H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi.....	36
<b>Gambar 4. 3</b> Pengamatan visual fisik dari material kuplan dengan variasi A.) H <sub>2</sub> O/MC 4%/Gelatin 0% B.) H <sub>2</sub> O/MC 3,5%/Gelatin 0,5%; C.) H <sub>2</sub> O/MC 3%/Gelatin 1%; D.) H <sub>2</sub> O/MC 2,5%/Gelatin 1,5%; E.) H <sub>2</sub> O/MC 2%/Gelatin 2% .....	37
<b>Gambar 4. 4</b> Pengamatan visual kekentalan dari material kuplan pada posisi berdiri (90°)dengan variasi A.) H <sub>2</sub> O/MC 4%/Gelatin 0%; B.) H <sub>2</sub> O/MC	

	3,5%/Gelatin 0,5%; C.) H <sub>2</sub> O/MC 3%/Gelatin 1%; D.) H <sub>2</sub> O/MC 2,5%/Gelatin 1,5%; E.) H <sub>2</sub> O/MC 2%/Gelatin 2% .....	38
<b>Gambar 4. 5</b>	Grafik hasil pengujian densitas Material Kuplan H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi .....	40
<b>Gambar 4. 6</b>	Grafik hasil pengujian cepat rambat Material Kuplan H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi.....	41
<b>Gambar 4. 7</b>	Grafik hasil perhitungan A.) Impedansi akustik B.) Koefisien transmisi pada material kuplan air/Metil Selulosa/Gelatin (H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin).....	42
<b>Gambar 4. 8</b>	Skema Pengujian Ultrasonik .....	43
<b>Gambar 4. 9</b>	Hasil pengujian ultrasonik dari material kuplan dengan variasi A.) H <sub>2</sub> O/MC 4,0%/Gelatin 0,0%; B.) H <sub>2</sub> O/MC 3,5%/Gelatin 0,5%; C.) H <sub>2</sub> O/MC 3,0%/Gelatin 1,0%; D.) H <sub>2</sub> O/MC 2,5%/Gelatin 1,5%; E.) H <sub>2</sub> O/MC 2,0%/Gelatin 2,0%; F.) Kuplan komersil Sonotech Ultragel II.....	44
<b>Gambar 4. 10</b>	Grafik hasil pengujian ultrasonik material H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin .....	45



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Kecepatan dari gelombang suara longitudinal(Hull & John, 1988) .....	9
<b>Tabel 2. 2</b> Panjang gelombang suara (gelombang kompresi) di beberapa material(Hull & John, 1988) .....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Impedansi akustik di beberapa media(Hull & John, 1988) .....	11
<b>Tabel 2. 4</b> Komposisi Baja S355J0(Seitl et al., 2018) .....	20
<b>Tabel 2. 5</b> Penelitian Sebelumnya.....	21
<b>Tabel 3. 1</b> Rancangan Penelitian.....	33
<b>Tabel 3. 2</b> Rencana Kegiatan Penelitian .....	34
<b>Tabel 4. 1</b> Densitas Material Kuplan H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi .....	39
<b>Tabel 4. 2</b> Cepat Rambat Material Kuplan H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi .....	40
<b>Tabel 4. 3</b> Nilai Impedansi Akustik dan Koefisien Transmisi Material Kuplan H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi .....	42
<b>Tabel 4. 4</b> Gain Material kuplan H <sub>2</sub> O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi, dan kuplan komersil .....	45

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Setiap material yang telah melalui proses produksi, menjadi sebuah produk, produk tersebut perlu melewati tahap pengecekan terakhir yang di mana diperlukan untuk memastikan bahwa produk tersebut aman untuk digunakan. Tidak hanya dengan produk yang baru selesai melewati proses produksi, produk yang telah mengalami operasi dan service-pun perlu sesekali dilakukan inspeksi untuk melihat apakah produk tersebut masih layak untuk digunakan, atau diperlukan pergantian komponen, ataupun pergantian produk dikarenakan produk tersebut sudah tidak layak pakai.

Inspeksi ini dapat dilakukan dengan melakukan pengujian, yang terdiri dari pengujian merusak (*Destructive Testing*) dan tidak merusak (*Non-Destructive Testing*). Pada pengujian merusak, menggunakan beban mekanik untuk mendapatkan hasil pengujian dan diperlukan untuk merusak dari Sebagian material yang perlu diuji, sehingga pengujian destruktif lebih cocok untuk digunakan untuk melihat sifat material. Sedangkan pada pengujian tidak destruktif, pengujian dilakukan dengan tidak merusak bahan uji, biasanya menggunakan beberapa aspek seperti cairan, suara, atau listik. Pengujian tidak merusak ini cocok untuk digunakan pada alat yang masih dapat digunakan, atau hanya terdapat kerusakan pada salah satu komponen kecilnya. Salah satu pengujian tidak merusak yaitu pengujian menggunakan ultrasonik, di mana pengujian ini menggunakan suara ultrasonik yang dipantulkan untuk menemukan cacat.

Pada alat ultrasonik, terdapat bagian yang bernama transduser yang dimana merupakan sebagai pengirim, dan penerima suara. Pada pengaplikasiannya, apabila terdapat celah udara, walaupun kecil, dapat memberikan masalah pada sifat pemantulannya, dimana suara akan terpantul 100% dan kembali ke transduser tanpa meneruskannya ke dalam material uji. Untuk menyelesaikan masalah ini, diperlukan sebuah cara untuk tidak menggunakan udara sebagai medium yang juga memiliki impedansi akustik yang sesuai dengan transduser kepada metal. Medium ini juga harus dapat membiarkan transduser untuk dapat meninjau seluruh permukaan metal sehingga harus berwujud larutan, minyak, atau pasta. Zat ini dinamakan kuplan. Terdapat beberapa syarat yang dibutuhkan dalam membuat kuplan, seperti seberapa besar impedansi akustiknya, inhibitor korosinya, seberapa mudah dibersihkan, waktu pengeringan, viskositasnya, dan lain sebagainya.

Terdapat banyak jenis kuplan yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian ultrasonik, seperti oli dan air. Oli memiliki viskositas yang baik untuk melakukan pengujian pada permukaan yang kasar, ataupun pengujian vertikal maupun overhead, namun oli sangat susah untuk dibersihkan, diperlukan sabun untuk membersihkannya. Air juga memiliki impedansi akustik yang tinggi sehingga dapat menjadi kuplan yang baik, namun selain dapat menyebabkan korosi, air juga memiliki viskositas yang rendah yang dimana tidak dapat digunakan untuk melakukan pengujian vertical dan overhead, namun air dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat kuplan water-based

Pada penelitian ini, digunakan Metil selulosa sebagai bahan utama dan pengental, serta gelatin sebagai agen yang menambahkan impedansi akustik, hal ini dikarenakan metil selulosa memiliki kemampuan inhibitor korosi yang baik (Eid et al., 2015). Metil selulosa juga dapat berfungsi sebagai pengental. Serta metil selulosa juga bersifat ramah lingkungan dan juga biasa digunakan sebagai bahan makanan (Harfmann et al., 2007; Rimdusit et al., 2008). Kemudian gelatin memiliki kemampuan untuk meningkatkan kecepatan suara berdasarkan riset yang dilakukan oleh Parker pada tahun 2012 (Parker & Povey, 2012).

Terdapat beberapa riset yang pernah dilakukan mengenai kuplan water-based terlebih pada metil selulosa dan gelatin, seperti pada Shivamurthy B. di tahun 2017 yang melakukan

riset mengenai kuplan water-based menggunakan 250 mL air, dan melakukan variasi pada konsentrasi metil selulosa sebesar 0, 10, 20, 30, 40, 50 gram, di mana menghasilkan kesimpulan di mana kuplan dengan 250 ml air dan 10 g metil selulosa memiliki hasil yang baik pada gain dan transmitansinya, serta amplitude dari back-wall echo yang diamati sebesar 90% dari layar(Shivamurthy B. et al., 2018).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Young, didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa, dengan meningkatnya nilai impedansi akustik beriringan dengan meningkatnya koefisien transmisi, namun gain yang dihasilkan berbanding terbalik(Kim et al., 2002). Sehingga pada penelitian ini dihasilkan larutan metil selulosa-gelatin yang digunakan sebagai kuplan, dan diharapkan dapat meningkatkan nilai impedansi akustik dari kuplan yang akan berpengaruh pada nilai transmitansi ultrasonik dan gain yang dihasilkan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang dianalisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi Gelatin terhadap nilai transmitansi ultrasonik yang dihasilkan oleh masing-masing kuplan metil-selulosa berbasis air dengan berbagai variasi
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi Gelatin terhadap nilai gain yang dihasilkan pada pengujian ultrasonik masing-masing kuplan metil-selulosa berbasis air dengan berbagai variasi

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil proses pencampuran dianggap homogen
2. Gelatin yang digunakan dianggap tidak ada pengotor
3. Metil Selulosa yang digunakan dianggap tidak ada pengotor
4. Suhu ruangan dianggap konstan
5. Kecepatan pengadukan dianggap konstan

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis pengaruh konsentrasi Gelatin terhadap nilai transmitansi ultrasonik yang dihasilkan oleh masing-masing kuplan metil-selulosa berbasis air dengan berbagai variasi.
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi Gelatin terhadap nilai gain yang dihasilkan pada pengujian ultrasonik dari masing-masing kuplan metil-selulosa berbasis air dengan berbagai variasi.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat menjadi rujukan penelitian-penelitian selanjutnya mengenai fenomena pembuatan kuplan berbasis metil selulosa dan gelatin sehingga metil selulosa dapat digunakan secara optimal pada aplikasi uji ultrasonik

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 *Non-Destructive Testing***

*Non-Destructive Testing* atau pengujian tanpa merusak. Merupakan sebuah pemeriksaan, pengujian, dan evaluasi yang dilakukan pada segala jenis objek pengujian tanpa mengubah objek tersebut dengan cara apapun, tujuannya sendiri adalah untuk mengetahui keberadaan daripada diskontinuitas yang mungkin memiliki efek dari kegunaan atau kemampuan *service* pada objek tersebut. Pengujian tanpa merusak juga dapat dilakukan untuk mengukur karakteristik objek uji lainnya, seperti dimensi, konfigurasi, atau struktur, termasuk kandungan paduan, kekerasan, ukuran butir, dan lain sebagainya (Hellier, 2020).

Pada dunia industri, Pengujian dapat merusak biasanya digunakan untuk:

1. Pemeriksaan dari material mentah sebelum di proses
2. Evaluasi dari material selama diproses, sebagai bagian dari control proses
3. Pemeriksaan produk yang telah jadi
4. Evaluasi dari produk dan struktur setelah mereka melakukan servis (Hellier, 2020)

Terdapat beberapa metode untuk pengujian tanpa merusak dengan prinsip yang berbeda, Adapun metode tersebut antara lain

1. *Visual Testing* (VT), pengujian visual menggunakan refleksi cahaya, atau cahaya yang dikirimkan dari objek uji yang dicitrakan menggunakan mata manusia, atau alat pencitraan lain
2. *Penetrant Testing* (PT), pengujian penetrasi, dengan cairan yang mengandung pewarna yang diberikan kepada permukaan dan memasuki diskontinuitas dengan aksi kapiler
3. *Magnetic Particle Testing* (MT), objek uji dimagnetisasi dan partikel ferromagnetik diberikan ke permukaan dan akan sejajar dengan diskontinuitasnya
4. *Radiographic Testing* (RT), film radiografi di paparkan saat terdapat radiasi yang melewati objek uji, diskontinuitas mempengaruhi paparan
5. *Ultrasonic Testing* (UT), Pulsa suara dengan frekuensi tinggi dari transduser di sebarakan menuju material uji, dan akan terpantul pada antarmuka
6. *Eddy Current Test* (ET), Medan listrik terlokalisasi diinduksikan menuju specimen uji konduktif dengan induksi elektromagnetik
7. *Thermal Infrared Testing* (TIR), Variasi temperature pada permukaan objek uji, diukur atau dideteksi menggunakan sensor termal, instrument pendeteksi, atau kamera
8. *Acoustic Emission Testing* (AE), saat diskontinuitas menyebar, energi dilepaskan dan bergerak sebagai gelombang stress menuju material, dan dideteksi menggunakan sensor (Hellier, 2020)

### **2.2 *Pengujian Ultrasonik***

Pengujian ultrasonik merupakan salah satu dari pengujian tidak merusak. Prinsip dari pengujian ini adalah dengan menggunakan gelombang suara yang akan bergerak ke dalam material dengan kehilangan energi selama bergerak (atenuasi) yang nantinya akan terpantulkan pada antarmuka. Pantulan suara ini ditampilkan pada layar dan dianalisis untuk menemukan keberadaan cacat atau diskontinuitas (ASM International., 1992).

Sebagian besar alat inspeksi ultrasonik mendeteksi cacat, adalah dengan memonitor beberapa hal

1. Pantulan suara pada antarmuka yang terdiri dari batas pada material, atau diskontinuitas itu sendiri

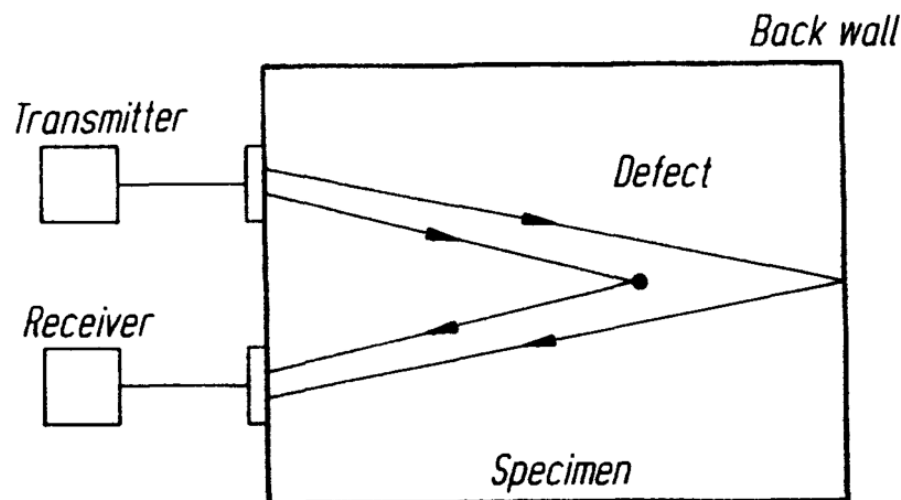
2. Lama waktu gelombang suara bergerak pada material uji dari titik masuk pada transduser, hingga titik keluar pada transduser
3. Atenuasi gelombang suara dari penyerapan dan penyebaran pada material uji
4. Fitur pada respon spectral baik pada sinyal yang dikirimkan atau dipantulkan.

Sebagian besar inspeksi ultrasonik dilakukan dengan menggunakan frekuensi diantara 0.1 hingga 25 MHz, di atas kemampuan pendengaran manusia yang berada di antara 10 Hz hingga 20 kHz. Gelombang ultrasonik adalah vibrasi mekanik, vibrasi amplitudo pada bagian metal yang diinspeksi dengan ultrasonik memberikan tegangan dibawah batas elastis, sehingga tidak memberikan efek permanen pada komponen(ASM International., 1992).

Metode Ultrasonik digunakan secara luas untuk mendeteksi cacat didalam material, namun metode ini juga dapat untuk mendeteksi retak kecil pada permukaan. Ultrasonik juga digunakan untuk inspeksi *quality control* pada bagian metal yang telah diproses, seperti *rolled slab* dan juga untuk inspeksi komponen yang sudah jadi. Metode ini juga banyak digunakan pada pengujian *in-service* pada *part* dan *assembly*(Hull & John, 1988).

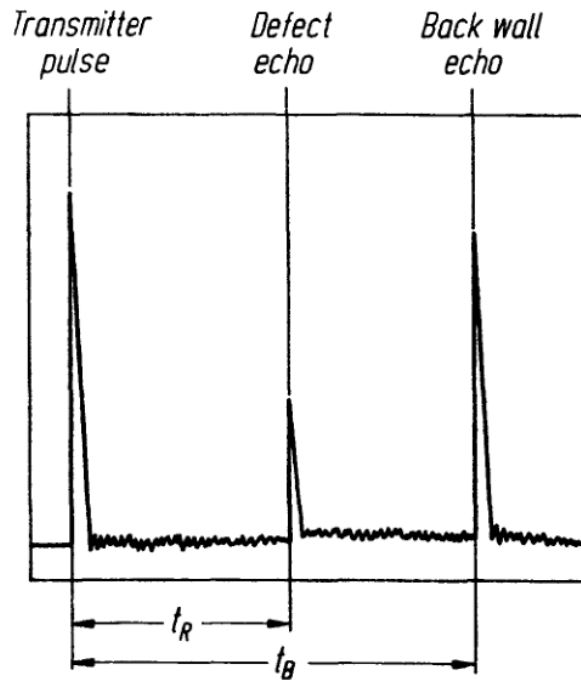
### 2.2.1 Metode Pulsa-Gema (*Pulse-Echo Method*)

Pada Metode Pulsa-gema, gelombang pulsa ultrasonik yang biasanya dalam bentuk osilasi yang teredam, diciptakan oleh probe dan dirambatkan ke dalam spesimen dengan kecepatan ultrasonik sesuai dengan material uji. Sebagian dari suara ultrasonik akan di pantulkan seperti membentur penghalang dalam bentuk ketidakhomogenan, dan apabila tidak begitu besar, sisa dari suara ultrasonik akan bergerak menuju batas belakang specimen dan akan memantul Kembali menuju penerima(Krautkrämer et al., 2013). Ilustrasi metode pulsa-gema ditunjukkan pada **Gambar 2.1**



**Gambar 2. 1** Prinsip metode pulsa-gema(Krautkrämer et al., 2013)

Sinyal yang diterima oleh penerima ditampilkan sebagai puncak dari garis dasar dari tabung CR yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2**

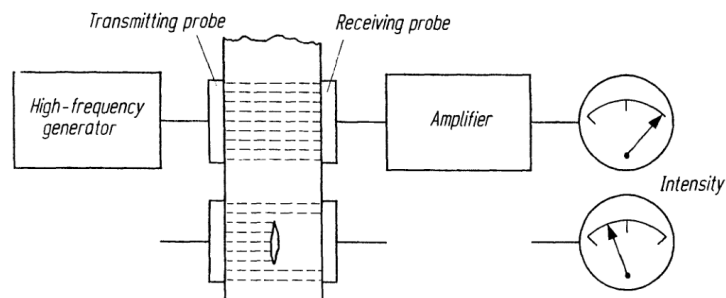


**Gambar 2. 2** Skema tampilan pada layar CR(Krautkrämer et al., 2013)

Garis horizontal proporsi terhadap waktu, sehingga waktu lintasan pada pulsa menuju dan dari reflektor, dan menuju dan dari *back wall*, sesuai dengan masing-masing jarak pada layar dari puncak menuju puncak gema yang sesuai dengan reflektor dan *back wall* (Krautkrämer et al., 2013).

### 2.2.2 Metode *Through Transmission*

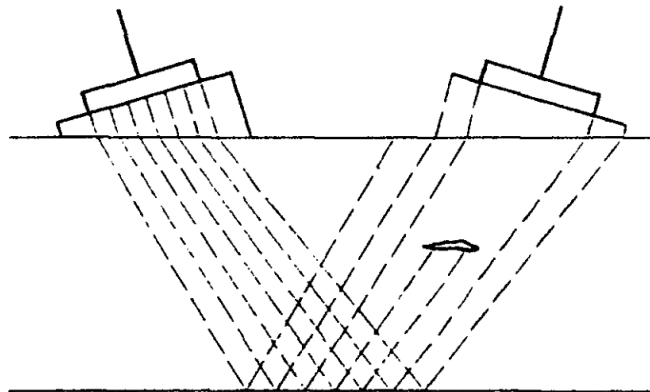
Metode ini juga dikenal dengan nama metode *intensity-measurement* atau *Shadow* (Bayangan). Seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.3, Pada metode ini, bayangan dari diskontinuitas yang diperjelas oleh gelombang ultrasonik. Mengurangi intensitas dari gelombang yang diterima oleh probe kedua dalam kondisi tertentu(Krautkrämer et al., 2013) prinsip metode bayangan diilustrasikan pada **Gambar 2.3**



**Gambar 2. 3** Prinsip metode *through-transmission*(Krautkrämer et al., 2013)

Nama lain dari metode bayangan, metode *through-transmission* muncul dikarenakan pada pengujinya terdapat dua probe yang diposisikan berhadap-hadapan dengan satu probe berada di salah satu sisi pada spesimen, dan probe lainnya berada di sisi yang berlawanan. Namun, hal tersebut tidak selalu terjadi, pada **Gambar 2.4** Diberikan alternatif penempatan

probe pada metode ini, dimana suara di pantulkan sebelum dipengaruhi oleh cacat (Krautkrämer et al., 2013). Ilustrasi penempatan probe ditunjukkan pada **Gambar 2.4**



**Gambar 2.4** Alternatif penempatan probe (Krautkrämer et al., 2013)

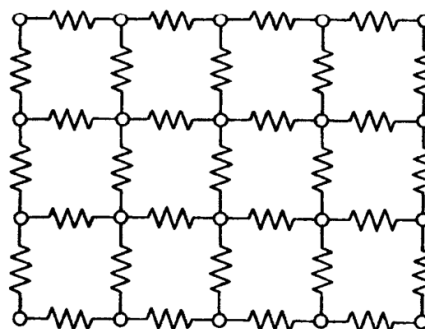
### 2.3 Gelombang Suara

Gelombang suara merupakan gelombang elastis yang dapat di transmisikan baik pada media cairan dan padat. Frekuensi yang dapat manusia dengar adalah sekitar 20 Hz hingga 20 kHz, namun sangat mungkin untuk membuat gelombang elastis yang memiliki sifat yang sama dengan suara pada frekuensi hingga 500 MHz. Gelombang elastis dengan frekuensi lebih tinggi dari yang dapat didengar disebut dengan ultrasonik. Gelombang yang digunakan untuk inspeksi tidak merusak pada material biasanya pada frekuensi 0.5 MHz hingga 20 MHz (Hull & John, 1988).

#### 2.3.1 Vibrasi Suara

Vibrasi merupakan contoh dari gerak periodik, di mana istilah tersebut digunakan pada tubuh atau partikel yang mengalami perubahan yang berulang terhadap waktu (Hellier, 2020).

Gelombang suara pada padatan, cairan, maupun gas, bagian yang bergetar adalah pada partikelnya, dan gaya pemulih adalah ikatan elastis yang menahan zat tersebut Bersama-sama. Partikel-partikel tersebut dapat dibayangkan dihubungkan dengan pegas. Saat satu partikel bergerak ke partikel tetangganya, pegas tersebut akan terjepit dan cenderung untuk mendorong partikel tersebut Kembali ke posisi awal. Sama halnya apabila partikel tersebut menjauh dari tetangganya, maka pegas tersebut akan meregang dan menarik partikel tersebut ketempat asalnya (Hellier, 2020). Hal ini diilustrasikan pada **Gambar 2.5**



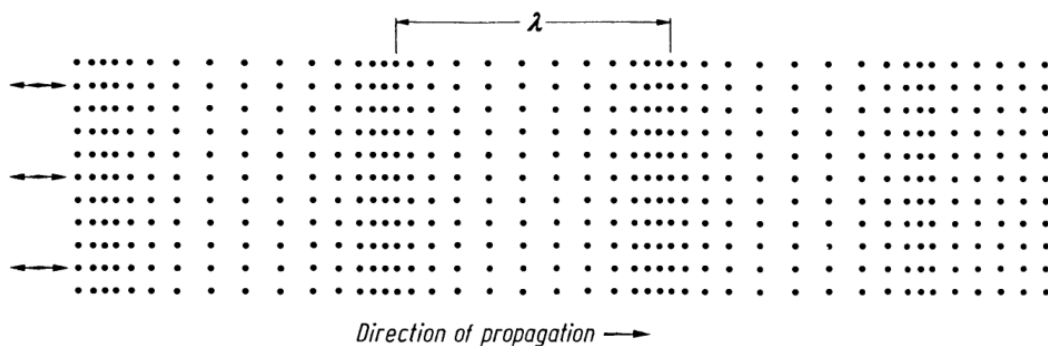
**Gambar 2.5** Partikel yang dihubungkan dengan pegas (Krautkrämer et al., 2013)



Suara yang dapat didengar, merupakan mode vibrasi yang dinamakan gelombang kompresi. Di mana gelombang tersebut bergerak dari sumber oleh aksi dorongan atau arikan dari satu partikel, ke partikel lainnya. Setiap partikel bergetar pada frekuensi dari suara, berosilasi untuk dan dari jarak yang dimana merupakan amplitude atau kekerasan dari suara. Saat setiap partikel berosilasi, partikel tersebut mendorong pegas ke partikel tetangganya dan partikel tetangga tersebut, mulai berosilasi. Selama osilasi berpindah dari satu partikel ke partikel lainnya dan seterusnya, gelombang suara mengalami perpindahan atau merambat pada material(Hellier, 2020).

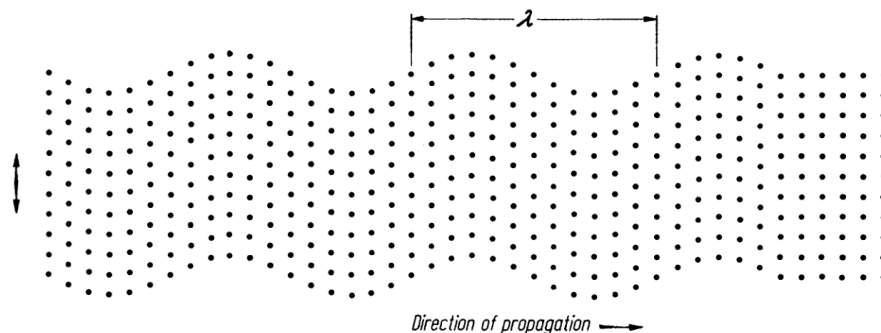
### 2.3.2 Mode Propagasi

Jenis atau mode perambatan suara gelombang kompresi terdapat pada padatan, cairan, maupun gas. Namun, terdapat mode lain dari vibrasi, namun hanya terdapat pada padatan. Variasi dari perambatan suara biasanya dideskripsikan menggunakan arah partikel bergerak dan dihubungkan dengan arah gelombang suara bergerak. Gelombang kompresi (*Compression/Longitudinal Wave*) dapat didefinisikan sebagai gelombang yang dimana partikel bergerak dalam bidang yang sama dengan arah perambatan(Hellier, 2020). **Gambar 2.6** Adalah ilustrasi dari gelombang kompresi



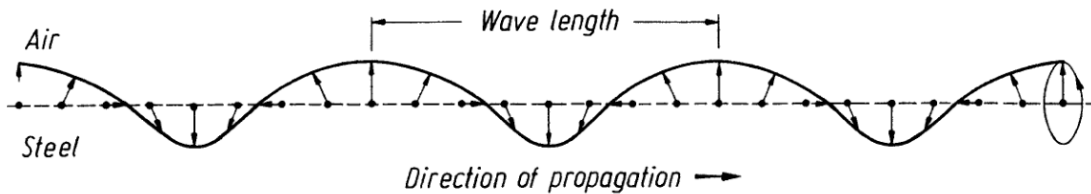
**Gambar 2. 6** Gelombang kompresi/longitudinal (Krautkrämer et al., 2013)

Pada padatan, tidak seperti cairan dan gas, juga memiliki kekauan yang dinamakan ketahanan terhadap beban geser. Nama dari ketahanan pada beban geser pada solid, dinamakan modulus kekakuan, dan hal ini dapat membuat suara untuk merambat dengan cara yang berbeda pada kondisi tertentu. Mode perambatan ini disebut dengan gelombang geser (*Shear/Transverse Wave*) dan di definisikan sebagai gelombang yang di mana partikelnya bergerak tegak lurus dengan arah perambatan(Hellier, 2020). **Gambar 2.7** Adalah ilustrasi dari gelombang geser/transversal.



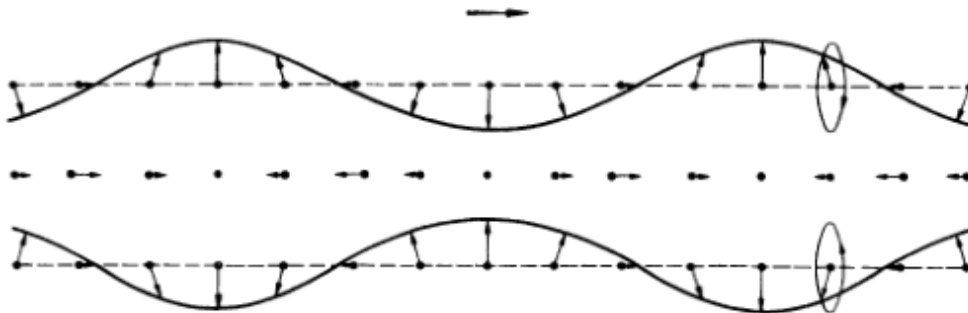
**Gambar 2. 7** Gelombang geser/transversal (Krautkrämer et al., 2013)

Apabila gelombang geser diatur hanya untuk bergerak di sepanjang permukaan dari padatan, maka gelombang tersebut akan berganti mode, yang di mana mengikut gerak partikel di sepanjang garis yang khusus. Garis yang mengikuti gelombang ini di namakan dengan gelombang permukaan (*Surface/Rayleigh Wave*), dan didefinisikan sebagai gelombang yang di mana partikelnya bergerak dengan berbentuk elips, dimana sumbu major dari elips tegak lurus dengan arah perambatan (Hellier, 2020). **Gambar 2.8** Adalah ilustrasi dari gelombang permukaan/rayleigh

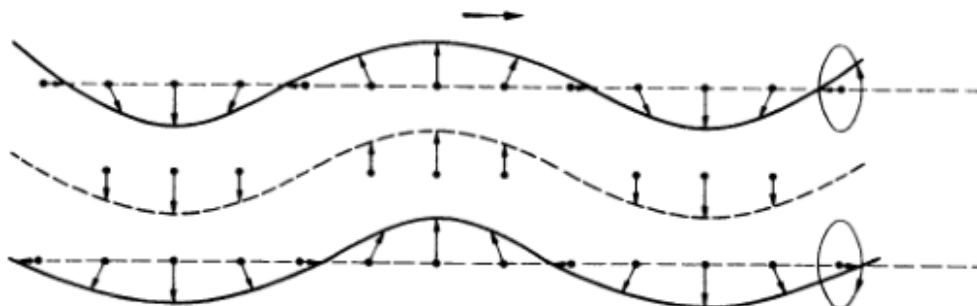


**Gambar 2.8** Gelombang permukaan/rayleigh (Krautkrämer et al., 2013)

Gelombang lamb (*Lamb/Plate Wave*), merupakan gelombang yang seperti gelombang permukaan, di mana perambannya parallel dengan permukaan uji dan memiliki gerak partikel yang berbentuk elips. Gelombang lam terjadi saat ketebalan material uji hanya berbeda sedikit dengan Panjang gelombang pada frekuensi uji dan saat bagian dari material uji tersebut memiliki ketebalan yang sama. Dengan kata lain, gelombang lamb bisa terdapat pada pelat, tabung, dan kabel atau kawat (Hellier, 2020). **Gambar 2.9** dan **Gambar 2.10** Adalah ilustrasi dari gelombang lamb/pelat simetris dan asimetris.



**Gambar 2.9** Gelombang lamb/pelat simetris (Krautkrämer et al., 2013)



**Gambar 2.10** Gelombang lamb/pelat asimetris (Krautkrämer et al., 2013)

### 2.3.3 Kecepatan dan Panjang gelombang

Pada cairan, gelombang suara merupakan jenis kompresi longitudinal, yang dimana, perpindahan partikel berada pada arah perambatan gelombang, namun pada padat, gelombang

suaranya merupakan gelombang geser, yang di mana perpindahan partikel sesuai dengan arah gelombang tersebut bergerak, dan gelombang pada permukaan elastis juga dapat terjadi. Dimana hal ini disebut sebagai gelombang Rayleigh(Hull & John, 1988).

Kecepatan kompresi gelombang longitudinal,  $V_c$  pada carian dapat menggunakan Persamaan (2.1)

$$V_c = \left(\frac{K_a}{\rho}\right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana,  $K_a$  merupakan volume elastisitas adiabatic dan  $\rho$  merupakan densitas(Hull & John, 1988). Pada padatan, kecepatan dari kompresi gelombang menggunakan Persamaan (2.2):

$$V_c = \left(\frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)\rho}\right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.2)$$

di mana  $E$  merupakan modulus elastisitas dan  $\nu$  merupakan *poisson's ratio*(Hull & John, 1988). Kecepatan dari gelombang longitudinal pada beberapa media diberikan pada **Tabel 2.1**

**Tabel 2. 1** Kecepatan dari gelombang suara longitudinal(Hull & John, 1988)

Media	Kecepatan $V_c$ (m/s)
Udara (1 atm, 15°C)	330
Air	1430
Oli	1740
Alumunium	6190
Tembaga	4600
Magnesium	4770
Baja	5810
Perspeks	2730
Polietilen (PE)	2340

Kecepatan gelombang geser,  $V_s$  pada padatan kurang lebih setengah dari kecepatan gelombang longitudinal dan menggunakan persamaan (2.3):

$$V_s = \left(\frac{G}{\rho}\right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana  $G$  merupakan modulus kekakuan dari material(Hull & John, 1988).

Kecepatan dari gelombang Rayleigh  $V_r$  dalam padatan adalah sekitar 90 persen dari gelombang geser yang menggunakan persamaan (2.4):

$$\frac{V_r}{V_s} = \frac{0.87+1.12\nu}{(1+\nu)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Panjang gelombang,  $\lambda$ , memiliki hubungan dengan frekuensi dan kecepatan gelombang di mana  $V = \lambda f$ , di mana  $f$  merupakan frekuensi. Sama seperti gelombang yang lain, gelombang suara hanya dapat di pantulkan secara efektif oleh objek yang memiliki dimensi sama dengan atau lebih dari Panjang gelombang radiasi. Dapat di lihat pada **Tabel 2.2** yang berisikan data Panjang gelombang suara dari beberapa material dengan beberapa frekuensi, di mana sinar ultrasonik pada frekuensi 10 MHz dapat mendeteksi cacat pada baja yang memiliki ukuran lebih dari 0.58mm, namun cacat yang lebih dari 4.65mm yang dapat di observasi apabila

menggunakan frekuensi sebesar 1.25 MHz(Hull & John, 1988). **Tabel 2.2** menunjukkan Panjang gelombang suara pada beberapa material

**Tabel 2. 2** Panjang gelombang suara (gelombang kompresi) di beberapa material(Hull & John, 1988)

Material	$\lambda$ (mm) untuk frekuensi (MHz) dari			
	1.25	2.5	5.0	10.0
Udara	0.26	0.13	0.066	0.033
Air	1.14	0.57	0.286	0.143
Oli	1.39	0.70	0.35	0.175
Aluminium	4.95	2.48	1.24	0.62
Tembaga	3.68	1.84	0.92	0.46
Magnesium	4.62	2.31	1.16	0.58
Baja	4.65	2.32	1.16	0.58
Perspeks	2.18	1.09	0.55	-
Polietilen	1.87	0.94	0.47	-

#### 2.3.4 Ultrasonik

Sebuah kristalin dari material akan menghasilkan efek piezo-elektrik yang dimana kristal tersebut akan melebar atau meregang, apabila sebuah voltase diberikan sepanjang permukaan kristal. Sebaliknya, sebuah medan listrik akan terbentuk dalam suatu kristal, apabila dikenakan regangan mekanik, dan voltase yang dihasilkan akan proporsi dengan jumlah regangan. Material piezo-elektrik menjadi basis dari transduser elektro-mekanik. Saat tegangan alternatif diberikan sepanjang kedalaman dari sebuah piringan material piezo-elektrik, cakram tersebut akan berkontraksi dan melebar, yang di mana akan menghasilkan gelombang kompresi normal ke cakram di media sekitarnya(Hull & John, 1988).

Generasi gelombang yang paling efisien adalah saat kristal transduser bergetar pada frekuensi natural yang ditentukan dimensi dan konstanta elastis dari material yang digunakan. Sehingga sebuah kristal dengan frekuensi 10 MHz akan lebih tipis daripada kristas dengna frekuensi 5MHz. Sebuah tranduser untuk mengenerasikan suara juga dapat mendeteksi suara. Sebuah gelombang suara akan membuat kristal untuk bergetar, yang menghasilkan arus bolak-balik sepanjang permukaan kristal. Dalam beberapa Teknik pengujian ultrasonik menggunakan dua tranduser di mana salah satu trandusernya berfungsi sebagai yang mengirimkan sinar ultrasonik dan transduser yang lain berfungsi sebagai penerima, namun dalam kebanyakan kasus hanya dibutuhkan satu transduser, yang di mana tranduser ini berfungsi sebagai pengirim dan juga penerima. Suara ultrasonik dikirimkan sebagai serangkain pulsa dengan durasi yang pendek, dan dalam interval diantara pengiriman, kristal dapat mendeteksi dan memantulkan sinyalnya(Hull & John, 1988).

#### 2.3.5 Refleksi dan Transmisi

Terdapat Batasan untuk suara merambat pada antarmuka antara dua media dengan memiliki sifat elastis yang berbeda. Disaat, sinar kompresi gelombang suara longitudinal menyentuh perbatasan antara kedua media, Sebagian dari gelombang tersebut akan terpantulkan kepada

antarmukanya, dan Sebagian lagi akan diteruskan ke seluruh antar muka. Pada umumnya, gelombang yang dikirimkan diteruskan ke seluruh antarmuka merupakan gelombang kompresi, di mana koefisien pemantulan, R, dan koefisien pengiriman, T, dapat ditentukan dari impedansi akustik  $Z_1$  dan  $Z_2$ , dari kontak antara kedua media (Hull & John, 1988). Impedansi akustik, Z, dari material menggunakan persamaan (2.5):

$$Z = \rho V_c \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana  $\rho$  adalah densitas dari material, dan  $V_c$  adalah kecepatan dari kompresi gelombang pada suatu media(Hull & John, 1988).

Koefisien pemantulan, R, untuk gelombang suara yang bergerak melalui media 1 pada antarmuka antara media 1 dan media 2, menggunakan persamaan (2.6):

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{\rho_2 V_{c2} - \rho_1 V_{c1}}{\rho_2 V_{c2} + \rho_1 V_{c1}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Sedangkan koefisien pengiriman, T, menggunakan persamaan 2.7

$$T = \frac{2Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{2\rho_1 V_{c1}}{\rho_2 V_{c2} + \rho_1 V_{c1}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Impedansi akustik pada beberapa media diberikan pada **Tabel 2.3** di bawah(Hull & John, 1988):

**Tabel 2. 3** Impedansi akustik di beberapa media(Hull & John, 1988)

Media	Impedansi Akustik (MPa s/m)
Udara	$4.04 \times 10^{-4}$
Air	1.43
Oli	1.58
Alumunium	16.77
Tembaga	41.08
Magnesium	10.04
Baja	45.72
Perspex	3.22
Polietilen	2.16

Adapun untuk menghitung persentase energi yang direfleksikan pada antarmuka diantara dua material dapat menggunakan persamaan (2.8):

$$\text{Energi yang dipantulkan} = \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

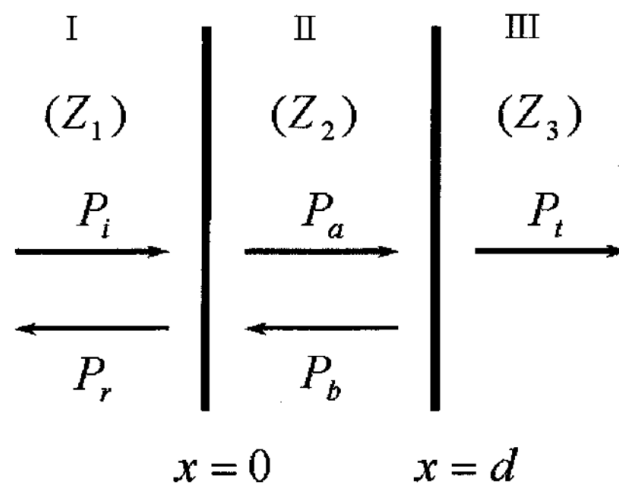
Di mana  $Z_1$  dan  $Z_2$  adalah impednasi akustik material dari kedua sisi antarmuka(Hellier, 2020)

Pemantulan suara pada antarmuka udara dan metal adalah 100% dari frekuensi yang biasanya digunakan pada pengujian ultrasonik, sehingga suara tidak dapat dikiriminkan dengan mudah menuju metal hanya dengan celah udara. Saat cairan seperti air atau oli digunakan sebagai agen kopling diantara kristal transduser dan metal, koefisien pemantulannya dapat dikurang, Sebagai contoh, sekitar 94% pemantulan terjadi pada antara muka oli dan metal, dengan kata lain, terdapat 6% dari energi suara yang diteruskan ke seluruh antarmuka(Hull & John, 1988).

Dalam pengujian ultrasonik kontak, dapat menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7) yang biasanya digunakan untuk mendapatkan intensitas pemantulan dan koefisien transmisi, diantara transduser dan material uji. Namun dikarenakan lapisan tipis dapat terbentuk saat menggunakan kuplan seperti pada **Gambar 2.11**, gelombang ultrasonik yang masuk ke dalam antarmuka melalui media 1, akan membuat gelombang pemantulan dan transmisi menuju lapisan, kemudian gelombang transmisi tersebut akan dipantulkan kembali dan ditransmisikan ke media 3 (Kim et al., 2002). Pada kasus ini koefisien transmisinya menggunakan persamaan (2.9):

$$T = \frac{4}{2 + \left(\frac{Z_3 + Z_1}{Z_1 Z_3}\right) \cos^2 k_2 d + \left(\frac{Z_3^2}{Z_1 Z_3} + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2}\right) \sin^2 k_2 d} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana  $Z_1$ ,  $Z_2$ , dan  $Z_3$  adalah impedansi akustik dari ketiga media,  $K_2$  adalah bilangan gelombang pada lapisan, dan  $d$  adalah ketebalan lapisan.



**Gambar 2. 11** Transmisi dan pemntulan gelombang pada bidang(Kim et al., 2002)

Apabila ketebalan lapisan lebih kecil dibandingkan Panjang gelombang, maka  $k_2 d$  sehingga  $\cos^2 k_2 d \approx 1$ ,  $\sin^2 k_2 d \approx k_2 d$  dan apabila impedansi akustik pada lapisan lebih kecil daripada media 1 dan 3, maka  $Z_2 < Z_1, Z_3$ (Kim et al., 2002), maka persamaan (2.9) dapat disederhanakan menjadi persamaan (2.10):

$$T = \frac{4}{A + B \left(\frac{k_2 d}{Z_2}\right)^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana A dan B ada konstanta yang didapat dari rumus (2.11) dan (2.12)

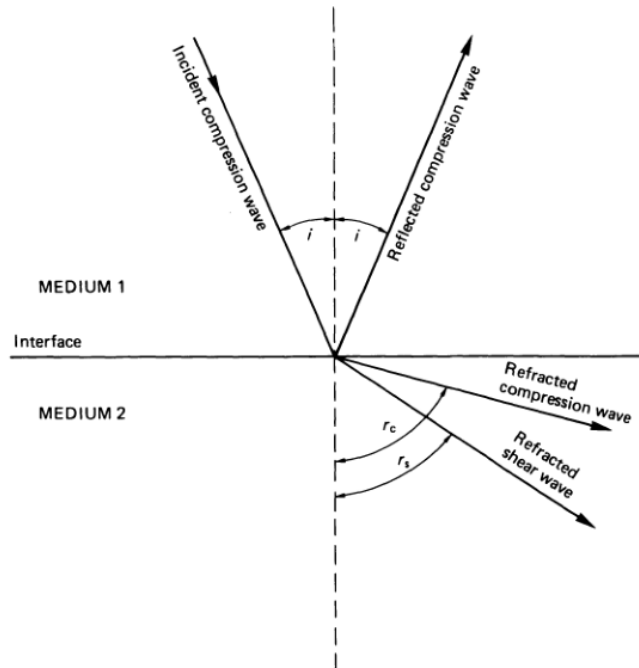
$$A = \frac{2Z_1 Z_3 + Z_1^2 + Z_3^2}{Z_1 Z_3} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$B = Z_1 Z_3 \dots\dots\dots(2.12)$$

Efisiensi dari pengirimimn dapat meningkat apabila ketebalan dari kuplan cair antara tranduser dan metal hanya fraksi yang sangat kecil dari Panjang gelombang dari suara di dalam media. Sebagai contoh, sebuah faktor pengiriman mungkin mendekati nilai teoritis sebesar 13% pada kasus probe kristal berbentuk Perspex yang digunakan bersamaan dengan komponen baja apabila ketebalan dari film kuplan yang digunakan kecil. Namun, faktor pengiriman dapat berbeda dari ketebalan film, kecuali tekanan yang stabil dpat di pertahankan antara transduser dan permukaan metal, intensitas dari sinar ultrasonik memasuki metal mungkin dapat mengalami fluktuasi yang cukup besar(Hull & John, 1988).

### 2.3.6 Refleksi dan refraksi

Saat suara pada sudut yang tidak biasa, beberapa bagian dari suara yang terkirimkan disepanjang antarmuka akan dibiaskan. Namun, ada kemungkinan untuk terdapat dua suara yang terbiaskan terkirim ke dalam metal, hal ini dikarenakan bagian dari energi pengirim dikonversikan menjadi mode gelombang geser (Hull & John, 1988). Seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.11**



**Gambar 2. 12** Refleksi dan refraksi pada antarmuka (Hull & John, 1988)

Arah perambatan dari pembiasan komponen gelombang kompresi dan geser pada antarmuka antara dua media dapat ditentukan menggunakan hukum pembiasan Snell yang ditunjukkan pada persamaan (2.13) dan (2.14) (Hull & John, 1988).

$$\text{Komponen Gelombang kompresi} = \frac{\sin i}{\sin r_c} = \frac{V_{c1}}{V_{c2}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Komponen Gelombang Geser} = \frac{\sin i}{\sin r_s} = \frac{V_{s1}}{V_{s2}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Pada inspeksi ultrasonik, keberadaan dua jenis gelombang yang memiliki kecepatan berbeda di dalam material uji, akan memberikan hasil yang membingungkan. Sehingga sudut insidensi harus diatur agar lebih besar dari sudut kritis,  $i'$ , untuk pembiasan gelombang kompresi, sehingga pembiasan gelombang geser dapat dikirimkan ke dalam material (Hull & John, 1988). Sudut kritis untuk pembiasan gelombang kompresi dapat menggunakan persamaan (2.15)

$$i = \sin^{-1} \frac{V_{c1}}{V_{c2}} \dots\dots\dots (2.15)$$

### 2.3.7 Atenuasi suara

Gelombang suara yang merambat ke dalam material, perlahan-lahan akan kehilangan sebagian dari energinya, hal ini dikarenakan penyebaran pada antarmuka mikroskopis, dan efek gesekan internal di dalam material. Batas butir, dan fasa kedua partikel dan inklusi merupakan antarmuka mikroskopis pada metal dan paduan. Energi yang hilang saat gelombang bergerak

menuju medium, dinamakan atenuasi, dan kehilangan tersebut terjadi sepanjang jalan gerak suara. Atenuasi yang hilang, bersamaan dengan perbedaan suara, merupakan penyebab dari Batasan utama yang dikenakan pada kedalaman penembusan yang mungkin didapatkan oleh gelombang suara selama inspeksi komponen(Hull & John, 1988).

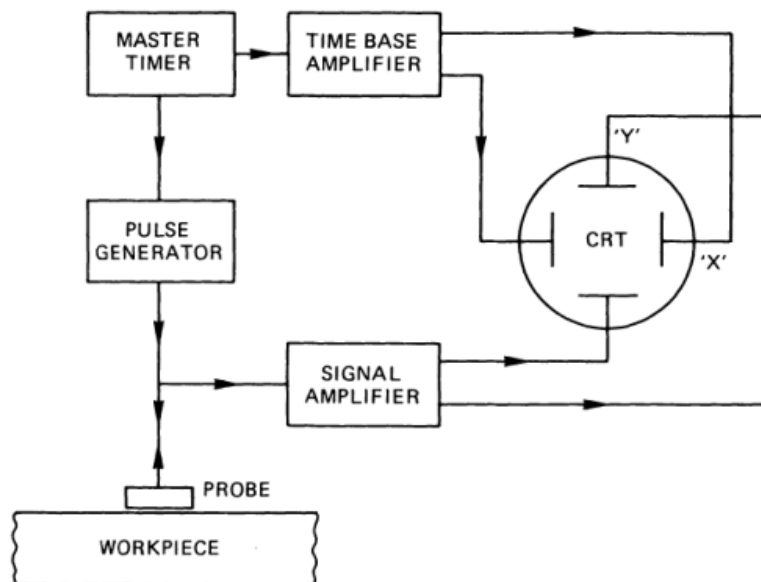
Tingkat atenuasi suara meningkat dengan meningkatnya frekuensi. Penyerapan energi yang diakibatkan oleh efek gesekan internal dengan kuadrat dari frekuensinya, namun energi yang hilang dikarenakan penyebaran pada antarmuka mikroskopis dapat meningkat berdasarkan seberapa besar eksponensial dari frekuensinya(Hull & John, 1988).

Energi yang hilang/meter =  $k_1 f^2 + k_2 f^x$ , dimana  $f$  adalah frekuensi dan  $k_1$  dan  $k_2$  adalah konstanta, dan  $x$  memiliki nilai  $>2$ .

Tidak mungkin untuk menjadi lebih presisi tentang tingkat energi yang hilang dikarenakan penyebaran, di mana terdapat banyak variasi antarmuka mikroskopis yang mungkin terjadi di dalam metal dan paduan. Frekuensi yang di pilih untuk inspeksi pada material atau komponen tertentu biasanya adalah solusi optimal, dan terkadang resolusi dari pengorbanan untuk mengurangi atenuasi sehingga dapat dicapai kedalaman penembusan yang dibutuhkan(Hull & John, 1988).

### 2.3.8 Sistem Tampilan

Sebagian besar alat pengujian ultrasonik, sinyal ditampilkan pada layar pada osiloskop sinar katoda(Hull & John, 1988). Diagram pada pendeteksi cacat ditunjukkan pada **Gambar 2.13**:



**Gambar 2. 13.** Diagram pendeteksi cacat Ultrasonik(Hull & John, 1988)

Fungsi pada beberapa komponen di dalam sistem adalah sebagai berikut:

1. *Master Timer Control*, mengontrol seberapa besar pulsa yang diciptakan, dinamakan frekuensi pengulangan pulsa atau *Pulse Repetition Frequency (PRF)*
2. *Pulse Generator Control*, mengontrol amplitude dari pulsa yang diciptakan
3. *Transmitter Probe*, mengkonversi impuls elektrik menjadi vibrasi mekanik pada frekuensi tertentu. Probe pengirim tersebut juga dapat berfungsi sebagai penerima suara yang terpantulkan, atau dapat dengan menggunakan  $\surd$ ; probe penerima yang terpisah.



4. *Time Base Amplifier Control*, mengontrol *rate of sweep* dari sinar elektron sepanjang muka tabung sinar katoda. Biasanya Panjang dari basis waktu dapat diatur sehingga dapat memenuhi untuk berbagai ketebalan material, mulai dari beberapa milimeter hingga beberapa meter.
5. *Signal Amplifier*, untuk memperkuat sinyal suara yang terpantulkan dan memberikan informasi tersebut kepada pelat 'Y' pada tabung sinar katoda.
6. Sebagian besar alat uji ultrasonik juga memiliki *attenuator*, yang dimana berfungsi untuk menerima kekuatan sinyal yang dapat diukur dengan decibel, relatif kepada sinyal menggunakan referensi standar (Hull & John, 1988).

#### 2.4 Kuplan

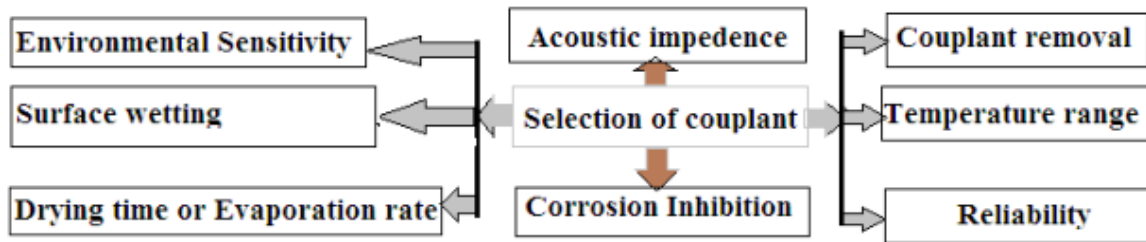
Teknik ultrasonik telah menjadi Teknik yang banyak digunakan untuk mendeteksi cacat pada material dan juga untuk mengukur kecepatan ultrasonik dan koefisien attenuasi yang menjadi basis untuk mengevaluasi modulus elastisitas, karakterisasi mikrostruktur, serta menilai sifat mekanik (Kumar et al., 2006).

Saat pulsa ultrasonik bergerak ke media apapun, pulsa tersebut akan terus termodifikasi, perubahan ini tergantung oleh karakteristik dari media, selain jarak yang ditempuh sepanjang media. Dikarenakan modifikasi pada pulsa juga membawa karakteristik khas dari material tersebut, sehingga dapat disebutkan bahwa beberapa karakteristik material dapat dievaluasi dengan menganalisis pulsa dan menguraikan kemungkinan informasi yang dibawah oleh pulsa (Kumar et al., 2006).

Pulsa ultrasonik yang digunakan untuk dianalisis biasanya gema dari *backwall* yang diterima oleh transduser pengirim dalam mode penerima. Transduser ultrasonik yang digunakan sudah digabungkan dengan permukaan pada material yang akan diuji menggunakan *couplant/coupling agent* atau Kuplan (Kumar et al., 2006).

Kuplan nantinya akan membuat lapisan diantara transduser dan material uji. Lapisan ini akan membuat error pada pengukuran kecepatan ultrasonik dan atenuasinya. Fasa dan amplitude pada gema *backwall* bervariasi berdasarkan Panjang gelombang dan ketebalan dari lapisan yang dibentuk oleh kuplan, dan juga pelat aus dari transduser. Sehingga error yang sama juga harus dikonsiderasikan pada pengukuran kecepatan ultrasonik dan koefisien atenuasi oleh uji kontak ultrasonik (Kim et al., 2002).

Pemilihan pada kuplan untuk pengujian ultrasonik didasarkan oleh beberapa parameter, pada gambar 2.2 Ditunjukkan beberapa parameter untuk pemilihan kuplan. Impedansi akustik yang tinggi diperlukan untuk mengurangi *noises* pada permukaan, dan meningkatkan pengikatan pada permukaan metal yang kasar, dan/atau melengkung. Kuplan yang dipilih juga harus tidak korosif. Viskositas yang tinggi memberikan pengikatan yang baik serta mengurangi *noises* pada permukaan. Temperatur dari kuplan juga perlu diperhitungkan. Spesimen uji perlu dicek temperaturnya, ukuran permukannya, serta lama waktu yang diperlukan saat melakukan inspeksi, di mana harus menggunakan kuplan selama inspeksi. Sesudah memberikan kuplan, apabila waktu inspeksi cukup lama, maka waktu pengeringan juga perlu diperhitungkan. Saat pengujian selesai, kuplan yang diberikan juga harus yang mudah dibersihkan, dan harus tidak toksik, mudah dibuang, dan baik untuk lingkungan. Karakteristik *wetting* yang baik, serta konsistensi pada kuplan juga dapat menjadi salah satu factor (Shivamurthy B. et al., 2018). **Gambar 2.14** menunjukkan parameter yang perlu dikonsiderasikan dalam memilih kuplan

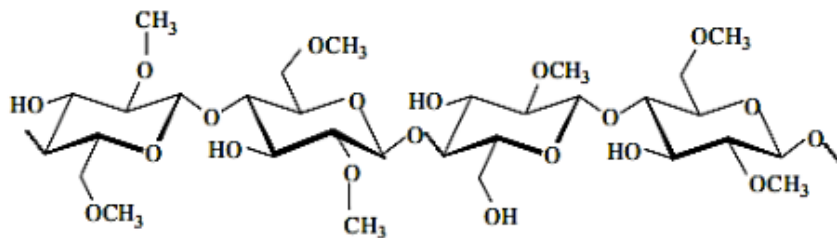


**Gambar 2. 14** Parameter yang perlu dikonsiderasi dalam pemilihan kuplan(Shivamurthy B. et al., 2018)

## 2.5 Metil Selulosa

Selulosa ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>) merupakan bahan yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk membentuk dinding sel. Selulosa sendiri dapat diperoleh dari dua sumber, yaitu dari tanaman, dan selulosa yang dihasilkan oleh bakteri, atau disebut dengan selulosa microbial(Rahmidar et al., 2018). Kedua selulosa ini memiliki struktur kimia yang sama, namun memiliki sifat fisik yang dan kimia yang berbeda. Salah satu keunggulan dari selulosa mikrobial adalah selulosa ini memiliki kemurnian yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan selulosa tumbuhan yang menghasilkan lignin dan produk hemiselulosa lainnya(Nurjannah et al., 2020; Rahmidar et al., 2018).

Senyawa turunan selulosa, dapat diperoleh dengan mengganti gugus hidroksil pada rantai selulosa dengan berbagai gugus organik. Hal ini akan mengubah struktur dari kristal selulosa dan membuatnya mudah terdispersi di dalam air. Turunan selulosa ini telah digunakan untuk berbagai hal, seperti pada sediaan farmasi, bahan tambahan makanan seperti etil selulosa, metil selulosa, karboksimetil selulosa, dan dalam bentuk lainnya. Bentuk-bentuk selulosa ini digunakan dalam sediaan, dikarenakan memiliki sifat yang inter, dan biokompabilitas yang dapat digunakan oleh manusia(Nurjannah et al., 2020). Struktur kimia metil selulosa ditunjukkan pada **Gambar 2.15**:



**Gambar 2. 15** Struktur kimia metil selulosa(Rahmidar et al., 2018)

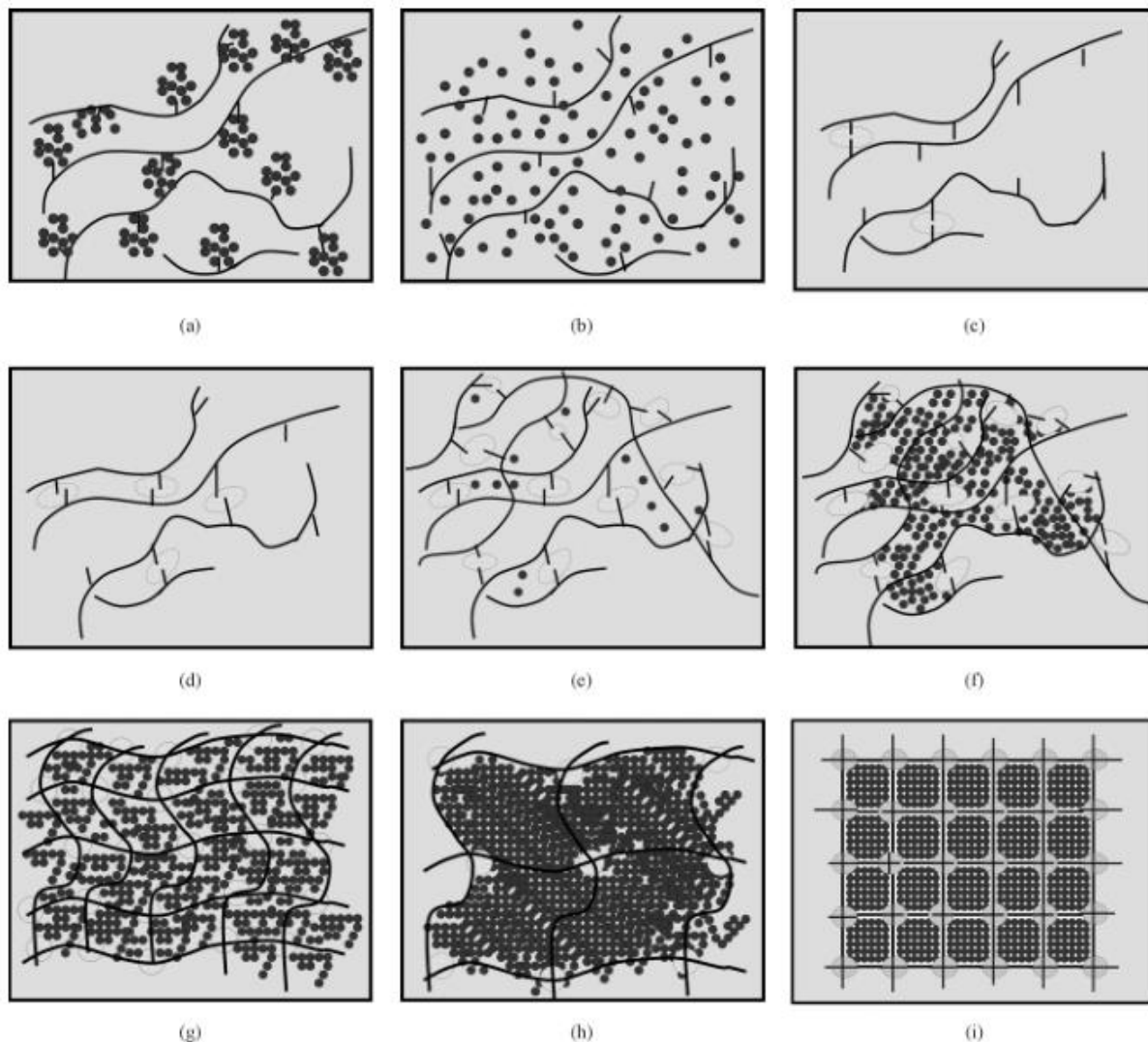
Metil selulosa juga merupakan inhibitor yang baik, pada penelitian yang dilakukan oleh eid, salah pada tahun 2015 di mana pada penelitian tersebut dilakukan pengujian inhibisi korosi dengan alumunium dan paduan alumunium-silikon pada larutan 0.1M NaOH, di mana pada penelitian tersebut dihasilkan bahwa nilai densitas korosi menurut dan efisiensi inhibitornya meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dari metil selulosa, hal ini menindikasi bahwa efek inhibisi dari inhibitornya terhadap kelarutan dari alumunium dan paduannya di dalam larutan alkali. Hasil tersebut memberikan saran untuk metil selulosa dijadikan sebagai inhibitor campuran dan tidak menginterfensi mekanisme pelarutan alumunium dalam larutan alkali. Hal ini menunjukkan bahwa molekul metil selulosa menyerap baik di tempat terletaknya katodik dan anodik pada permukaan aluminum, dan membentuk lapisan pembatas antara metal dan media korosi(Eid et al., 2015)

Adapun cara untuk mendapatkan metil selulosa, menurut penelitian yang dilakukan oleh rahmidar, dkk pada tahun 2018 dimana sintesis metil selulosa dilakukan menggunakan bonggol dan kulit nanas, dibagi menjadi beberapa tahap. Tahap pertama adalah mensintesis selulosa

mikrobial, dimana bonggol dan kulit nanas dihaluskan yang kemudian disaring dan konsentrasinya dipanaskan pada suhu 100°C sampai mendidih selama 30 menit. Kemudian masing-masing filtrat ditambahkan gula pasir sebanyak 60gram dan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 15 gram, kemudian diaduk, didinginkan dan diatur pHnya hingga mencapai pH 4. Kemudian ditambahkan *starter Acetobacter xylinum* dengan perbandingan filtrat dan *starternya* adalah 1:4, kemudian disimpan di dalam botol yang sudah steril dan ditutup dengan koran. Kemudian di inkubasi selama 9 hari pada suhu ruangan (25°C). Kemudian selulosa mikrobial tersebut dimurnikan dari pengotor dengan merendamnya dilarutan NaOH 50 mL selama 24 jam dan ditutup, kemudian direndam dengan CH<sub>3</sub>COOH 50 mL selama 24 jam, kemudian disaring dan ditambahkan akuades atau aseton dengan perbandingan selulosa mikrobial dengan akuades atau aseton yaitu 1:20. Kemudian masing-masing direfluks pada suhu 50-60°C selama 6 jam, kemudian ditambahkan metilen klorida dengan perbandingan antara selulosa mikrobial dan metilen klorida adalah 1:10 secara bertahap. Kemudian campuran tersebut dinetralkan dengan asam asetat 10% yang kemudian dicuci dengan akuades hangat, dan kemudian dikeringkan pada suhu 50°C selama 6 jam (Rahmidar et al., 2018).

### 2.5.1 Gelasi Metil Selulosa

Saat dilarutkan di dalam air, metil selulosa dapat membuat hidrogel dengan cara metil selulosa melakukan *crosslinking* dengan metil selulosa yang lain. Pada temperature rendah, molekul air yang berada pada grup metoksil metil selulosa membuat kurungan sehingga metil selulosa dapat mudah larut di air. Naiknya temperature membuat kurungan air ini mengalami deformasi dan rusak akibat bagian hidropobik pada metil selulosa. Dikarenakan sifatnya yang hidropobic, rantai metil selulosa dalam larutan air akan mendekati satu sama lain, dan membawa sisinya yang lain dan membuat agregat dan klaster antar rantai. Semakin naiknya temperature, agregat hidropobic ini akan semakin terbentuk. Hingga akhirnya, grup agregat ini akan bergabung satu sama lain melalui grup hidropobiknya dan membuat sebuah jaringan fisik tiga dimensi rantai metil selulosa. Pada kondisi sudah berkembang sepenuhnya, monomer-monomer metil selulosa masih didalam keadaan relaks, yang membuat jaringan selnya fleksibel. Seiring meningkatnya temperature, penyerapan air dan pemerangkapan molekul air oleh sel jaringan ini meningkat, yang menghasilkan pelabaran ukuran sel jaringan ini, dan mengurangi fleksibilitasnya. Jaringan pada rantai MC mengalami pembengkakan dikarenakan gaya osmosis, yang berlawanan dengan gaya penarikan elastis pada jaringan. Hingga akhirnya equilibrium pada tinggal pembengkakan dicapai, yang menghasilkan gel metil selulosa yang sepenuhnya berkembang dan stabil (Joshi & Lam, 2006). Ilustrasi proses ini ditunjukkan pada **Gambar 2.16**



**Gambar 2. 16** Ilustrasi proses pembentuka gel pada metil selulosa di dalam larutan air (Joshi & Lam, 2006)

## 2.6 Gelatin

Gelatin merupakan sebuah protein yang dapat larut di air, yang memiliki peminat dan nilai yang tinggi, serta memiliki kemampuan untuk membentuk gel transparan dalam kondisi tertentu. Gelatin bisa didapatkan dengan pelarutan panas pada alkalin atau pH asam dan dan Sebagian dari hidrolisis kolagen dari kulit, tulang, dan tendon. Gelatin memiliki elastisitas yang tinggi dan kuat, serta banyak digunakan pada industry makanan, seperti manisan, toko roti, produk susu, dan produk daging beku. Beberapa toko obat-obatan juga menggunakan gelatin seperti pada kapsul, emulsi, supositoria, dan sirup(Djagny et al., 2001).

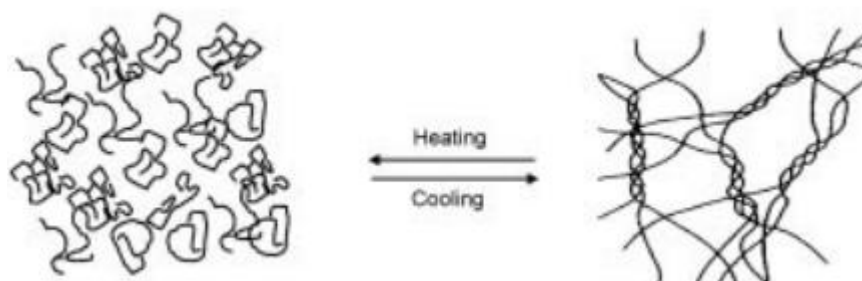
Gelatin berasal dari kolagen, benang protein yang membentuk komponen utama dari daing mamalia dan jaringan penghubung. Kolagen terdapat di alam sebagai makromolekul dari tiga untaian polipeptida, dengan Panjang kira-kira 300nm, berkerut menjadi konformasi *triple helix* dan berat molekul, sekitar 100 kDa. Di bawah degradasi hidrolitik yang di mana dengan mendidihkan jaringan yang mengandung banyak kolagen, atau preparasi asam dan basa yang le bih rumit, *triple helix* kolagennya akan berisah menjadi untaian tiga polipeptida yang membuat gelatin(Parker & Povey, 2012)

Bubuk gelatin memiliki struktur semi kristalin dan biasanya pada pemanasan diperlukan untuk melarutkan makromolekul gelatin sebelum gelatinisasi. pelarutan bubuk gelatin dapat dilakukan dengan merendamkan bubuk pada air dingin dengan jumlah yang cukup, kemudian dipanaskan dan diaduk, atau ditambahkan air panas untuk menghidrasi gelatin hingga mencapai temperature final sekitar 40°C (Farahnaky et al., 2016).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Parker di tahun 2012, di mana dalam satu pengujian tersebut terdapat pengujian ultrasonik pada gelatin dengan temperature konstan, di mana konsentrasi dari gelatin dinilai pada temperature yang telah ditetapkan pada suhu 5, 20, dan 80°C yang memberikan hasil bahwa ketiga temperature berikut memberikan perilaku kualitatif di mana kecepatan suara berbanding lurus dengan bertambahnya konsentrasi dengan kecepatan tercepat pada temperature tertinggi (Parker & Povey, 2012).

Salah satu cara untuk mendapatkan gelatin, menurut penelitian yang dilakukan oleh Sumiati, dkk pada tahun 2020 yang mensintesis gelatin menggunakan tulang ikan lele dumbo. Tahap pertama adalah *degreasing*. Di mana, tulang ikan lele dumbo dipotong hingga ukuran 2-4cm yang kemudian dimasukkan kedalam air panas dengan suhu 90°C selama 10 menit untuk menghilangkan sisa daging, kemudian dilanjutkan ke tahap demineralisasi tulang ikan lele di rendam menggunakan HCl 3.35% dengan perbandingan 1:6 (b:v) selama kurang lebih 8 jam. Hasil dari proses demineralisasi adalah tulang lunak (*ossein*). Kemudian tulang lunak tersebut dicuci di air mengalir, yang berikutnya akan diekstraksi menggunakan aquades dengan perbandingan 1:5 pada suhu bertingkat mulai dari 70°C, 80°C hingga 90°C selama kurang lebih 6 jam. Filtrat yang diperoleh disaring menggunakan kain saring yang kemudian dipekatkan menggunakan *hot plate*. Larutan yang sudah menjadi pekat disimpan di dalam lemari pendingin pada suhu 10°C – 15°C hingga menjadi gel kurang lebih 3 jam, kemudian gel yang sudah terbentuk diperkecil ukurannya dengan cara digunting dan disimpan di dalam lemari pendingin selama 5 hari hingga potongan gelatin membentuk serbuk gelatin (Sumiati et al., 2020).

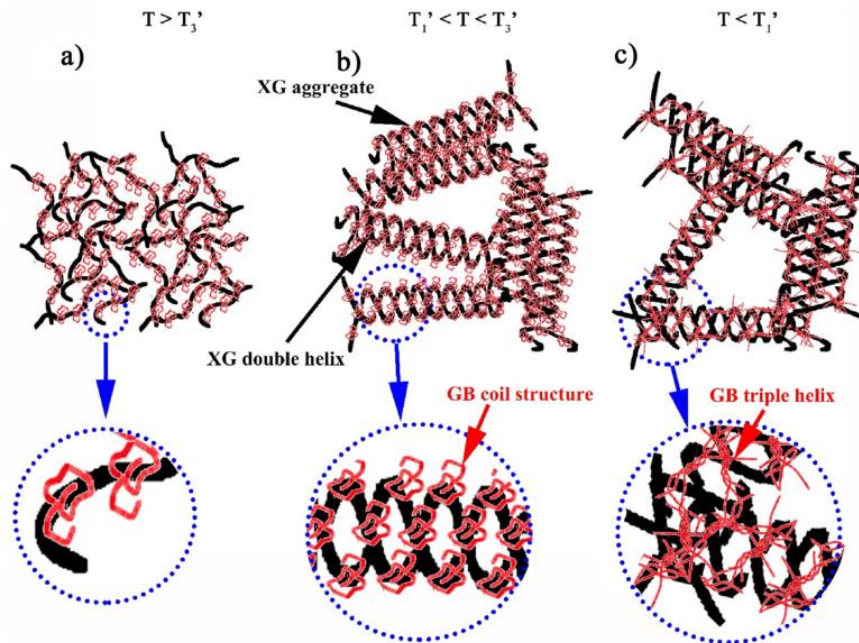
Proses pembentukan gel pada gelatin sangat dipengaruhi oleh *helix-to-coil* temperature, struktur *triple helix* akan hilang di atas temperature *helix-to-coil* dikarenakan ikatan hydrogen antar molekul yang membuat struktur *triple helix* stabil hancur. Hal ini menyebabkan molekul yang berbentuk seperti kail. Seiring dengan turunnya temperature, molekul yang berbentuk kail akan perlahan kembali ke bentuk *triple helix* dan membuat jaringan dari *triple helix* yang akan menjadi gel yang bersifat *thermoreversible* (Phillips & Williams, 2020). Ilustrasi dari proses gelasi ini ditunjukkan pada **Gambar 2.17**



**Gambar 2. 17** Proses gelasi pada gelatin (Phillips & Williams, 2020)

Penelitian terkait mekanisme gelasi pada gelatin telah dilakukan Virgilio, DKK di tahun 2018. Penelitian ini dilakukan untuk melihat mekanisme gelasi dari gelatin dan *xanthan gum* (XG) pada larutan air yang menghasilkan mekanisme seperti **Gambar 2.18** di mana pada saat pencampuran keduanya dalam larutan air, dekat dengan titik isoelektrik ( $pI_0$ ) dari gelatin dan di atas temperature transisi *coil-to-helix* dari *xanthan gum* yang direpresentasikan oleh  $T_3'$ , gaya tarik-menarik elektrostatik antara muatan negatif XG, dan muatan positif Gelatin akan

meningkatkan kompleksitas laruta Gelatin/XG seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.18 a)**. Saat temperatur berada di antara  $T_3'$  dan  $T_1'$  yang merepresentasikan suhu transisi *coil-to-helix* dari gelatin, larutan kompleks ini bergabung menjadi kompleks interpolimer dalam bentuk struktur XG yang tersusun seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2,18 b)**. Saat suhu didinginkan hingga dibawah  $T_1'$ , formasi *triple helix* pada gelatin akan terbentuk, dan seiring berjalannya waktu, interpololimer kompleks Gelatin/XG, dan konsentrasi agregat pada ruang kosong, akan saling mengikat dikarenakan gelasi dari gelatin (Virgilio et al., 2018).



**Gambar 2. 18** Proses gelasi pada gelatin dan *xanthan gum* dalam larutan air (Virgilio et al., 2018)

## 2.7 Blok Kalibrasi V1

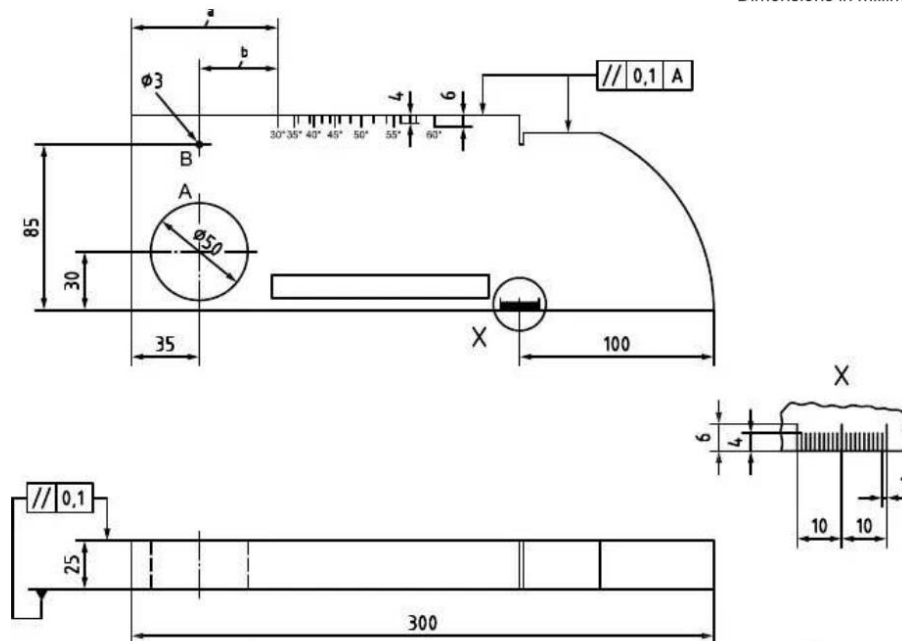
Sebelum menggunakan alat pengujian ultrasonik, diperlukan kalibrasi terlebih dahulu, alat yang dapat digunakan untuk membantu proses kalibrasi ini adalah blok kalibrasi 18. Blok kalibrasi V1, menurut ISO 2400 mengenai “Spesifikasi unuk blok kalibrasi No.1” blok kalibrasi V1 dibuat dengan menggunakan baja S355J0 menurut standar Eropa, EN-100252, atau baja dengan *grade* serupa (International Organization of Standard, 2012). Pada **Tabel 2.4** ditunjukkan komposisi dari baja S355J0

**Tabel 2. 4** Komposisi Baja S355J0 (Seitl et al., 2018)

S355J0	C	Mn	Si	P	S	N	Cu
	0.2	1.6	0.55	0.035	0.035	0.012	0.55

**Gambar 2.16** menunjukkan dimensi pada blok kalibrasi V1.

Dimensions in millimetres



Gambar 2. 19 Blok Kalibrasi(International Organization of Standard, 2012)

## 2.8 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan kuplan, transmitansi dan *gain* ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Penelitian Sebelumnya

No	Material (Kuplan)	Perlakuan/Variasi/Pe ngujian	Hasil	Referensi
1.	Gliserin dan Air	Variasi perbandingan air dan gliserin sebesar, 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9, 0:10	Gain pada gliserin murni lebih kecil dan <i>backwall echo</i> pertama lebih tinggi dari pada air murni, dan hal ini dipengaruhi oleh transmitansi	(Kim et al., 2002)
2.	Madu, Gliserin, Oli SAE 20, minyak bunga matahari, minyak bayi, gel ultrasound, <i>grease</i> , vaseline	Pengujian amplitudo pada baja karbon dan alumunium	Madu dan gliserin menghasilkan persentase amplitude yang lebih baik di antara lainnya dengan madu yang paling tinggi. Serta kuplan yang memiliki impedansi akustik dan transmitansi yang tinggi merupakan yang paling efektif dalam mendeteksi cacat	(Netshidav hini & Mabuza, 2012)
3.	Metil selulosa dengan air	Air sebanyak 250ml dengan variasi metil selulosa 0, 10, 20, 30, 40, 50 gram	Gain meningkat, dan <i>backwall</i> menurun seiring dengan menurunnya transmitansi	(Shivamurthy B. et al., 2018)

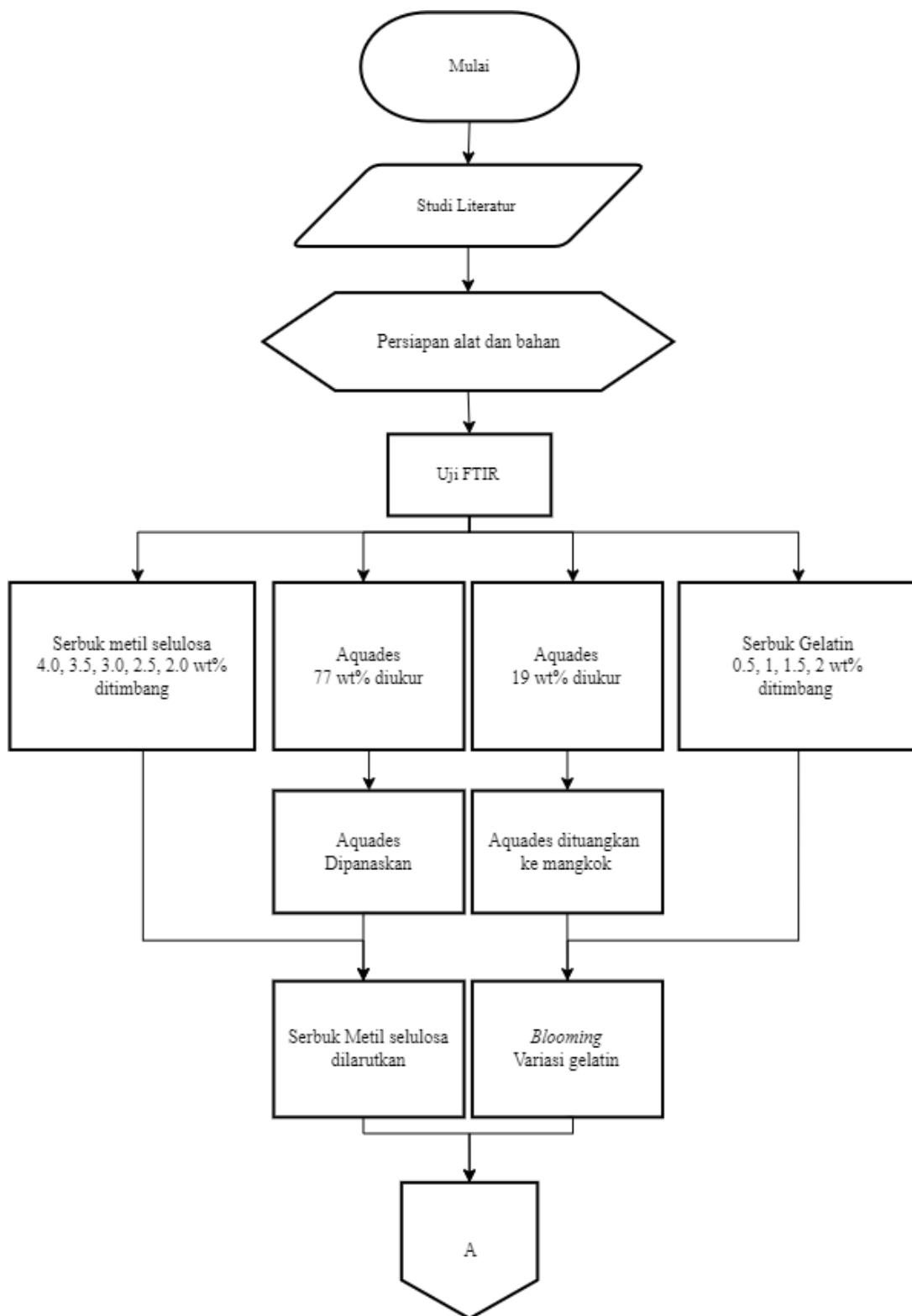
4.	Gliserin dengan Grafen, dan Hidrogel dan Grafen	Kuplan gliserin 30 gram, ditambahkan grafen dengan variasi fraksi massa 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 wt%	Penambahan grafen yang tepat (0.75%) memiliki efek untuk meningkatkan nilai puncak, koefisien atenuasi, impedansi akustiknya	(Mao et al., 2022)
5.	Kuplan dengan campuran Carbopol, Metilparaben, air sulingan, propilparaben, disodium EDTA, gliserin dan aloe vera, aquasonik 100	Variasi kuplan pada konsentrasi karbopol dan metilparaben	Variasi 0,6 carbopol dan 0,2 metilparaben memiliki hasil yang tidak berbeda jauh dengan kuplan komersi aquasonik 100	(Afzal et al., 2022)

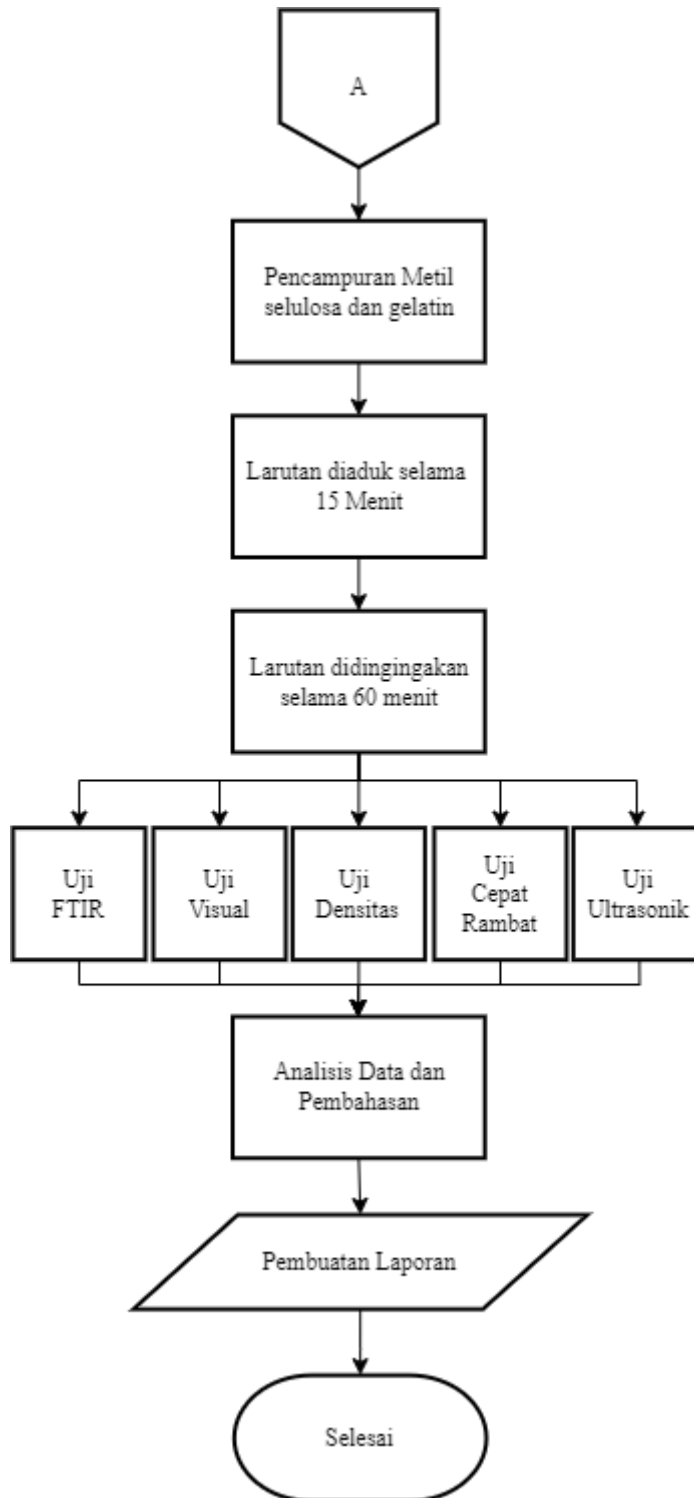


### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir

Diagram Alir pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.1**:





**Gambar 3. 1** Diagram Alir

### 3.2 Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini

#### 3.2.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar cairan dalam skala mili Liter. Ditunjukkan pada **Gambar 3.2:**



**Gambar 3. 2** Gelas Ukur

2. Gelas Beaker

Digunakan untuk menjadi wadah untuk larutan. Ditunjukkan pada **Gambar 3.3:**



**Gambar 3. 3** Gelas Beaker

3. Magnetic Stirrer

Digunakan untuk mengaduk larutan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin. Ditunjukkan pada **Gambar 3.4:**



**Gambar 3. 4** Magnetic Stirrer

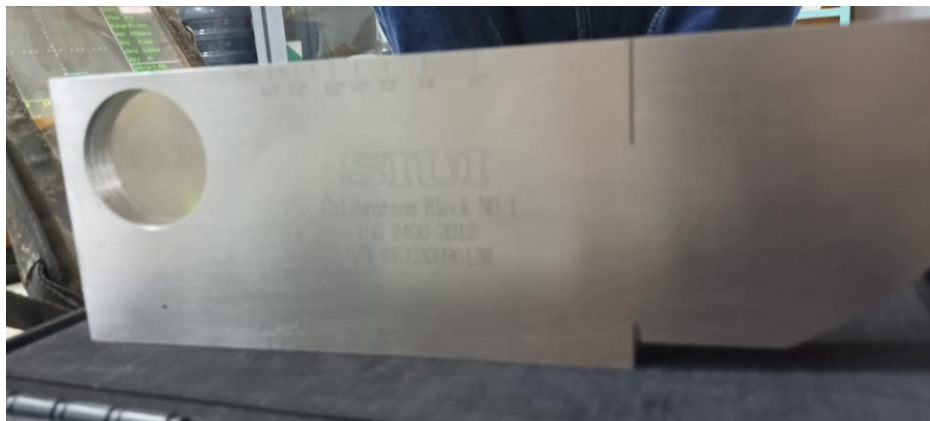
4. Aluminium Foil

Digunakan untuk menjaga ketebalan dari kuplan saat melakukan pengujian cepat rambat.

5. Blok Kalibrasi V1

Digunakan sebagai spesimen untuk melakukan uji ultrasonik untuk mengevaluasi efek kopling pada transmitansi dan gain. Ditunjukkan pada **Gambar 3.5**

:



**Gambar 3. 5** Blok Kalibrasi V1

6. Botol

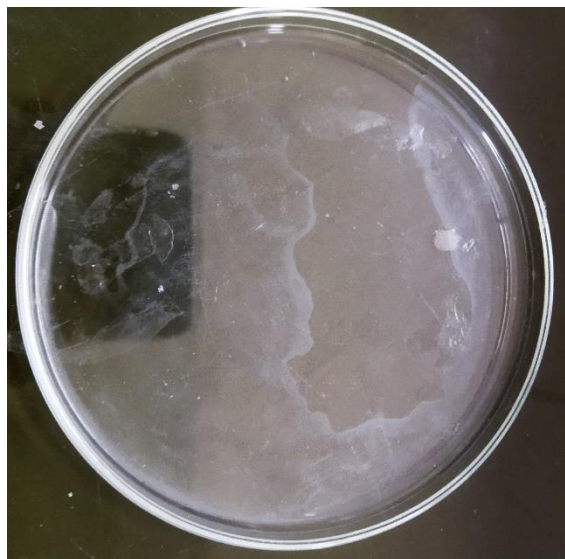
Digunakan sebagai tempat penyimpanan kuplan. Ditunjukkan pada **Gambar 3.6:**



**Gambar 3. 6** Botol

7. Cawan Petri

Digunakan sebagai wadah untuk serbuk metil selulosa dan gelatin, serta tempat untuk melakukan *blooming* pada gelatin. Ditunjukkan pada **Gambar 3.7:**



**Gambar 3. 7** Cawan Pteri

8. ThermoGun

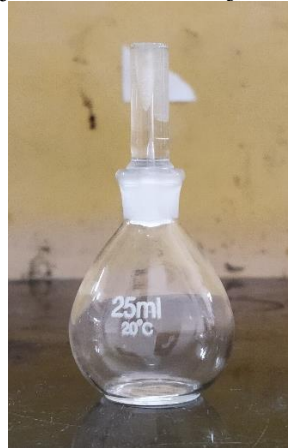
Digunakan untuk memantau suhu Aquades.

9. Timbangan digital

Untuk meninmbang massa gelatin dan metil selulosa, serta meninmbang massa dalam pengujian densitas.

10. *Pycnometer*

Digunakan untuk melakukan pengujian densitas. Ditunjukkan pada **Gambar 3.8:**



**Gambar 3. 8** Piknometer

11. *Ultrasonik Thickness Gauge SIUI CTS 30B*

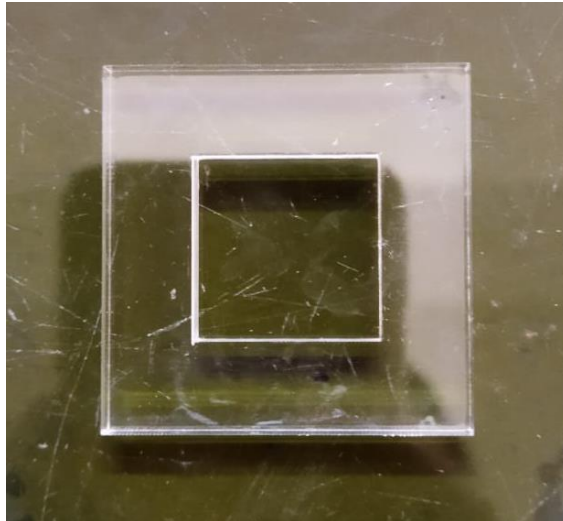
Digunakan untuk melakukan pengujian cepat rambat suara pada kuplan. Ditunjukkan pada **Gambar 3.9:**



**Gambar 3. 9** Ultrasonik Thickness Gauge SIUI CTS 30B

12. *Plexiglass*

Digunakan sebagai tempat untuk mewadahi kuplan dan membantu dalam pengujian cepat rambat suara pada kuplan. Ditunjukkan pada **Gambar 3.10:**



**Gambar 3. 10** Plexiglass

13. Portable Ultrasonik Flaw Detector

Alat pengujian ultrasonik SIUI CTS 9005 untuk melakukan pengujian ultrasonik. Ditunjukkan pada **Gambar 3.11**:



**Gambar 3. 11** SIUI CTS-9005 *Portable Ultrasonik Detector*

**3.2.2 Bahan**

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Metil Selulosa

Digunakan sebagai bahan baku pembuatan couplant, yang didapatkan dari toko jas chemical, Tokopedia. Ditunjukkan pada **Gambar 3.12**:



**Gambar 3. 12** Sertbuk metil selulosa

2. Gelatin

Digunakan sebagai pengental dari larutan, yang didapat pada toko Bahan Kue Surabaya, Surabaya. Ditunjukkan pada **Gambar 3.13**:



**Gambar 3. 13** Serbuk Gelatin

3. Air

Digunakan sebagai pelarut metil selulosa, dan gelatin,

4. Sonotech Ultrigel II

Digunakan sebagai pembanding dengan material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin saat pengujian ultrasonik. Ditunjukkan pada **Gambar 3.14**:



**Gambar 3. 14** Sonotech Ultrigel II



### 3.3 Prosedur Percobaan

Berikut merupakan Prosedur pada penelitian ini:

#### 3.3.1 Preparasi Kuplan

Adapun langkah-langkah preparasi kuplan dibagi menjadi 3, yaitu:

##### 3.3.1.1 Larutan Gelatin

1. Gelatin dengan Variasi 0.5, 1.0, 1.5, dan 2.0 wt% ditimbang pada timbangan digital
2. 50 mL Aquades diukur menggunakan gelas ukur
3. 50 mL Aquades yang telah diukur, dituangkan ke dalam mangkok
4. Variasi gelatin yang telah ditimbang, ditaburkan ke dalam mangkok, tunggu hingga gelatin mengalami *blooming*

##### 3.3.1.2 Larutan Metil Selulosa

1. 10 Gram metil selulosa ditimbang pada timbangan digital
2. 200 mL Aquades diukur dengan gelas ukur
3. 200 mL Aquades yang telah diukur, dituangkan ke dalam gelas *beaker*
4. Gelas *beaker* yang berisi 200 mL aquades dipanaskan dengan pemanas hingga 40°C – 50°C
5. Aquades yang telah dipanaskan, dipindahkan pada magnetic stirrer dan diaduk
6. Metil selulosa dimasukkan secara perlahan ke dalam aquades dan diaduk dalam magnetic stirrer selama 10 menit

##### 3.3.1.3 Larutan Metil Selulosa-Gelatin

1. Setelah 30 menit, gelatin yang telah mengalami *blooming* dimasukkan ke dalam larutan metil selulosa dan aduk kembali selama 15 menit.
2. Larutan metil selulosa-gelatin didinginkan selama 60 menit
3. Larutan metil selulosa-gelatin dipindahkan ke dalam botol

### 3.4 Pengujian Yang Dilakukan

Berikut merupakan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini:

#### 3.4.1 Uji FTIR

FTIR merupakan salah satu instrumen spektroskopi. Prinsip kerjanya adalah berdasarkan pada penyerapan radiasi inframerah. Infra merah dipancarkan melalui interferometer kemudian dipancarkan melalui sampel, sebagian radiasi infra merah diserap oleh sampel dan sebagian lain dipancarkan kembali dan tertangkap oleh detektor. Besarnya radiasi infra merah yang tertangkap oleh detektor kemudian diubah menjadi spektrum oleh interferogram. Hasil spektrum inframerah menggambarkan penyerapan molekul dan transmisi, yang di mana menggambarkan ciri khas sampel.

Setiap molekul memiliki penyerapan berbeda sesuai dengan pola vibrasi dan pola ikatan antar atomnya. Dua molekul tidak ada yang menghasilkan spektrum infra merah yang sama. Oleh sebab itu spektroskopi infra merah sangat berguna untuk berbagai analisis. FTIR dapat memberikan informasi mengenai material yang belum diketahui (teridentifikasi), mengenai kualitas sampel, dan mengetahui jumlah komponen dalam suatu campuran. **Gambar 3.15** merupakan alat uji dari FTIR



**Gambar 3. 15** Alat Uji FTIR

### 3.4.2 Uji Visual

Uji Visual merupakan pengujian yang menggunakan kemampuan visual mata untuk mendapatkan data, pada penelitian ini, uji visual digunakan untuk mendapatkan data berupa penampilan, warna, dan tingkat transparansi dari kuplan yang telah dibuat. Serta melihat secara visual bagaimana kekentalan dari kuplan yang telah dibuat dengan menaruhnya pada bidang vertikal

### 3.4.3 Uji Densitas

Pengujian densitas dapat menggunakan piknometer, dimana langkah pertama adalah mengkalibrasi piknometer dengan cara menimbang massa piknometer kosong, yang kemudian diisi dengan aquades yang kemudian menimbang massa piknometer yang terisi penuh dengan air, kemudian mengurangi massa piknometer berisi air dengan massa piknometer kosong, dan didapatkan massa air, kemudian membagi massa air dengan massa jenis air yang akan menghasilkan volume piknometer sesungguhnya.

Kemudian perhitungan densitas dari kuplan adalah dengan mengisi Sebagian dari piknometer dengan kuplan, dan kemudian ditimbang massanya, berikutnya adalah mengisi piknometer tersebut dengan aquades dan kemudian massanya juga ditimbang, dengan mengurangi kedua massa tersebut, maka akan didapatkan massa dari air, kemudian untuk mendapatkan massa dari kuplan adalah dengan cara mengurangi massa piknometer kosong, dengan massa piknometer yang berisi kuplan, kemudian berikutnya adalah mencari volume air dengan cara membagi massa air yang didapatkan dari hasil pengurangan massa piknometer berisi kuplan saja dengan massa piknometer berisi kuplan dan air, dan kemudian membaginya dengan massa jenis air. Berikutnya adalah mencari volume dari kuplan, dengan cara mengurangi volume piknometer yang sebelumnya didapat dari hasil kalibrasi, dengan volume air. Terakhir adalah mencari densitas dari kuplan dengan menggunakan persamaan (3.1)

$$\rho_{\text{kuplan}} = \frac{m_{\text{kuplan}}}{v_{\text{kuplan}}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana,

m = Massa Kuplan (kg)

v = volume kuplan (m<sup>3</sup>)

### 3.4.4 Uji Cepat rambat

Pengujian cepat rambat dilakukan menggunakan bantuan plexiglass dan alat *Ultrasonik Thickness Gauge SIUI CTS 30B*. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan kuplan pada plexiglass dengan ketebalan 5mm, kemudian menaruh probe yang sudah terhubung dengan alat *Ultrasonik Thickness Gauge SIUI CTS 30B* yang kemudian menaruh probe di atas permukaan kuplan. Selanjutnya adalah mencatat nilai kecepatan rambat yang dihasilkan pada layar alat *Ultrasonik Thickness Gauge SIUI CTS 30B*.

### 3.4.5 Uji Ultrasonik

Menggunakan SIUI CTS 9005 dengan diameter probe 12 mm dan dapat mengirimkan pulsa frekuensi 4 Mhz. Pengujian ultrasonik dengan cara memberikan kuplan di atas blok kalibrasi V2 yang kemudian ditaruh transduser di atasnya, yang nantinya transduser akan memancarkan gelombang suara longitudinal yang akan merambat di dalam kuplan dan diteruskan ke dalam spesimen hingga mencapai dasar dari blok kalibrasi, kemudian akan dipantulkan di jalur yang sama dan akan diterima oleh transduser yang nantinya suara yang diterima akan ditampilkan dalam bentuk gelombang pada layar yang mewakili pulsa dan dasar specimen

## 3.5 Rancangan Penelitian

Untuk mempermudah penelitian, maka dibuatlah tabel yang berisi data pengujian yang dilakukan pada setiap variasi dari kuplan ditunjukkan oleh **Tabel 3.1**

**Tabel 3. 1** Rancangan Penelitian

No	Speimen Uji	Pengujian				
		FTIR	Visual	Densitas	Cepat Rambat	Ultrasonik
1.	H2O	✓	-	-	-	-
2.	Metil Selulosa	✓	-	-	-	-
3.	Gelatin	✓	-	-	-	-
4.	H <sub>2</sub> O/MC 4,0%/ Gelatin 0,0%	✓	✓	✓	✓	✓
5.	H <sub>2</sub> O/MC 3,5%/ Gelatin 0,5%	✓	✓	✓	✓	✓
6.	H <sub>2</sub> O/MC 3,0%/ Gelatin 1,0%	✓	✓	✓	✓	✓
7.	H <sub>2</sub> O/MC 2,5%/ Gelatin 1,5%	✓	✓	✓	✓	✓
8.	H <sub>2</sub> O/MC 2,0%/ Gelatin 2,0%	✓	✓	✓	✓	✓

### 3.6 Jadwal Penelitian

Penelitian dilakukan dalam waktu 16 minggu dengan pembagian waktu seperti pada **Tabel 3.2:**

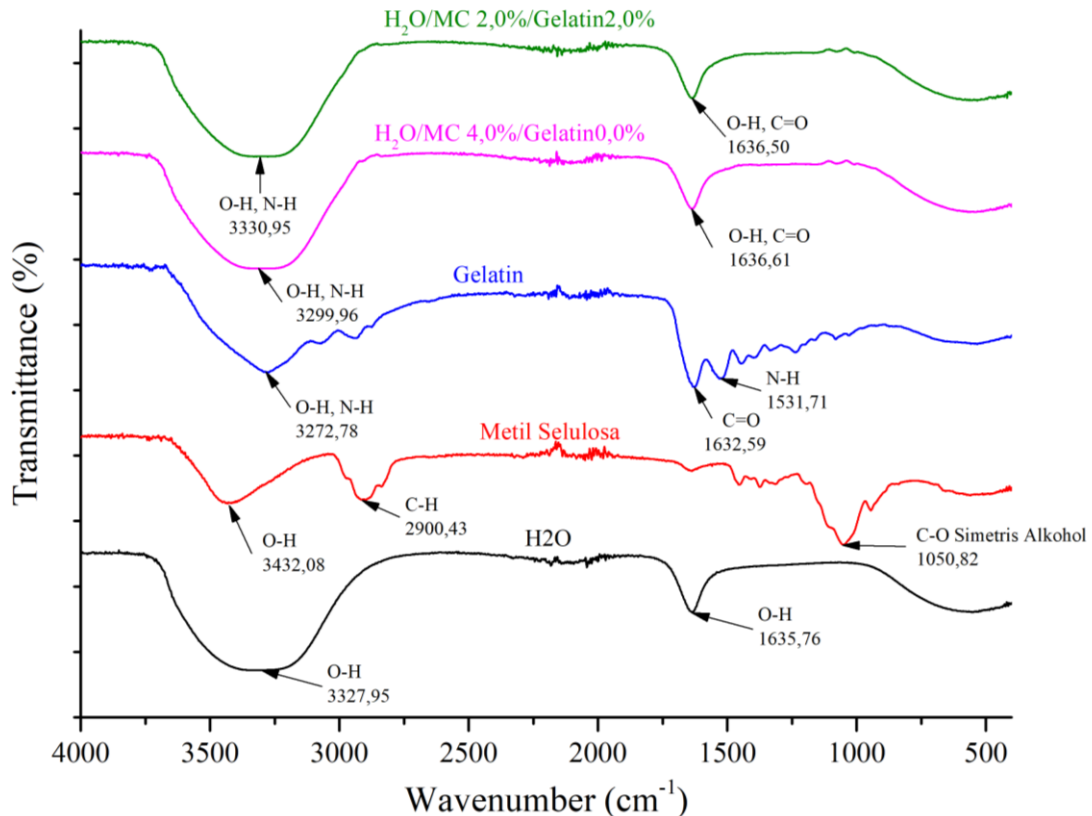
**Tabel 3. 2** Rencana Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur																
2.	Asistensi dan Bimbingan																
3.	Penyusunan Laporan																
4.	Persiapan Alat dan Bahan																
5.	Fabrikasi Kuplan																
6.	Pengujian FTIR																
7.	Pengujian Visual																
8.	Pengujian Densitas																
9.	Pengujian Cepat Rambat																
10.	Pengujian Ultrasonik																
11.	Analisis Data dan Pembahasan																

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Hasil Pengujian FTIR Material Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin)

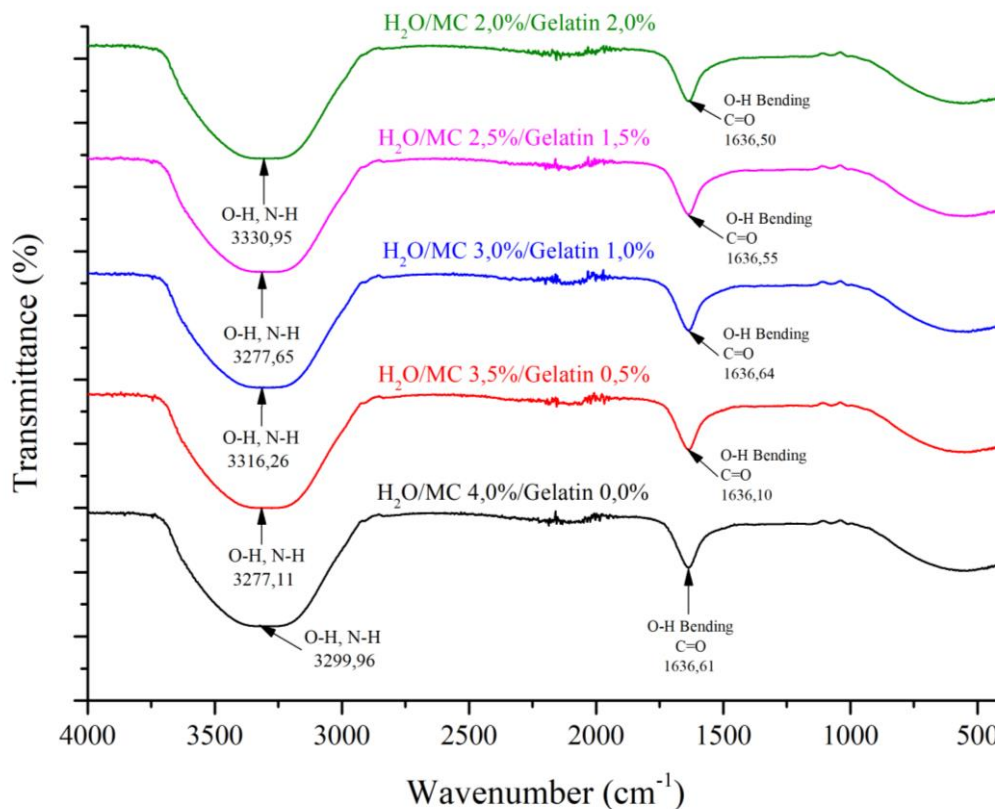
Analisis FTIR yang dilakukan dengan tujuan untuk melihat gugus fungsi yang tercipta dari pelarutan metil selulosa dan gelatin pada air yang dapat dilihat pada spektrum inframerah yang ditunjukkan pada **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2**



**Gambar 4. 1** Spektrum inframerah H<sub>2</sub>O, Metil selulosa, Gelatin, Material kuplan H<sub>2</sub>O/MC 4%/Gelatin 0% dan H<sub>2</sub>O/MC 2%/Gelatin 2%

**Gambar 4.1** menunjukkan spektra inframerah pada air, metil selulosa, gelatin dan seluruh variasi material H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin. Kemudian, spektra inframerah H<sub>2</sub>O, metil selulosa, gelatin dan material H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan variasi gelatin 0% dan 2% sebagai titik awal dan akhir dianalisis. Pada spektra inframerah H<sub>2</sub>O, didapatkan puncak pada bilangan gelombang 3327,95 cm<sup>-1</sup> dan 1633,76 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan secara berturut-turut gugus O-H simetris dan O-H *Bending* (Park et al., 2019). Pada spektra metil selulosa didapatkan puncak pada bilangan gelombang 3432,08 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan terdapat gugus O-H regangan, pada bilangan gelombang 2900,43 cm<sup>-1</sup>, terdapat gugus C-H regangan pada gugus CH<sub>2</sub> dan CH<sub>3</sub>, 1050,82 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus C-O simetris alkohol primer (Nurjannah et al., 2020; Rahmidar et al., 2018). Spektra gelatin menunjukkan puncak pada bilangan gelombang 3272,78 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus O-H, kemudian pada bilangan gelombang 1632,59 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus C=O, dan gugus N-H yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 1531,71 cm<sup>-1</sup> (Maryam et al., 2019; Muyonga et al., 2004). Hilangnya puncak 2900,43 cm<sup>-1</sup> (C-H regangan pada gugus CH<sub>2</sub> dan CH<sub>3</sub>) pada bahan metil selulosa dalam material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin mengindikasikan

bahwa terdapat ikatan antara molekul metil selulosa saat proses gelasi. Puncak  $1050,92\text{ cm}^{-1}$  (C-O simetris alkohol primer) yang juga hilang pada material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dapat mengindikasikan terdapat ikatan antara gugus hidroksil dari metil selulosa dengan air (Buslov et al., 2008). Puncak  $1531,71\text{ cm}^{-1}$  (N-H) yang juga hilang pada bahan gelatin dapat disebabkan oleh konsentrasi gelatin yang terlalu sedikit dibandingkan dengan konsentrasi air dan metil selulosa yang membuat perubahan puncak pada kuplan tidak terlihat. Puncak yang muncul pada material kuplan H<sub>2</sub>O /MC/Gelatin pada bilangan gelombang  $3270\text{-}3340\text{ cm}^{-1}$  dapat disebabkan dengan terdapatnya bahan air dan metil selulosa yang memiliki gugus O-H, dan juga gelatin yang memiliki gugus N-H. Gugus N-H yang muncul pada material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dikarenakan pada proses pelarutan dengan metil selulosa dan air, molekul gelatin yang berbentuk seperti *kail* akan berikatan dengan metil selulosa yang mengalami *cross-linking* (Virgilio et al., 2018). Puncak  $1600\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$  dapat disebabkan dengan terdapatnya bahan air yang menyebabkan bertambahnya gugus O-H regangan dan juga hadirnya gelatin pada gel yang menyebabkan bertambahnya gugus C=O.



**Gambar 4. 2** Spektra inframerah Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi

**Gambar 4.2** menunjukkan spektra material H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dalam berbagai variasi dimana terdapat 2 puncak pada setiap variasi, di mana puncak pertama pada variasi persentase konsentrasi metil selulosa:gelatin 4,0:0,0/ 3,5:0,5/ 3,0:1,0/ 2,5:1,5/ 2,0:2,0 secara berturut-turut terdapat pada bilangan gelombang  $3229,96\text{ cm}^{-1}$ /  $3277,11\text{ cm}^{-1}$ /  $3316,26\text{ cm}^{-1}$ /  $3277,65\text{ cm}^{-1}$ /  $3330,95\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan gugus O-H dan N-H, kemudian pada bilangan gelombang  $1636,62\text{ cm}^{-1}$ /  $1636,10\text{ cm}^{-1}$ /  $1636,64\text{ cm}^{-1}$ /  $1663,55\text{ cm}^{-1}$ /  $1636,50\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan gugus O-H dan C=O. Hal ini dapat menunjukkan bahwa seluruh material H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin memiliki struktur komposisi yang sama.

#### 4.2 Analisis Hasil Pengamatan Visual Material Kuplan Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin ( $H_2O/MC/Gelatin$ )

Analisis visual yang dilakukan dengan tujuan untuk melihat kuplan secara visual menggunakan mata, dan pengamatan visual yang dilakukan adalah pengamatan secara visual bentuk fisik dari kuplan yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3**, dan pengamatan secara visual kekentalan kuplan yang ditunjukkan pada **Gambar 4.4**:



A.



B.



C.



D.



E.

**Gambar 4. 3** Pengamatan visual fisik dari material kuplan dengan variasi A.)  $H_2O/MC$  4%;/Gelatin 0% B.)  $H_2O/MC$  3,5%/Gelatin 0,5%; C.)  $H_2O/MC$  3%/Gelatin 1%; D.)  $H_2O/MC$  2,5%/Gelatin 1,5%; E.)  $H_2O/MC$  2%/Gelatin 2%



A.



B.



C.



D.



E.

**Gambar 4.4** Pengamatan visual kekentalan dari material kuplan pada posisi berdiri ( $90^\circ$ ) dengan variasi A.)  $H_2O/MC$  4%/Gelatin 0%; B.)  $H_2O/MC$  3,5%/Gelatin 0,5%; C.)  $H_2O/MC$  3%/Gelatin 1%; D.)  $H_2O/MC$  2,5%/Gelatin 1,5%; E.)  $H_2O/MC$  2%/Gelatin 2%

**Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4** menunjukkan bentuk visual fisik dan kekentalan dari material  $H_2O/MC/Gelatin$ . Variasi  $H_2O/MC$  4%/Gelatin 0% memiliki warna putih dan transparan, dan memiliki tekstur berupa gel dan memiliki sifat yang kental. Kemudian, pada material  $H_2O/MC$  3,5%/Gelatin 0,5% memiliki warna yang tidak begitu putih, namun



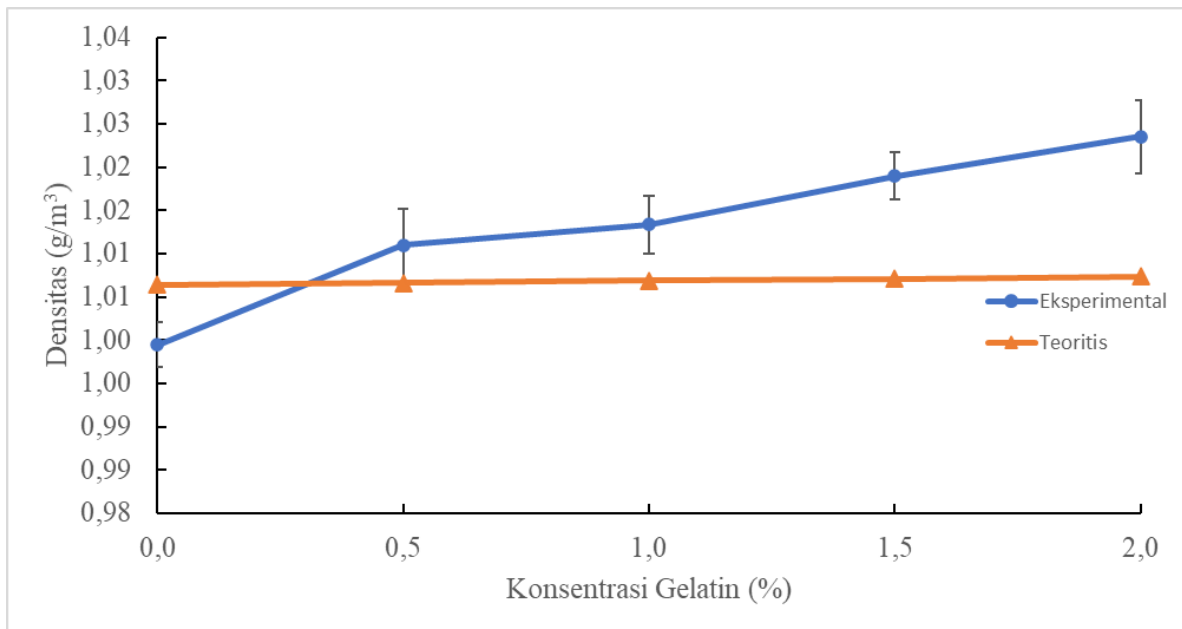
transparan dan sama seperti variasi H<sub>2</sub>O/MC 4%/Gelatin 0%, material dengan variasi ini memiliki bentuk seperti gel, namun kekentalannya lebih kental daripada variasi sebelumnya. Kemudian material H<sub>2</sub>O/MC 3%/Gelatin 1%, memiliki warna yang lebih kuning daripada kedua variasi sebelumnya, namun masih transparan dan juga berbentuk gel, namun memiliki kekentalan yang rendah dibandingkan dengan variasi sebelumnya. Material H<sub>2</sub>O/MC 2,5%/Gelatin 1,5% memiliki warna yang tidak sekuning variasi H<sub>2</sub>O/MC 3%/Gelatin 1%, namun memiliki transparansi yang sama dan juga bentuk gel yang sama seperti variasi-variasi sebelumnya, dan kekentalan pada variasi ini memiliki kekentalan yang lebih rendah daripada variasi H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 0,5% namun lebih kental daripada variasi H<sub>2</sub>O/MC 4%/Gelatin 0% dan H<sub>2</sub>O/MC 3%/Gelatin 1%. Variasi H<sub>2</sub>O/MC 2%/Gelatin 2,0%. Memiliki warna kuning yang kurang lebih sama dengan variasi H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 1,5% namun masih memiliki transparansi yang sama dengan variasi lainnya, dan variasi ini memiliki bentuk gel yang sama seperti variasi-variasi sebelumnya, dan kekentalan pada variasi ini merupakan yang paling rendah, jika dibandingkan dengan variasi lainnya. Walaupun tiap variasi memiliki bentuk gel yang sama, mereka memiliki kekentalan yang berbeda, dimana, kekentalan paling tinggi dimiliki oleh variasi H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 0,5%, kemudian diikuti oleh variasi persentase konsentrasi metil selulosa:gelatin 3,5:1,5, 4,0:0,0, 3,0:1,0, dan terakhir adalah 2,0:2,0. Perbedaan pada warna disebabkan oleh penambahan gelatin, dikarenakan gelatin memiliki warna kuning pudar apabila dilarutkan, dan juga warna putih transparan dihasilkan dikarenakan tidak terdapat gelatin di dalamnya, dan metil selulosa dapat memberikan warna putih transparan pada larutannya (Setyawaty & Triliandari, 2018). Perbedaan kekentalan terjadi dikarenakan metil selulosa yang memiliki fungsi sebagai *crosslinker* atau pengental berkurang.

#### 4.3 Analisis Hasil Pengujian Densitas Material Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin)

Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui densitas daripada material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin, dan hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 4.1** dan grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.5**:

**Tabel 4. 1** Densitas Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi

Material Kuplan	Densitas (g/m <sup>3</sup> ) Pengujian	Densitas (g/m <sup>3</sup> ) Teoritis
Air	0,99753	0,99753
Gelatin	1,258 ± 0,007	1,258 ± 0,007
Metil Selulosa	1,209 ± 0,006	1,209 ± 0,006
H <sub>2</sub> O / MC 4,0% / Gelatin 0,0%	0,999 ± 0,003	1,00599
H <sub>2</sub> O / MC 3,5% / Gelatin 0,5%	1,011 ± 0,004	1,00623
H <sub>2</sub> O / MC 3,0% / Gelatin 1,0%	1,013 ± 0,003	1,00647
H <sub>2</sub> O / MC 2,5% / Gelatin 1,5%	1,019 ± 0,003	1,00672
H <sub>2</sub> O / MC 2,0% / Gelatin 2,0%	1,023 ± 0,004	1,00696
Sonotech Ultragel	1,087 ± 0,003	1,087 ± 0,003



**Gambar 4.5** Grafik hasil pengujian densitas Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi

**Tabel 4.1** dan **Gambar 4.5** menunjukkan hasil pengujian densitas. Pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 4%/Gelatin 0%, memiliki nilai densitas sebesar  $0,999 \pm 0,003 \text{ gr/cm}^3$  kemudian pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 0,5%, nilai densitas mengalami peningkatan dengan nilai densitas sebesar  $1,011 \pm 0,004 \text{ gr/cm}^3$ , dan seiring dengan bertambahnya konsentrasi gelatin (penurunan konsentrasi metil selulosa), densitas pada material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin mengalami peningkatan mulai dari 1,011 hingga  $1,023 \text{ gr/cm}^3$  dengan densitas tertinggi dimiliki oleh variasi H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa konsentrasi gelatin dapat meningkatkan nilai densitas. **Gambar 4.5** menunjukkan nilai densitas eksperimental yang meningkat. dan juga kenaikan pada nilai densitas teoritis yang menunjukkan hasil pengujian densitas menggunakan piknometer sejalan dengan nilai densitas teoritinya. Fenomena yang terjadi adalah pada proses gelasi material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin, metil selulosa melakukan *cross-linking* dengan mengikat metil selulosa lainnya, seiring dengan menurunnya temperatur, metil selulosa akan mengikat air dan juga memerangkap air, dan pada larutan gelatin, gelatin yang memiliki bentuk seperti kail yang akan berikatan dengan metil selulosa dan hal ini membuat molekul metil selulosa, gelatin dan air yang semakin dekat, sehingga meningkatnya nilai densitas (Buslov et al., 2008; Joshi & Lam, 2006; Virgilio et al., 2018).

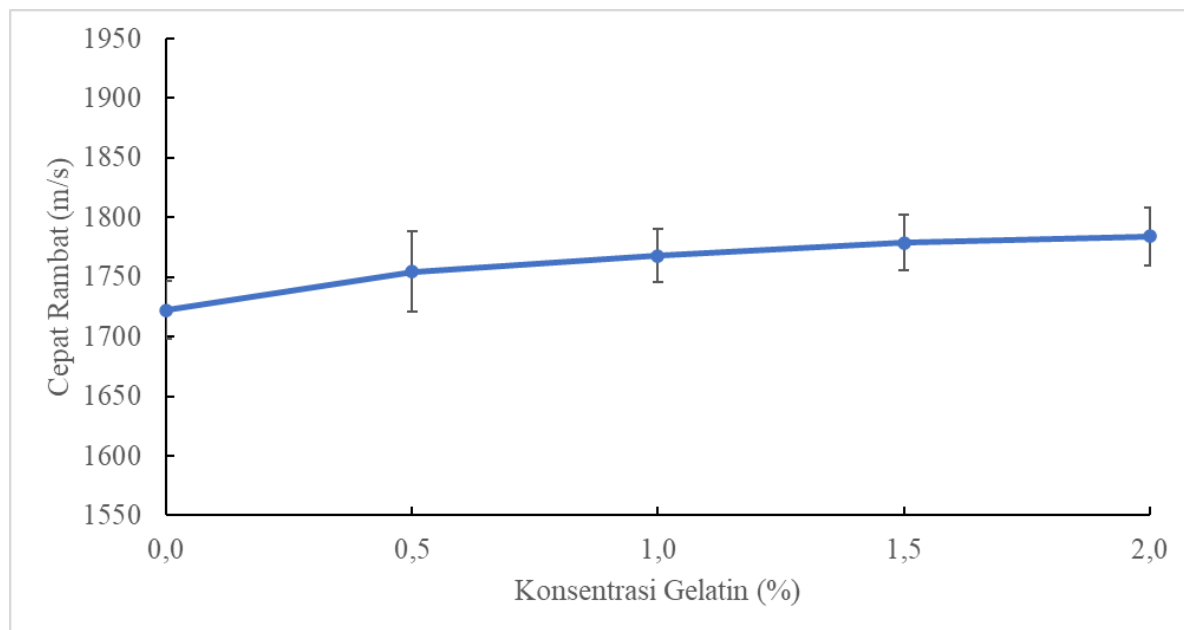
#### 4.4 Analisis Hasil Pengujian Cepat Rambat Material Kuplan (H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin)

Pengujian cepat rambat dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat suara ultrasonik bergerak di dalam material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin, yang hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 4.2** dan grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.6**:

**Tabel 4. 2** Cepat Rambat Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi

Material Kuplan	Cepat Rambat (m/s)
H <sub>2</sub> O / MC 4,0% / Gelatin 0,0%	$1722,33 \pm 24$
H <sub>2</sub> O / MC 3,5% / Gelatin 0,5%	$1754,67 \pm 34$
H <sub>2</sub> O / MC 3,0% / Gelatin 1,0%	$1768,00 \pm 22$
H <sub>2</sub> O / MC 2,5% / Gelatin 1,5%	$1778,67 \pm 23$

Material Kuplan	Cepat Rambat (m/s)
H <sub>2</sub> O / MC 2,0% / Gelatin 2,0%	1784,00 ± 25
Sonotech Ultragel	1807,00 ± 20



**Gambar 4. 6** Grafik hasil pengujian cepat rambat Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi

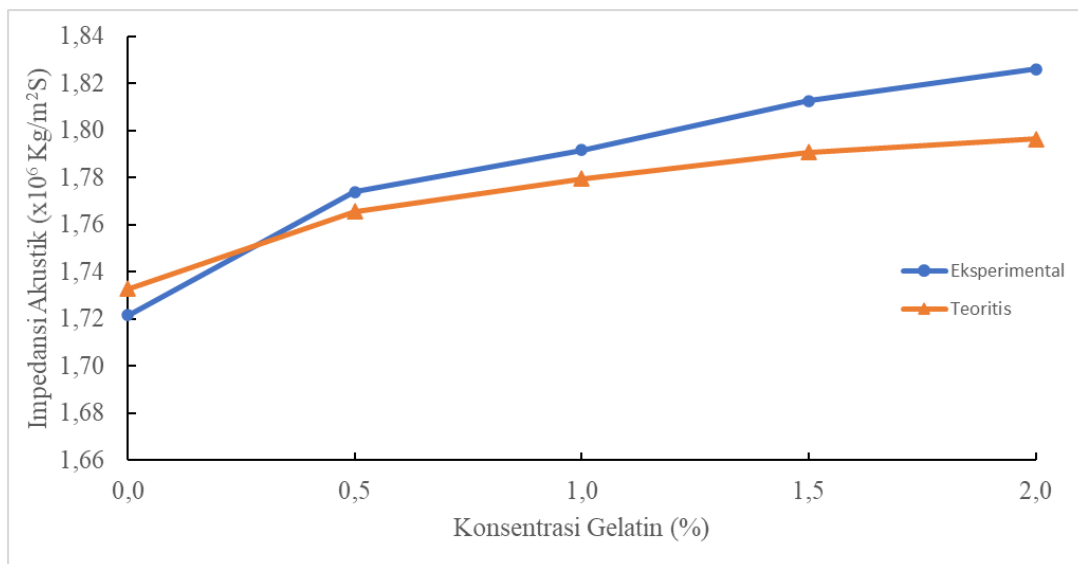
**Tabel 4.1** dan **Gambar 4.5** menunjukkan hasil pengujian cepat rambat ultrasonik. Pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 4%/Gelatin 0%, memiliki nilai cepat rambat sebesar  $1722,33 \pm 24$  m/s, kemudian pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 0,5%, nilai cepat rambat mengalami peningkatan dengan nilai densitas sebesar  $1754,67 \pm 34$  m/s, dan seiring dengan bertambahnya konsentrasi gelatin (penurunan konsentrasi metil selulosa), cepat rambat pada Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin mengalami peningkatan mulai dari 1754 hingga 1784 m/s dengan cepat rambat tertinggi dimiliki oleh variasi H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa konsentrasi gelatin dapat meningkatkan nilai cepat rambat ultrasonik, dan hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Parker di tahun 2012 yang mendapatkan bahwa kecepatan rambat meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi gelatin. Namun, kecepatan rambat juga dipengaruhi oleh densitas. Apabila grafik kecepatan rambat dibandingkan dengan grafik densitas, keduanya memiliki grafik yang kurang lebih sama dengan densitas, hal ini dapat menunjukkan bahwa densitas berbanding lurus dengan kecepatan rambat suara, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Oelze pada tahun 2002, dan Young di tahun yang sama (Kim et al., 2002; Oelze et al., 2002; Parker & Povey, 2012).

#### 4.5 Analisis Hasil Perhitungan Impedansi Akustik dan Koefisien Transmisi Material Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin)

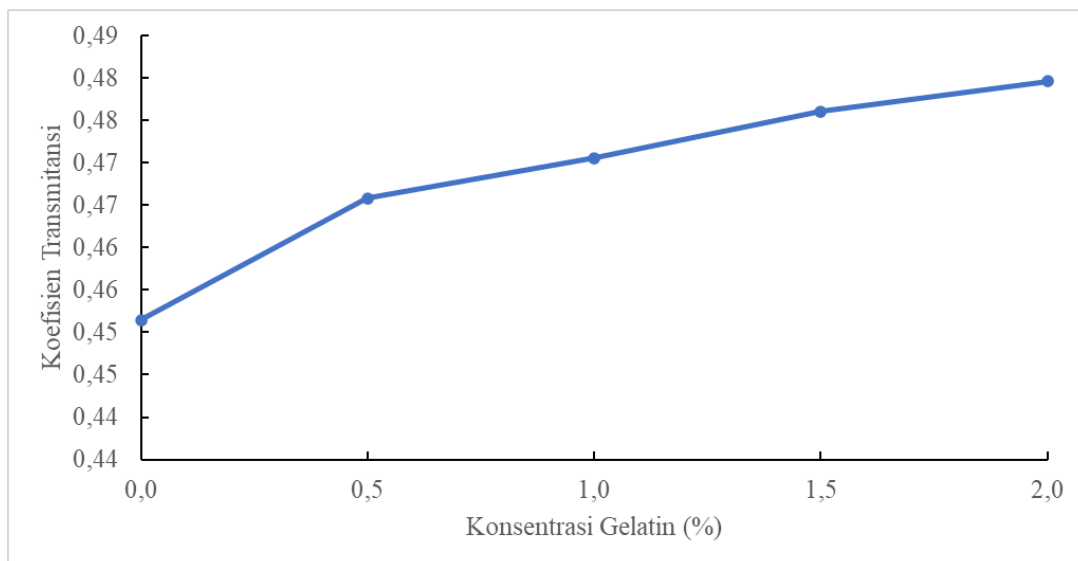
Hasil perhitungan impedansi akustik dan koefisien transmisi, ditunjukkan pada **Tabel 4.3** dan grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.7**:

**Tabel 4. 3** Nilai Impedansi Akustik dan Koefisien Transmisi Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi

Material Kuplan	Impedansi Akustik ( $\times 10^6$ Kg/m <sup>2</sup> S)	Impedansi Akustik ( $\times 10^6$ Kg/m <sup>2</sup> S) Teoritis	Koefisien Transmisi
H <sub>2</sub> O / MC4,0% / Gelatin 0,0%	1,721	1,733	0,451
H <sub>2</sub> O / MC3,5% / Gelatin 0,5%	1,774	1,766	0,466
H <sub>2</sub> O / MC3,0% / Gelatin 1,0%	1,792	1,779	0,471
H <sub>2</sub> O / MC2,5% / Gelatin 1,5%	1,812	1,791	0,476
H <sub>2</sub> O / MC2,0% / Gelatin 2,0%	1,826	1,796	0,480
Sonotech Ultragel II	1,890	1,890	0,497



A.



B.

**Gambar 4. 7** Grafik hasil perhitungan A.) Impedansi akustik B.) Koefisien transmisi pada material kuplan air/Metil Selulosa/Gelatin (H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin)

**Tabel 4.3** dan **Gambar 4.7** menunjukkan hasil Perhitungan Impedansi Akustik dan Koefisien Transmisi, yang secara berturut-turut menggunakan Persamaan (2.5) dan (2.10). Pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 4%/Gelatin 0%, memiliki nilai impedansi akustik sebesar  $1,721 \times 10^6 \text{ Kg/m}^2\text{S}$  dan koefisien transmisi sebesar 0,451. Kemudian, pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 0,5%, nilai impedansi akustik dan koefisien transmisi mengalami peningkatan dengan nilai impedansi akustik dan koefisien transmisi secara berturut-turu sebesar  $1,774 \times 10^6 \text{ Kg/m}^2\text{S}$  dan 0,466, dan seiring dengan bertambahnya konsentrasi gelatin (penurunan konsentrasi metil selulosa), nilai impedansi akustik dan koefisien transmisi pada Material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin mengalami peningkatan, pada impedansi akustik peningkatan dengan nilai 1774 hingga 1826  $\times 10^6 \text{ Kg/m}^2\text{S}$  dan pada koefisien transmisi dengan nilai 0,466 hingga 0,480, dengan nilai impedansi akustik dan koefisien transmisi tertinggi dimiliki oleh variasi H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0%. Kuplan Komersil Sonotech Ultragell II memiliki nilai impedansi akustik sebesar  $1,89 \times 10^6 \text{ Kg/m}^2\text{S}$  dan nilai koefisien transmisi sebesar 0,4975, hal ini membuat kuplan Sonotech Ultragel II memiliki nilai impedansi akustik dan koefisien transmisi terbesar dibandingkan dengan material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin. **Gambar 4.7** menunjukkan bahwa gelatin dapat meningkatkan nilai impedansi akustik dan koefisien transmisi pada material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin. **Gambar 4.7 A.)** menunjukkan nilai impedansi akustik eksperimental yang meningkat. dan juga kenaikan pada impedansi akustik teoritis yang menunjukkan hasil perhitungan impedansi akustik eksperimental sejalan dengan teoritisnya. Hal ini dikarenakan impedansi akustik memiliki hubungan dengan densitas dan cepat rambat, dimana hubungan ini berbanding lurus, apabila densitas dan cepat rambat meningkat, maka impedansi akustiknya akan meningkat. Meningkatnya koefisien transmisi juga dipengaruhi oleh impedansi akustik (Kim et al., 2002).

#### 4.6 Analisis Hasil Pengujian Ultrasonik Material Kuplan Kuplan Air/Metil Selulosa/Gelatin (H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin)

Pengujian Ultrasonik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar gain yang dibutuhkan untuk material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin mendapatkan puncak pada 80 *Full Screen Height* (FSH) dan menggunakan standar yang mengacu pada ASME Sec. V. Pengujian dilakukan menggunakan *Ultrasonik Flaw Detector* SIUI CTS 9005 dengan nomor seri 549341141022 dan SIUI *Calibration No.1* dengan nomor seri 81002009013R dengan skema ditunjukkan pada **Gambar 4.8**, hasil pengujian ini ditunjukkan pada **Gambar 4.9**, **Tabel 4.4** dan grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10**



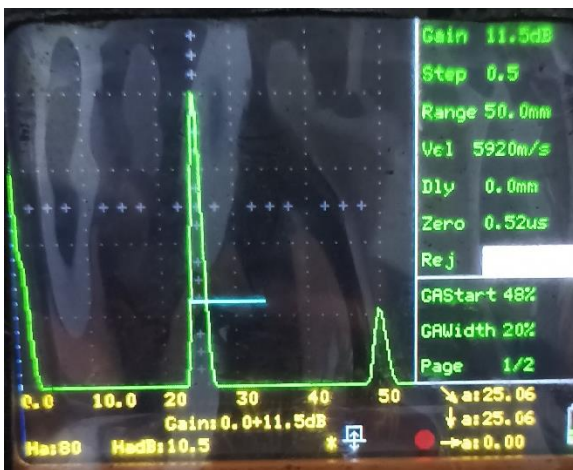
**Gambar 4. 8** Skema Pengujian Ultrasonik



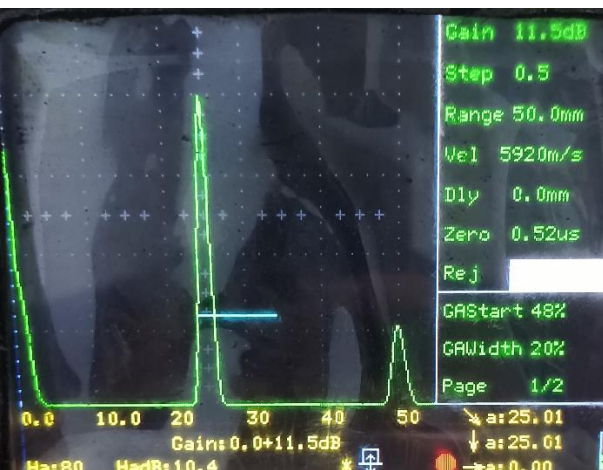
A.



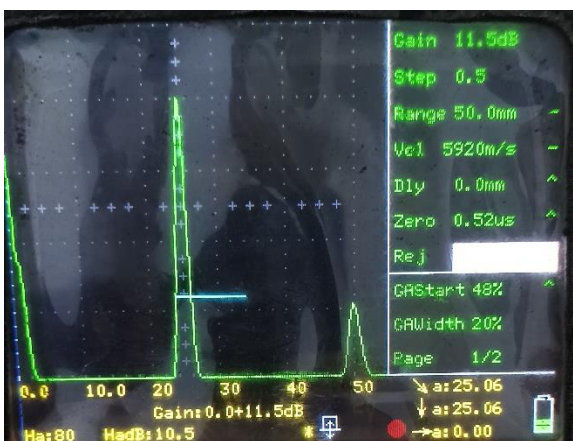
B.



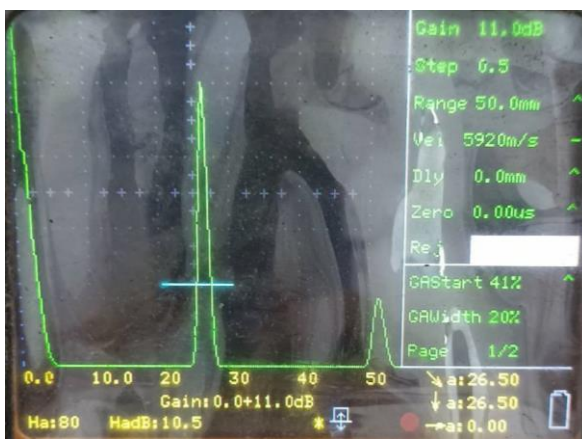
C.



D.



E.

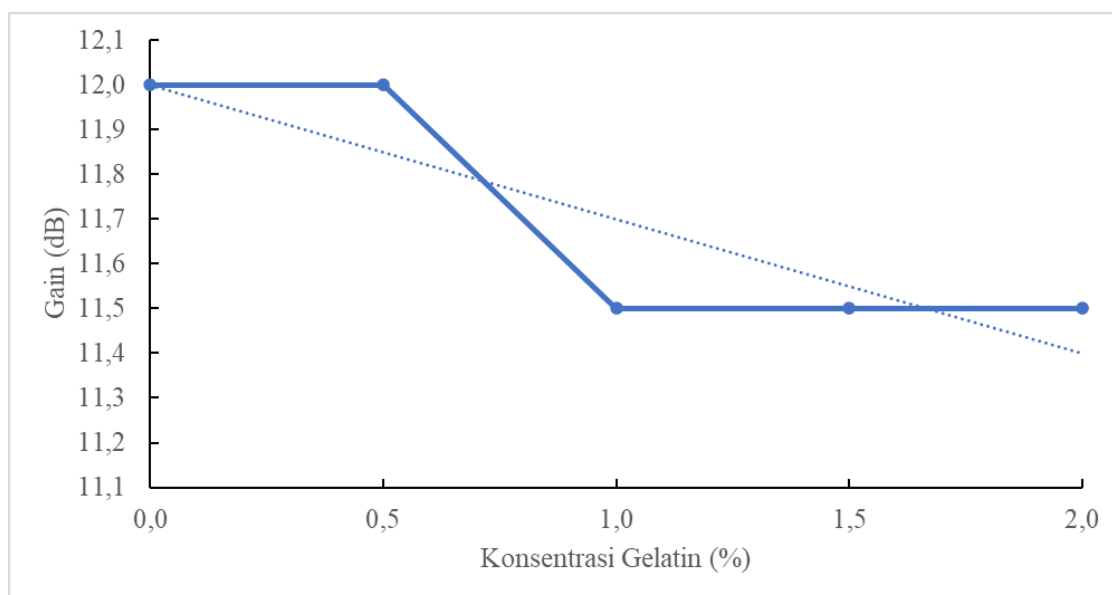


F.

**Gambar 4. 9** Hasil pengujian ultrasonik dari material kuplan dengan variasi A.) H<sub>2</sub>O/MC 4,0%/Gelatin 0,0%; B.) H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 0,5%; C.) H<sub>2</sub>O/MC 3,0%/Gelatin 1,0%; D.) H<sub>2</sub>O/MC 2,5%/Gelatin 1,5%; E.) H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0%; F.) Kuplan komersil Sonotech Ultragel II

**Tabel 4. 4** Gain Material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan berbagai variasi, dan kuplan komersil

Material Kuplan	Gain (dB)
H <sub>2</sub> O / MC 4,0% / Gelatin 0,0%	12,0
H <sub>2</sub> O / MC 3,5% / Gelatin 0,5%	12,0
H <sub>2</sub> O / MC 3,0% / Gelatin 1,0%	11,5
H <sub>2</sub> O / MC 2,5% / Gelatin 1,5%	11,5
H <sub>2</sub> O / MC 2,0% / Gelatin 2,0%	11,5
Sonotech Ultragel II	11,0



**Gambar 4. 10** Grafik hasil pengujian ultrasonik material H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin

**Gambar 4.9, Gambar 4.10, dan Tabel 4.4,** menunjukkan nilai gain dalam pengujian ultrasonik, dimana pada material H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dengan variasi H<sub>2</sub>O/MC 4%/Gelatin 0% memiliki nilai Gain sebesar 12,0 dB, kemudian pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 0,5% memiliki nilai gain yang sama dengan variasi sebelumnya. Pada variasi persentase konsentrasi metil selulosa:gelatin 3,0:1,0, 2,5:1,5, dan 2,0:2,0, ketiganya memiliki nilai Gain yang sama, yaitu sebesar 11,5 dB. *Trendline* yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10** menunjukkan bahwa gelatin dapat menurunkan nilai Gain yang dimana nilai gain dapat mempengaruhi sensitifitas daripada transduser, dimana dengan semakin kecil nilai Gain, maka transduser akan semakin sensitif dan semakin mudah untuk menemukan cacat di dalam material (Kristianto & Putera, 2013). Gain juga dapat dipengaruhi oleh koefisien transmisi, dimana apabila semakin tinggi koefisien transmisi, maka gain yang dihasilkan akan semakin rendah (Kim et al., 2002). Namun apabila dibandingkan dengan kuplan komersil Sonotech Ultragel II yang memiliki gain sebesar 11,0 dB, dapat menunjukkan bahwa kuplan komersil ini masih lebih baik dari pada material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin. Material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin, material Kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin dapat digunakan sebagai kuplan. Hal ini dibuktikan dengan material kuplan H<sub>2</sub>O/MC/Gelatin yang dapat mencapai 80% FSH pada pengujian ultrasonik dengan gain yang paling rendah hanya berbeda 0,5 dB dengan kuplan komersil Sonotech Ultragel II dan dengan mempertimbangkan nilai Densitas, Kecepatan Rambat, Impedansi Akustik, serta Koefisien Transmisi, material kuplan H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0% merupakan komposisi optimal di antara variasi yang lain untuk dijadikan kuplan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil dan analisis data yang telah dilakukan dapat diambil sebuah kesimpulan adalah sebagai berikut:

1. Gelatin memberikan pengaruh berupa peningkatan nilai koefisien transmisi dengan variasi H<sub>2</sub>O/MC 2,0%/Gelatin 2,0% yang memiliki koefisien transmisi tertinggi sebesar 0,480 dan variasi H<sub>2</sub>O/MC 4,0%/Gelatin 0,0% dengan koefisien transmisi terendah sebesar 0,451.
2. Gelatin memberikan pengaruh berupa penurunan nilai gain di mana pada variasi H<sub>2</sub>O/MC 4,0%/Gelatin 0,0% dan H<sub>2</sub>O/MC 3,5%/Gelatin 1,5% dengan nilai gain sebesar 12 dB dan mengalami penurunan pada variasi persentase konsentrasi metil selulosa:gelatin sebesar 3,0:1,0, 2,5:1,5, dan 2,0:2,0 dengan nilai gain sebesar 11,5 dB.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya antara lain:

1. Melakukan penelitian dengan variasi dan parameter lain
2. Melakukan pengujian pada USG untuk melihat efeknya pada bidang kesehatan

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, S., Zahid, M., Rehan, Z. A., Shakir, H. M. F., Javed, H., Aljohani, M. M. H., Mustafa, S. K., Ahmad, M., & Hassan, M. M. (2022). Preparation and Evaluation of Polymer-Based Ultrasound Gel and Its Application in Ultrasonography. *Gels*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/gels8010042>
- ASM International., H. Committee. (1992). *ASM handbook*. ASM International.
- Buslov, D. ~K., Sushko, N. ~I., & Tretinnikov, O. ~N. (2008). Study of thermal gelation of methylcellulose in water using FTIR-ATR spectroscopy. *Journal of Applied Spectroscopy*, 75(4), 514–518. <https://doi.org/10.1007/s10812-008-9081-y>
- Djagny, K. B., Wang, Z., & Xu, S. (2001). Gelatin: A Valuable Protein for Food and Pharmaceutical Industries: Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(6), 481–492. <https://doi.org/10.1080/20014091091904>
- Eid, S., Abdallah, M., Kamar, E., & El-Etre, A. Y. (2015). Corrosion inhibition of aluminum and aluminum silicon alloys in sodium hydroxide solutions by methyl cellulose. *J Mater. Environ. Sci*, 6, 892–901.
- Farahnaky, A., Zendeboodi, F., Azizi, R., Mesbahi, G., & Majzoobi, M. (2016). Solubilization of Bovine Gelatin Using Power Ultrasound: Gelation Without Heating: Solubilization of Bovine Gelatin Without Heating. *Journal of Texture Studies*, 48. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12213>
- Harfmann, R., Deshmukh, B., Conklin, J., Turowski, M., & Lynch, S. (2007). Determination of methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose food gums in food and food products: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 90, 786–793.
- Hellier, C. (2020). *Handbook of Nondestructive Evaluation*, 3E. McGraw-Hill Education. <https://books.google.co.id/books?id=rzDjyEACAAJ>
- Hull, B., & John, V. (1988). *Non-Destructive Testing*. Springer New York. <https://books.google.co.id/books?id=dJkeAQAAIAAJ>
- International Organization of Standard. (2012). *Non-destructive testing - Ultrasonik testing - Specification for calibration block No.1: Vol. ISO 2400:2012*.
- Joshi, S. C., & Lam, Y. C. (2006). Modeling heat and degree of gelation for methyl cellulose hydrogels with NaCl additives. *Journal of Applied Polymer Science*, 101(3), 1620–1629. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/app.23565>
- Kim, Y., Song, S.-J., Lee, S.-S., Lee, J.-K., Hong, S.-S., & Eom, heung-seop. (2002). A Study of the Couplant Effects on Contact Ultrasonik Testing. *Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing*, 22.
- Krautkrämer, J., Krautkrämer, H., Hislop, J. D., Grabendörfer, W., Frielinghaus, R., Kaule, W., Niklas, L., Opara, U., Schlengermann, U., & Seiger, H. (2013). *Ultrasonik Testing of Materials*. Springer Berlin Heidelberg. <https://books.google.co.id/books?id=GwDvCAAQAQBAJ>
- Kristianto, D., & Putera, W. H. A. (2013). Studi Penentuan Panjang dan Kedalaman Retak Sambungan Las pada Konstruksi Kapal Menggunakan Pengujian Ultrasonik dengan Variasi Frekuensi dan Ukuran Kristal dan Variasi Kondisi Permukaan Coating dan Uncoating. *Jurnal Teknik ITS*, 2.
- Kumar, A., Gupta, N., Gupta, R. R., & Kumar, Y. (2006). *Effect of coupling conditions on ultrasonik echo parameters*.
- Maggi, L. E., Silva, C. E. R., Alvarenga, A. v., & Costa-Felix, R. P. B. (2011). Ultrasonik calibration and certification of V1 and V2 type reference standard blocks for use in Non-Destructive Testing. *Journal of Physics: Conference Series*, 279(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/279/1/012029>

- Mao, H., Lan, S., Mao, H., Ren, J., Yi, X., Huang, Z., & Li, X. (2022). Experimental Study on Properties of Ultrasonik Coupling Agent with Graphene in NDT. *Applied Sciences*.
- Maryam, St., Effendi, N. I., & Kasmah, K. (2019). Produksi dan Karakterisasi Gelatin dari Limbah Tulang Ayam dengan Menggunakan Spektrofotometer Ftir (Fourier Transform Infra Red). *Majalah Farmaseutik*.
- Muyonga, J. H., Cole, C. G. B., & Duodu, K. G. (2004). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic study of acid soluble collagen and gelatin from skins and bones of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chemistry*, 86, 325–332.
- Netshidavhini, N., & Mabuza, R. B. (2012). *Effects of Various Couplants on Carbon Steel and Aluminium Materials Using Ultrasonik Testing*.
- Nurjannah, N., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi sebagai Biokomposit Hidrogel. *Al-Kimiya*, 7, 19–27. <https://doi.org/10.15575/ak.v7i1.6490>
- Oelze, M. L., O'Brien, W. D., & Darmody, R. G. (2002). Measurement of Attenuation and Speed of Sound in Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 788–796. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaj2002.7880>
- Park, K., Kim, Y., & Lee, K. (2019). Analysis of deuterated water contents using FTIR bending motion. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 322. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06734-z>
- Parker, N. G., & Povey, M. J. W. (2012). Ultrasonik study of the gelation of gelatin: Phase diagram, hysteresis and kinetics. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 99–107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.04.016>
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2020). *Handbook of Hydrocolloids*. Elsevier Science. <https://books.google.co.id/books?id=ODgHEAAQBAJ>
- Rahmidar, L., Wahidiniawati, S., & Sudiarti, T. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Metil Selulosa dari Bonggol dan Kulit Nanas (*Ananas comosus*). *Alotrop*, 2. <https://doi.org/10.33369/atp.v2i1.4807>
- Rimdusit, S., Jingjid, S., Damrongsakkul, S., Tiptipakorn, S., & Takeichi, T. (2008). Biodegradability and property characterizations of Methyl Cellulose: Effect of nanocompositing and chemical crosslinking. *Carbohydrate Polymers*, 72(3), 444–455. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.09.007>
- Seitl, S., Miarka, P., Klusák, J., Fintová, S., & Kunz, L. (2018). Comparison of the Fatigue Crack Propagation Rates in S355 J0 and S355 J2 Steel Grades. *Key Engineering Materials*, 784, 91–96. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.784.91>
- Setyawaty, R., & Triliandari, M. (2018). Gelatin Production from Skin of Chicken Leg using A Variety of Naoh Concentration. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 13, 126–132. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2018.013.02.7>
- Shivamurthy B., Krishnamurthy, & Sachidanada H. K. (2018). Case study on water based cellulose couplant in contact type ultrasonik testing. *MATEC Web Conf.*, 144, 2016. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714402016>
- Sumiati, T., Ratnasari, D., & Setiadji, A. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Cangkang Kapsul Keras dari Gelatin Tulang Ikan Lele Dumbo (*Clarias Gariepinus*). *Jurnal Farmamedika (Pharmamedica Journal)*, 5. <https://doi.org/10.47219/ath.v5i2.106>
- Virgilio, N., Wang, C.-S., Wood-Adams, P., & Heuzey, M.-C. (2018). A gelation mechanism for gelatin/polysaccharide aqueous mixtures. *Food Hydrocolloids*, 79, 462–472. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.016>

## LAMPIRAN

### 1. Perhitungan Massa Spesimen

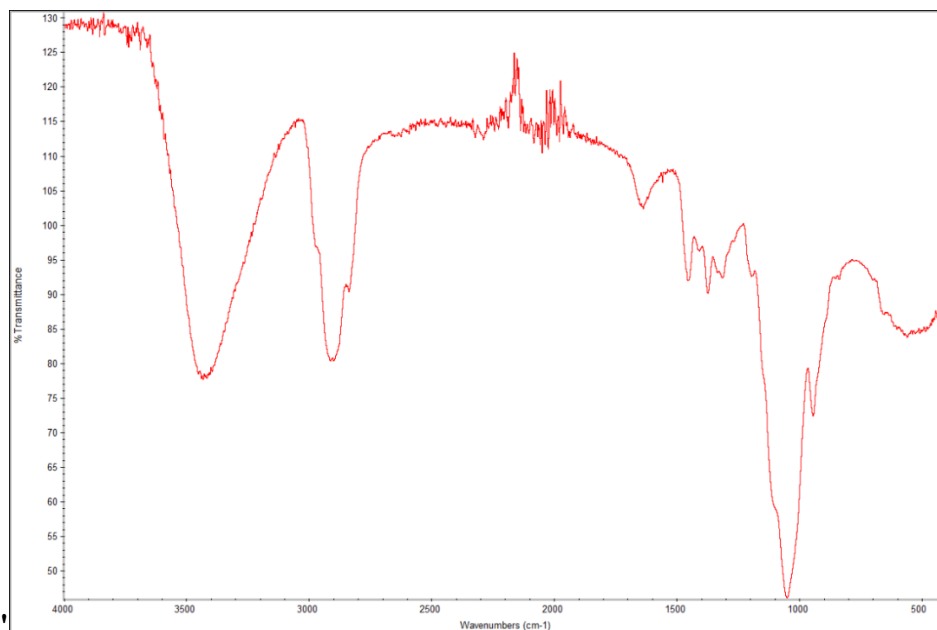
Perhitungan Komposisi Material Kuplan

Massa Total = 260 gram

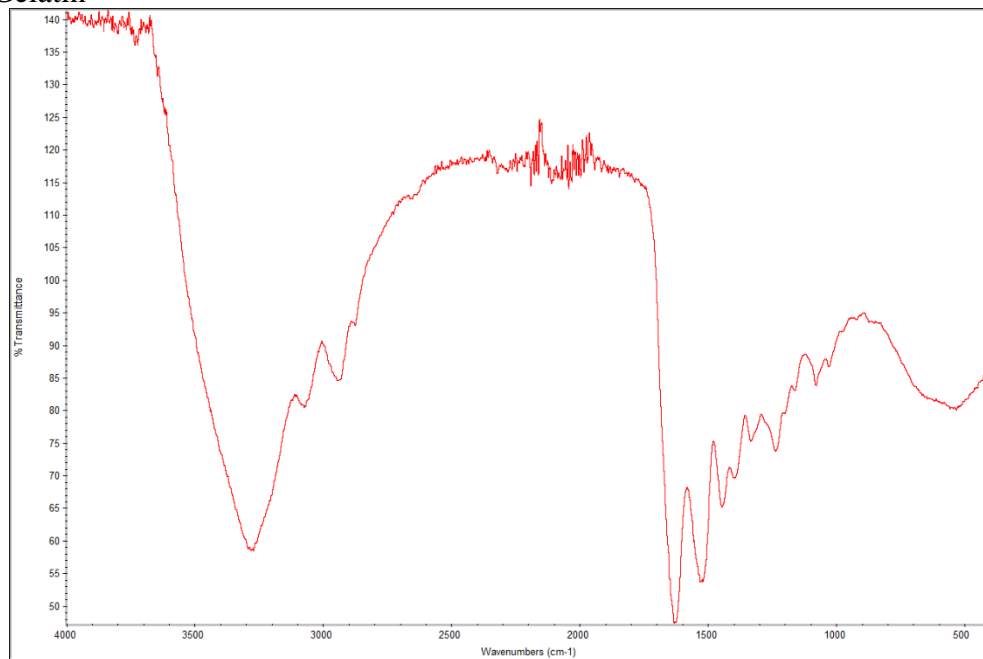
- H<sub>2</sub>O/MC4%/Gelatin 0%  
Massa H<sub>2</sub>O =  $0,960 \times 260 = 249,6$  gram  
Massa Metil Selulosa =  $0,040 \times 260 = 10,4$  gram  
Massa Gelatin =  $0 \times 260 = 0$  gram
- H<sub>2</sub>O/MC3,5%/Gelatin 0,5%  
Massa H<sub>2</sub>O =  $0,960 \times 260 = 249,6$  gram  
Massa Metil Selulosa =  $0,035 \times 260 = 9,1$  gram  
Massa Gelatin =  $0,005 \times 260 = 1,3$  gram
- H<sub>2</sub>O/MC3,0%/Gelatin 1,0%  
Massa H<sub>2</sub>O =  $0,960 \times 260 = 249,6$  gram  
Massa Metil Selulosa =  $0,030 \times 260 = 7,8$  gram  
Massa Gelatin =  $0,010 \times 260 = 2,6$  gram
- H<sub>2</sub>O/MC2,5%/Gelatin 1,5%  
Massa H<sub>2</sub>O =  $0,960 \times 260 = 249,6$  gram  
Massa Metil Selulosa =  $0,025 \times 260 = 6,5$  gram  
Massa Gelatin =  $0,015 \times 260 = 3,9$  gram
- H<sub>2</sub>O/MC2,0%/Gelatin 2,0%  
Massa H<sub>2</sub>O =  $0,960 \times 260 = 249,6$  gram  
Massa Metil Selulosa =  $0,020 \times 260 = 5,2$  gram  
Massa Gelatin =  $0,020 \times 260 = 5,2$  gram

### 2. Pengujian FTIR

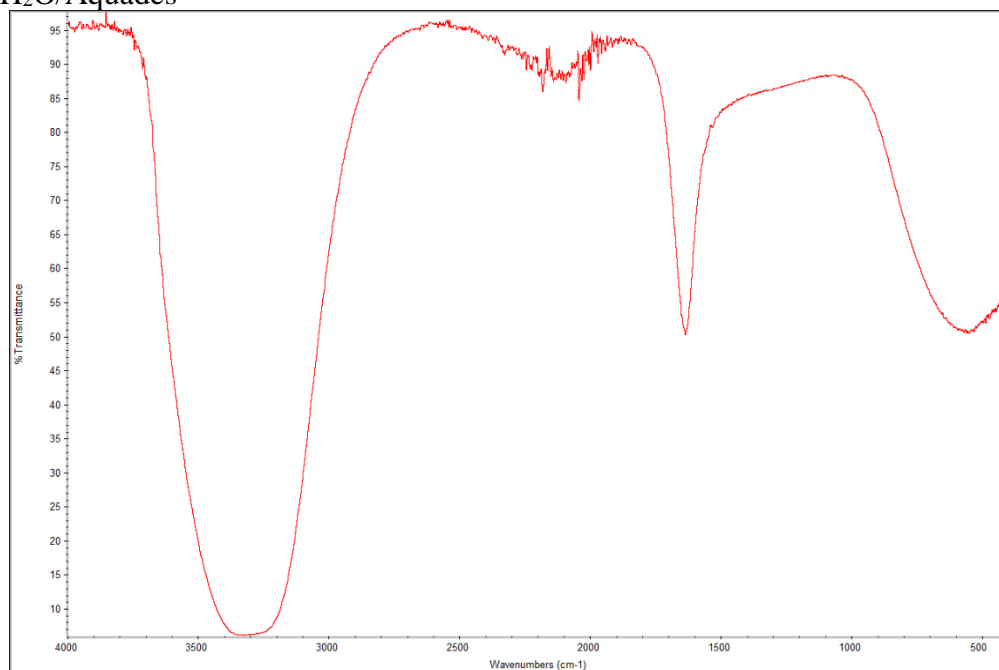
#### a. Metil Selulosa



b. Gelatin



c. H<sub>2</sub>O/Aquades



### 3. Pengujian Densitas

#### ▪ Piknometer 1

Massa piknometer kosong = 17,38 gram

Volume piknometer = 25,57 gram

a. H<sub>2</sub>O/MC4,0%/Gelatin 0,0%

• Perhitungan 1

Massa piknometer kosong + material kuplan + air = 42,88 gram

Massa piknometer kosong + material kuplan = 24,74 gram

---

Massa air	= 42,88 gram - 24,74 = 18,14 gram
Massa material kuplan	= 24,74 - 17,38 = 7,36 gram
Volume air	= 18,14 gram / 0,99753 gr/cm <sup>3</sup> = 18,18 cm <sup>3</sup>
Volume material kuplan	= 18,18 - 25,57 = 7,38 cm <sup>3</sup>
Densitas	= 7,36 gram / 7,38 cm <sup>3</sup> = 0,99 gram/ cm <sup>3</sup>

- Perhitungan 2

Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 42,91 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 22,83 gram
Massa air	= 42,91 gram - 22,83 = 20,08 gram
Massa material kuplan	= 22,83 - 17,38 = 5,45 gram
Volume air	= 20,08 gram / 0,99753 gr/cm <sup>3</sup> = 20,13 cm <sup>3</sup>
Volume material kuplan	= 20,13 - 25,57 = 5,44 cm <sup>3</sup>
Densitas	= 5,45 gram / 5,44 cm <sup>3</sup> = 1,00 gram/ cm <sup>3</sup>

- Perhitungan 3

Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 42,90 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 22,65 gram
Massa air	= 42,90 gram - 22,65 = 20,25 gram
Massa material kuplan	= 22,65 - 17,38 = 5,27 gram
Volume air	= 20,25 gram / 0,99753 gr/cm <sup>3</sup> = 20,30 cm <sup>3</sup>
Volume material kuplan	= 20,89 - 25,57 = 5,26 cm <sup>3</sup>
Densitas	= 5,27 gram / 5,26 cm <sup>3</sup> = 1,00 gram/ cm <sup>3</sup>

b. H<sub>2</sub>O/MC3,5%/Gelatin 0,5%

- Perhitungan 1

Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 42,93 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 22,20 gram
Massa air	= 42,93 gram - 22,20 = 20,73 gram
Massa material kuplan	= 22,20 - 17,38 = 4,82 gram
Volume air	= 20,73 gram / 0,99753 gr/cm <sup>3</sup> = 20,78 cm <sup>3</sup>
Volume material kuplan	= 20,78 - 25,57 = 4,78 cm <sup>3</sup>
Densitas	= 4,82 gram / 4,78 cm <sup>3</sup> = 1,00 gram/ cm <sup>3</sup>

- Perhitungan 2

Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 42,99 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 23,41 gram
Massa air	= 42,99 gram - 23,41 = 19,58 gram
Massa material kuplan	= 23,41 - 17,38 = 6,03 gram
Volume air	= 19,58 gram / 0,99753 gr/cm <sup>3</sup> = 19,62 cm <sup>3</sup>
Volume material kuplan	= 19,26 - 25,57 = 5,94 cm <sup>3</sup>
Densitas	= 6,03 gram / 5,94 cm <sup>3</sup> = 1,01 gram/ cm <sup>3</sup>

- Perhitungan 3

Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 42,96 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 22,71 gram
Massa air	= 42,96 gram - 22,71 = 20,25 gram
Massa material kuplan	= 20,25 - 17,38 = 5,33 gram
Volume air	= 20,25 gram / 0,99753 gr/cm <sup>3</sup> = 20,30 cm <sup>3</sup>

---

Volume material kuplan =  $20,30 - 25,52 = 5,26 \text{ cm}^3$   
 Densitas =  $5,33 \text{ gram} / 5,26 \text{ cm}^3 = 1,01 \text{ gram/ cm}^3$

c. H<sub>2</sub>O/MC3,0%/Gelatin 1,0%

• Perhitungan 1

Massa piknometer kosong + material kuplan + air = 43,01 gram  
 Massa piknometer kosong + material kuplan = 24,69 gram  
 Massa air =  $43,01 \text{ gram} - 24,69 = 18,32 \text{ gram}$   
 Massa material kuplan =  $24,69 - 17,38 = 7,31 \text{ gram}$   
 Volume air =  $18,32 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 18,36 \text{ cm}^3$   
 Volume material kuplan =  $18,36 - 25,57 = 7,20 \text{ cm}^3$   
 Densitas =  $7,31 \text{ gram} / 7,20 \text{ cm}^3 = 1,01 \text{ gram/ cm}^3$

• Perhitungan 2

Massa piknometer kosong + material kuplan + air = 42,99 gram  
 Massa piknometer kosong + material kuplan = 26,03 gram  
 Massa air =  $42,99 \text{ gram} - 26,03 = 16,96 \text{ gram}$   
 Massa material kuplan =  $26,03 - 17,38 = 8,65 \text{ gram}$   
 Volume air =  $16,96 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 17,00 \text{ cm}^3$   
 Volume material kuplan =  $17,00 - 25,57 = 8,56 \text{ cm}^3$   
 Densitas =  $8,65 \text{ gram} / 8,56 \text{ cm}^3 = 1,00 \text{ gram/ cm}^3$

• Perhitungan 3

Massa piknometer kosong + material kuplan + air = 43,05 gram  
 Massa piknometer kosong + material kuplan = 26,45 gram  
 Massa air =  $43,05 \text{ gram} - 26,45 = 16,60 \text{ gram}$   
 Massa material kuplan =  $26,45 - 17,38 = 9,07 \text{ gram}$   
 Volume air =  $16,60 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 16,64 \text{ cm}^3$   
 Volume material kuplan =  $16,64 - 25,57 = 8,92 \text{ cm}^3$   
 Densitas =  $9,07 \text{ gram} / 8,92 \text{ cm}^3 = 1,01 \text{ gram/ cm}^3$

d. H<sub>2</sub>O/MC2,5%/Gelatin 1,5%

• Perhitungan 1

Massa piknometer kosong + material kuplan + air = 43,11 gram  
 Massa piknometer kosong + material kuplan = 28,63 gram  
 Massa air =  $43,11 \text{ gram} - 28,63 = 14,48 \text{ gram}$   
 Massa material kuplan =  $28,63 - 17,38 = 11,25 \text{ gram}$   
 Volume air =  $14,48 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 14,51 \text{ cm}^3$   
 Volume material kuplan =  $14,51 - 25,57 = 11,05 \text{ cm}^3$   
 Densitas =  $11,25 \text{ gram} / 11,05 \text{ cm}^3 = 1,01 \text{ gram/ cm}^3$

• Perhitungan 2

Massa piknometer kosong + material kuplan + air = 43,07 gram  
 Massa piknometer kosong + material kuplan = 26,90 gram  
 Massa air =  $43,07 \text{ gram} - 26,90 = 16,17 \text{ gram}$   
 Massa material kuplan =  $26,90 - 17,38 = 9,52 \text{ gram}$   
 Volume air =  $16,17 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 16,21 \text{ cm}^3$



---

Volume material kuplan	= $16,21 - 25,57 = 9,36 \text{ cm}^3$
Densitas	= $9,52 \text{ gram} / 9,36 \text{ cm}^3 = 1,01 \text{ gram/ cm}^3$
• Perhitungan 3	
Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 43,17 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 29,18 gram
Massa air	= $43,17 \text{ gram} - 29,18 = 13,99 \text{ gram}$
Massa material kuplan	= $29,18 - 17,38 = 11,80 \text{ gram}$
Volume air	= $13,99 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 14,02 \text{ cm}^3$
Volume material kuplan	= $14,02 - 25,52 = 11,54 \text{ cm}^3$
Densitas	= $11,54 \text{ gram} / 11,36 \text{ cm}^3 = 1,02 \text{ gram/ cm}^3$
e. H <sub>2</sub> O/MC2,0%/Gelatin 2,0%	
• Perhitungan 1	
Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 43,05 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 22,81 gram
Massa air	= $43,05 \text{ gram} - 22,81 = 20,24 \text{ gram}$
Massa material kuplan	= $22,81 - 17,38 = 5,43 \text{ gram}$
Volume air	= $20,24 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 20,29 \text{ cm}^3$
Volume material kuplan	= $20,29 - 25,57 = 5,28 \text{ cm}^3$
Densitas	= $5,43 \text{ gram} / 5,28 \text{ cm}^3 = 1,02 \text{ gram/ cm}^3$
• Perhitungan 2	
Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 43,17 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 29,67 gram
Massa air	= $43,17 \text{ gram} - 29,67 = 13,5 \text{ gram}$
Massa material kuplan	= $29,67 - 17,38 = 12,29 \text{ gram}$
Volume air	= $13,5 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 13,53 \text{ cm}^3$
Volume material kuplan	= $13,53 - 25,57 = 12,03 \text{ cm}^3$
Densitas	= $12,29 \text{ gram} / 12,03 \text{ cm}^3 = 1,02 \text{ gram/ cm}^3$
• Perhitungan 3	
Massa piknometer kosong + material kuplan + air	= 43,13 gram
Massa piknometer kosong + material kuplan	= 27,97 gram
Massa air	= $43,13 \text{ gram} - 27,97 = 15,16 \text{ gram}$
Massa material kuplan	= $27,97 - 17,38 = 10,59 \text{ gram}$
Volume air	= $15,16 \text{ gram} / 0,99753 \text{ gr/cm}^3 = 15,19 \text{ cm}^3$
Volume material kuplan	= $15,19 - 25,57 = 10,37 \text{ cm}^3$
Densitas	= $10,59 \text{ gram} / 10,37 \text{ cm}^3 = 1,02 \text{ gram/ cm}^3$

---

4. Kekentalan Kuplan

**Tabel 1.** Waktu Yang Diperlukan Kuplan Untuk Mencapai Dasar Cawan Petri

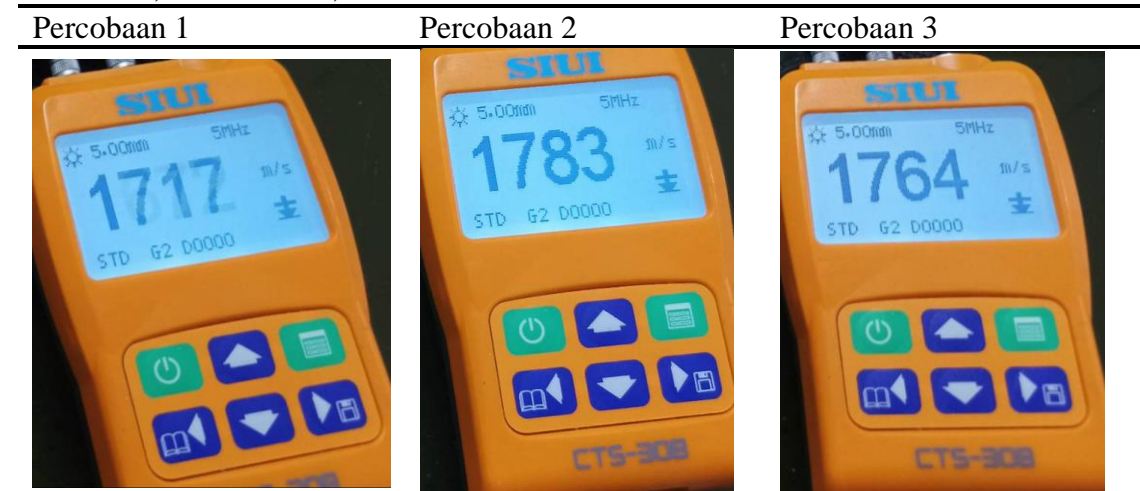
Material Kuplan	Lama jatuh (Detik)
H <sub>2</sub> O / MC4,0% / Gelatin 0,0%	49,85
H <sub>2</sub> O / MC3,5% / Gelatin 0,5%	167,79
H <sub>2</sub> O / MC3,0% / Gelatin 1,0%	27,54
H <sub>2</sub> O / MC2,5% / Gelatin 1,5%	124,08
H <sub>2</sub> O / MC2,0% / Gelatin 2,0%	15,96

5. Pengujian Cepat Rambat

a. H<sub>2</sub>O/MC4%/Gelatin 0%



b. H<sub>2</sub>O/MC3,0%/Gelatin 0,5%



c.  $H_2O/MC3,0\%/Gelatin\ 1,0\%$



d.  $H_2O/MC2,5\%/Gelatin\ 1,5\%$



e.  $H_2O/MC2,0\%/Gelatin\ 2,0\%$



## 6. Pengujian Ultrasonik

### a. H<sub>2</sub>O/MC4%/Gelatin 0%



b. H<sub>2</sub>O/MC3,0%/Gelatin 0,5%



c. H<sub>2</sub>O/MC3,0%/Gelatin 1,0%



d. H<sub>2</sub>O/MC2,5%/Gelatin 1,5%



e. H<sub>2</sub>O/MC2,0%/Gelatin 2,0%



## UCAPAN TERIMA KASIH

Terdapat banyak dukungan yang diterima oleh penulis dari berbagai pihak selama masa pengerjaan laporan penelitian Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis hendak menyampaikan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan di antaranya:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkah dan rahmatnya
2. Ayah, Bunda, Adek Queen, dan keluarga besar penulis yang telah memberi dukungan dan doa kepada penulis di setiap kondisi.
3. Pak Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc. dan Pak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si. PhD. Sebagai dosen pembimbing yang selalu membimbing dan memberi nasihat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh guru dan dosen penulis yang selalu sabar mengajar dan memberi ilmu kepada penulis selama penulis menempuh dunia pendidikan.
5. Bagus Cahyo Kuncoro sebagai rekan pengerjaan Tugas Akhir yang telah berjuang dan saling membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
6. Anggota Laboratirium Inovasi Material yang membantu dan menemani penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
7. Teman-teman MT20 sebagai angkatan dan keluarga di dalam departemen yang telah menemani masa-masa perkuliahan
8. Kepada keluarga NGEBUT yang telah menemani selama masa perkuliahan baik didalam atau diluar perkuliahan dan sebagai pelepas penat.
9. Keluarga Besar IFLS sebagai keluarga UKM tempat penulis mengembangkan Minat dan Bakatnya
10. Grup “Institut Thomas Slebew” yang telah menemani penulis selama masa pandemi dan sebagai Pelepas penat
11. Grup “Masyarakat Moment” yang telah memberikan dukungan selama pengerjaan tugas akhir saya
12. Harunika Sunday, Calmboi, dan ShiraPopo, serta tim IMAGI Project yang telah memberikan saya tempat untuk berkembang di luar kampus dan sebagai teman untuk melepas penat
13. Komunitas “Perkumpulan Otaku Surabaya (Pan.t.su)” yang telah memberikan saya tempat untuk berkembang di luar kampus dan surabaya
14. Teman-teman komunitas KERAD JAKUT sebagai teman seperjuangan sejak SMA hingga sekarang yang telah berjuang Bersama menghadapi dunia perkuliahan

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis selama perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir, semoga Tugas Akhir ini membawa banyak manfaat khususnya demi kemajuan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS dan Indonesia

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BIODATA PENULIS



Naufal Rais Nada lahir di Jakarta pada tanggal 9 November 2000 Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Bertempat tinggal di JL. Kalibaru Barat II No.33. Riwayat pendidikan dimulai dari SDN Kalibaru 07 Pagi dan lulus pada tahun 2012, kemudian melanjutkan sekolah di SMPN 30 Jakarta dan lulus pada tahun 2015, lalu melanjutkan sekolah di SMAN 52 Jakarta dan lulus pada tahun 2018. Kemudian melanjutkan ke dunia perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada Departemen Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem angkatan 2018. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di UKM IFLS dan menjabat sebagai Wakil Ketua. Penulis juga aktif di Lembaga Minat Bakat sebagai staff ahli media. Penulis juga telah melakukan kerja praktik pada perusahaan PT. Merpati Maintenance Facility selama 30 hari di bagian *workshop* NDT. Untuk menyelesaikan studi S1, penulis

melakukan penelitian dalam bidang material inovatif tentang uji tidak merusak dengan judul “PENGARUH GELATIN PADA GEL METIL SELULOSA/GELATIN *AQUEOUS MIXTURE* TERHADAP TRANSMITANSI DAN GAIN ULTRASONIK UNTUK APLIKASI KUPLAN BERBASIS AIR”. informasi Penulis dapat dihubungi melalui nomor telepon +6282113901743 dan alamat email nrais157@gmail.com.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*