

Perancangan Sistem Pemancar Sinyal Deteksi Kebocoran Pipa Air Bersih Bawah Tanah Berbasis Sensor Ultrasonik

1st Fahmi Achmad Fahrudin

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

fahmiah@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Basuki Rahmat

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

basukir@telkomuniversity.ac.id

3rd Sony Sumaryo

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Air bersih adalah salah satu kebutuhan utama yang terpenting dalam keberlangsungan hidup manusia. Air bersih didistribusikan ke setiap area pelanggan melalui saluran air bawah tanah. Hal yang perlu diperhatikan adalah pipa bawah tanah yang cukup rentan akan kebocoran. Kebocoran pipa air bawah tanah dapat diakibatkan karena beberapa hal yaitu instalasi yang kurang baik, tekanan pada pipa yang tidak sesuai serta kualitas pipa yang buruk. Hal tersebut cukup merugikan konsumen karena pasokan air bersih yang terbatas bahkan terhenti. Masalah kebocoran air pada pipa air bersih bawah tanah ini dapat dideteksi lebih dini dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang dijalarakan pada pipa, kemudian hasil dideteksi ini diproses oleh alat pendeteksi untuk mengetahui kondisi gelombang pada pipa atau mengirimkan peringatan dini kebocoran. Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan perancangan dan implementasi sistem deteksi kebocoran pipa air bawah tanah dengan menerapkan gelombang ultrasonik. Pengerjaan dalam tugas akhir ini bersifat kelompok dengan pembagian menjadi dua pekerjaan yaitu Transmister ultrasonic dan Receiver ultrasonic. Pada tugas akhir ini dikerjakan pembuatan transmitter ultrasonic. Dengan sistem yang dibuat ini, diharapkan pendeteksian kebocoran pipa air bawah tanah dapat yang dilakukan lebih efektif. Dari hasil percobaan pada tugas akhir ini, diperoleh hasil bahwa gelombang ultrasonik cukup dapat membaca adanya kebocoran yang terjadi namun belum dapat mendeteksi dengan pasti posisi lokasi titik kebocoran.

Kata kunci— *gelombang, ultrasonik, pipa, detektor, transmitter.*

I. PENDAHULUAN

Air bersih adalah salah satu hal yang terpenting dalam keberlangsungan hidup manusia. Hampir setiap lapisan masyarakat menggunakan air untuk melakukan kegiatan sehari-hari seperti mencuci, membersihkan diri, minum dan banyak hal lainnya. Air bersih didistribusikan ke setiap pelosok daerah melalui saluran air bawah tanah.

Namun, kendala yang sering dihadapi dalam proses pendistribusian ini ialah bocornya pipa yang cukup merugikan masyarakat, karena keterlambatan akan mendeteksi bocor nya pipa yang berada pada pipa bawah tanah. Seperti dilansir dari situs berita harian bogordaily, dampak dari kebocoran pipa tersebut mengakibatkan kondisi disekitar kebocoran pipa menjadi kotor lantaran lumpur. Disamping itu, kebocoran pipa tersebut pun cukup membuat rugi perusahaan penyedia air ini dan membuat rugi pelanggan yang tiap bulan membayar setiap bulannya ke perusahaan tersebut.[14]

Untuk menanggulangi masalah ini, diperlukan alat untuk mendeteksi secara dini titik letak posisi kebocoran pada pipa air berada. Titik kebocoran ini dapat dideteksi dengan gelombang ultrasonik yang dijalarakan di dalam pipa air bawah tanah menggunakan sensor ultrasonik.

Perancangan alat Sistem Deteksi Kebocoran Air Bersih Bawah Tanah Berbasis Sensor Ultrasonik ini diharapkan dapat mendeteksi lebih dini kebocoran pipa air bersih di bawah tanah agar dapat digunakan dan bermanfaat bagi masyarakat. Lebih lanjut, pekerjaan pembuatan sistem pemancar sinyal deteksi kebocoran pipa air bersih bawah tanah berbasis sensor ultrasonik dalam tugas akhir ini merupakan pekerjaan kelompok, dimana pada tugas akhir ini akan dibuat subsistem pemancar sinyal ultrasonik.

II. KAJIAN TEORI

A. Konsep Solusi

Perancangan alat pada sistem kebocoran pada pipa bawah air ini yaitu dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik menggunakan transduser ultrasonik. Alat ini bekerja dengan menjalarakan gelombang ultrasonik didalam pipa sehingga letak kebocoran dapat diketahui yaitu dengan adanya interferensi antara gelombang ultrasonik dan turbulensi (noise) yang berasal dari titik kebocoran. Rancangan ini menggunakan power supply sebagai penyuplai daya untuk transmitter dan receiver berupa transduser ultrasonik yang berbahan anti-air. Gelombang ultrasonik akan ditransmisikan oleh transmitter ke receiver yang nantinya akan ditampilkan di osiloskop.



GAMBAR 1 Konsep Solusi

B. Gelombang

Gelombang adalah suatu peristiwa penjalaran getaran melalui suatu medium dari satu titik ke titik lainnya tanpa adanya materi yang ikut berpindah. Berdasarkan arah rambatnya, gelombang dapat diklasifikasikan menjadi gelombang longitudinal dan gelombang transversal. Gelombang Longitudinal adalah sebuah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya. Kemudian, gelombang transversal merupakan gelombang yang memiliki arah getar yang tegak lurus dengan arah getarnya. Sedangkan bila diklasifikasikan berdasarkan medium perambatannya,

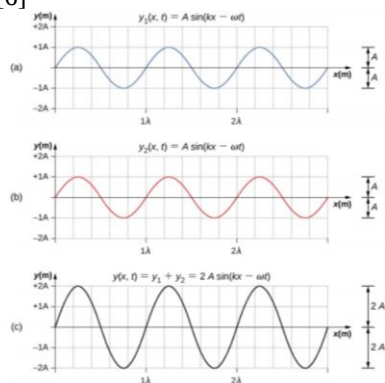
gelombang diklasifikasikan menjadi dua yaitu gelombang mekanik yang mana membutuhkan suatu medium untuk merambat dan gelombang elektromagnetik yang mana tidak memerlukan medium untuk merambat karena dapat merambat melalui ruang hampa sekalipun.

C. Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik yang frekuensinya berada diatas 20 kHz dan dapat merambat melalui medium padat, cair dan gas. Gelombang ultrasonik memiliki kecepatan yang cukup rendah, sehingga gelombang ini cocok diaplikasikan untuk untuk memperoleh informasi waktu dan *delay*[3]. Gelombang ultrasonik sering digunakan dalam pemeriksaan kualitas produk dalam skala industry. Seperti contoh dalam bidang kedokteran yang mana gelombang ultrasonik memiliki daya tembus yang kuat, sehingga cocok untuk proses diagnosis, penghancuran dan pengobatan.[4].

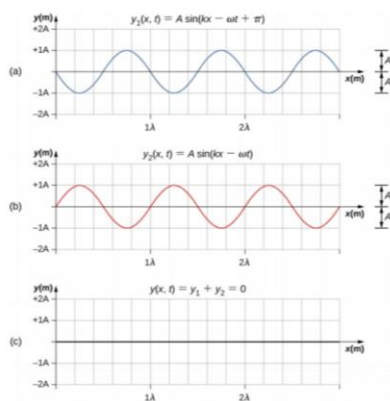
D. Interferensi

Untuk menganalisis interferensi diantara dua gelombang, dapat menggunakan konsep dari superposisi. Dimana konsep itu berarti apabila terdapat dua atau lebih gelombang yang merambat pada suatu medium, menyatu pada satu titik yang sama. Interferensi terbagi menjadi dua macam yaitu interferensi konstruktif dan interferensi destruktif. [5][6]



GAMBAR 2 Interferensi Konstruktif

Interferensi konstruktif yaitu interferensi yang terjadi saat kedua gelombang bertemu sehingga menghasilkan amplitudo yang lebih besar. Hal tersebut terjadi karena fasa dari gelombang yang bertemu sama, sehingga gelombang akan saling menguatkan.



GAMBAR 3 Inrerferensi Destruktif

Disamping itu, interferensi destruktif adalah sebuah interferensi yang mana saat kedua gelombang bertemu sehingga menghasilkan amplitudo yang lebih kecil dan cenderung akan saling melemahkan. Hal ini terjadi karena fasa dari gelombang yang bertemu berbeda. [7].

E. Atenuasi

Atenuasi merupakan suatu gejala melemahnya sebuah sinyal informasi yang diakibatkan karena bertambahnya jarak suatu sinyal dan juga karena makin tingginya frekuensi sebuah sinyal. Hal ini dapat menyebabkan gangguan antara informasi yang dikirimkan oleh transmitter dengan informasi yang diterima oleh receiver. Sebuah medium adalah salah satu penyebab atenuasi pada sebuah sinyal, karena tiap medium akan memberikan perlakuan berbeda untuk tiap sinyal yang melewatinya. Dan bila frekuensi sinyal meningkat, maka energi pada gelombang pun akan berkurang sepanjang jarak perambatannya.

F. Kebocoran Pipa

Kebocoran pipa air disebabkan oleh banyak hal, namun pada umumnya kebocoran ini disebabkan oleh instalasi yang kurang baik, tekanan pada pipa yang tidak sesuai serta kualitas pipa yang buruk. Pada pipa, kebocoran dapat menyebabkan suara bising atau disebut dengan turbulensi.

Ada 4 jenis suara yang terdapat dalam pipa diantaranya[10] :

1 Desis dan Whoosh

Adanya getaran pada pipa dan penurunan tekanan pada pipa yang bocor

2 Percikan dan Aliran Air

Aliran air yang melaju di sepanjang pipa

3 Dentuman atau Hentakan

Semburan air yang membentur tanah

4 Dentingan

Batu atau kerikil yang terpelanting dalam pipa

Suatu material pun dapat menjadi indikator penting bagi kekuatan frekuensi noise yang berada di dalam pipa.

G. Transduser Ultrasonik

Transduser merupakan sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik maupun sebaliknya[3]. Salah satu pengaplikasian cara kerja transduser ini adalah pada gelombang ultrasonik. Untuk dapat membangkitkan dan menerima sinyal ultrasonik ini dapat dengan menggunakan elemen aktif yang bernama piezoelectric. Yang mana terdapat dua komponen penting didalamnya yaitu pemancar (transmitter) untuk mengirim sinyal listrik dalam bentuk gelombang ultrasonik dan penerima (receiver) untuk menerima sinyal listrik dalam bentuk gelombang ultrasonik. Transduser yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan transduser ultrasonik yang bersifat immersible agar dapat memancarkan gelombang ultrasonik dengan baik di medium yang berair.

H. Function Generator

Function generator adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai alat uji untuk menghasilkan sebuah

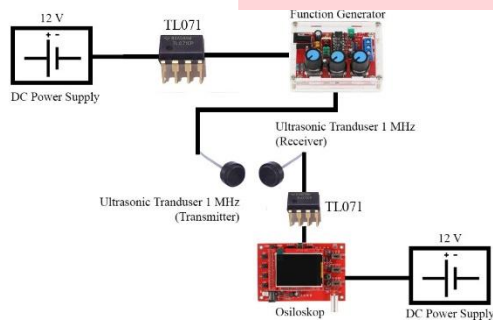
gelombang dengan frekuensi tertentu. Terdapat tiga bentuk gelombang yang dapat dihasilkan oleh function generator yaitu bentuk gelombang segitiga, kotak dan sinusoidal.

I. Rangkaian Buffer Amplifier

Rangkaian buffer adalah suatu rangkaian yang memiliki yang dapat menghasilkan nilai dengan tegangan output yang sama dengan tegangan inputnya. Rangkaian ini memiliki sebuah *common collector* yang memiliki nilai penguatan bernilai 1. Fungsi dari rangkaian ini ialah sebagai penyangga, dimana pada dasarnya bertindak sebagai penguat arus dan bukan sebagai penguat tegangan. Itulah mengapa tegangan keluarannya akan sama dengan tegangan yang masuk.

III. METODE

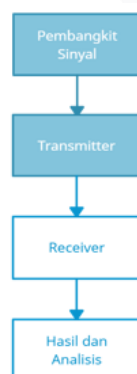
A. Desain Sistem



GAMBAR 4 Desain Sistem

Pada penelitian ini, alat dirancang menggunakan sebuah sistem untuk mendeteksi kebocoran pipa menggunakan transduser ultrasonik sebagai transmitter beserta receiver nya. Sistem pada alat ini bekerja saat gelombang ultrasonik mengalami interferensi dengan noise. Sehingga saat terjadi kebocoran, gelombang ultrasonik akan mengalami gangguan yang mengisyaratkan bahwa telah terjadi kebocoran didalam pipa. Desain yang terdapat pada system ini merupakan system dari bagian transmitter ultrasonik.

B. Blok Diagram



GAMBAR 5 Diagram Blok

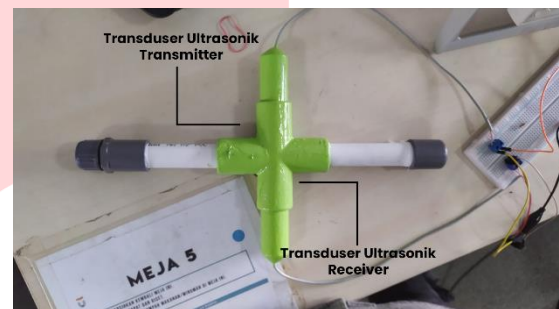
Dari (Gambar 3.1) alat ini menggunakan function generator sebagai pembangkit gelombang ultrasonik yang nantinya difungsikan sebagai transmitter, kemudian receiver akan menerima gelombang tersebut dan ditampilkan pada osiloskop. Untuk blok yang berwarna biru solid adalah

sebuah bagian yang pada percobaan ini merupakan sebuah rancangan dari system transmitter ultrasonik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

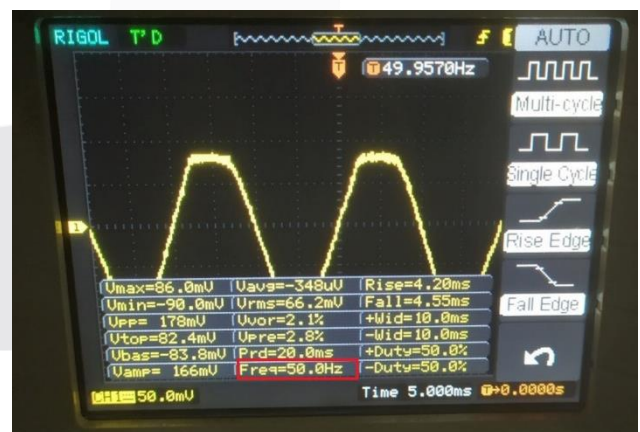
A. Pengujian Alat

Proses ini merupakan proses pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat pendeteksi untuk mentransmisikan gelombang ultrasonik menggunakan transduser ultrasonik. Pada alat pendeteksi ini, transduser ultrasonik difungsikan sebagai transmitter dan receiver yang mana keduanya dipasangkan saling berhadapan pada sambungan pipa empat sisi dengan selisih jarak sejauh 3 cm. Untuk sisi lainnya, dipasangkan pipa yang mana berfungsi sebagai media untuk mengalirkan air.



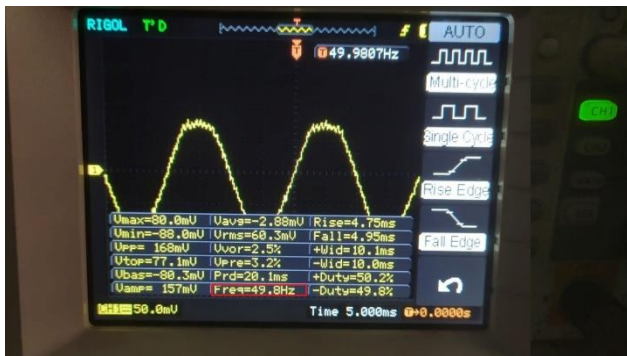
GAMBAR 6 Bagian-bagian pada alat pendeteksi

Pada bagian transmitter, transduser yang nantinya akan mentransmisikan gelombang ultrasonik, dihubungkan dengan function generator sebagai pembangkit gelombangnya untuk membangkitkan gelombang ultrasonik pada transduser tersebut. Sedangkan untuk bagian receiver, transduser dihubungkan dengan osiloskop sebagai alat untuk menampilkan nilai frekuensi yang didapat.



GAMBAR 7 Frekuensi 1 MHz yang ditransmisikan dari transmitter dan diterima oleh osiloskop

Berdasarkan gambar diatas (Gambar 7), function generator membangkitkan frekuensi sebesar 1 MHz dan tertampil pada osiloskop RIGOL DS1062CA. terlihat bahwa frekuensi yang didapat hanyalah sebesar 50 Hz



GAMBAR 8 Frekuensi 500 kHz yang ditransmisikan dari transmitter dan diterima oleh osiloskop

Berdasarkan gambar diatas (Gambar 8), function generator membangkitkan frekuensi sebesar 500 kHz dan tertampil pada osiloskop RIGOL DS1062CA. terlihat bahwa frekuensi yang didapat hanyalah sebesar 49,8 Hz.



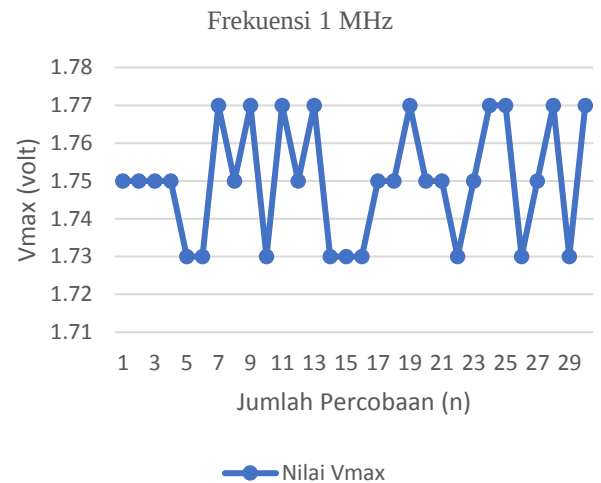
GAMBAR 9 Frekuensi 200 kHz yang ditransmisikan dari transmitter dan diterima oleh osiloskop

Berdasarkan gambar diatas (Gambar 9), function generator membangkitkan frekuensi sebesar 1 MHz dan tertampil pada osiloskop RIGOL DS1062CA. terlihat bahwa frekuensi yang didapat ialah sebesar 1 MHz.

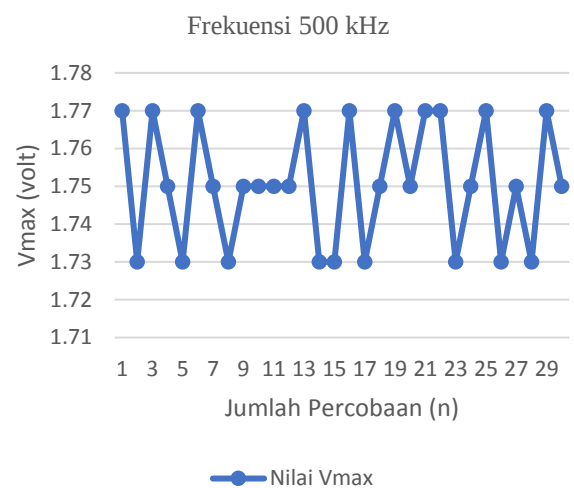
B. Pengujian Sistem

Untuk proses pengujian sistem ini, pengujian dilakukan dengan mengubur alat dibawah tanah setinggi 25 cm. Kemudian, untuk mengalirkan air, digunakan pipa dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch sebagai media penyalurannya serta pompa air rumahan untuk memompa air keseluruhan sistem penyaluran. Kemudian, function generator akan dihubungkan dengan transduser ultrasonik yang bertindak sebagai transmitter dan receivernya. Pada receiver, alat akan dihubungkan dengan osiloskop DSO138 sebagai pembaca sinyal yang didapat.

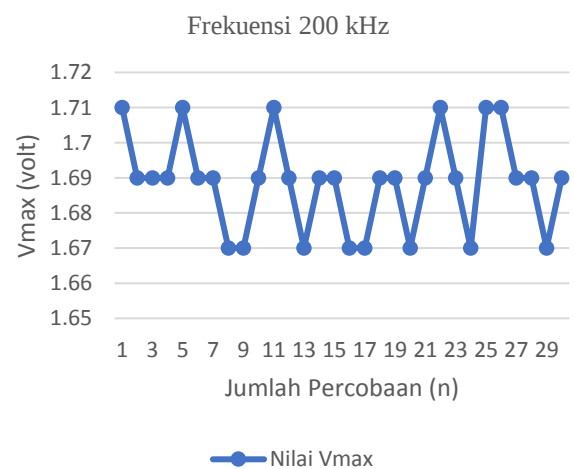
Pada pengujian ini, kondisi pipa yang dihubungkan dengan alat tidak dalam kondisi bocor. Dengan kata lain, pipa tersebut merupakan pipa dengan kondisi normal. Sehingga hasil data yang didapat dapat dijadikan sebuah tolak ukur nilai dari bocor atau tidaknya sebuah pipa yang terpasang.



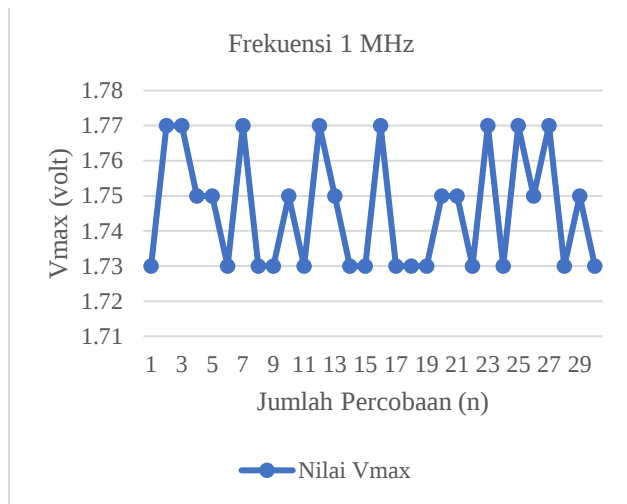
GRAFIK 1 Pengujian Pipa Keadaan Tanpa Kebocoran Menggunakan Frekuensi 1 MHz



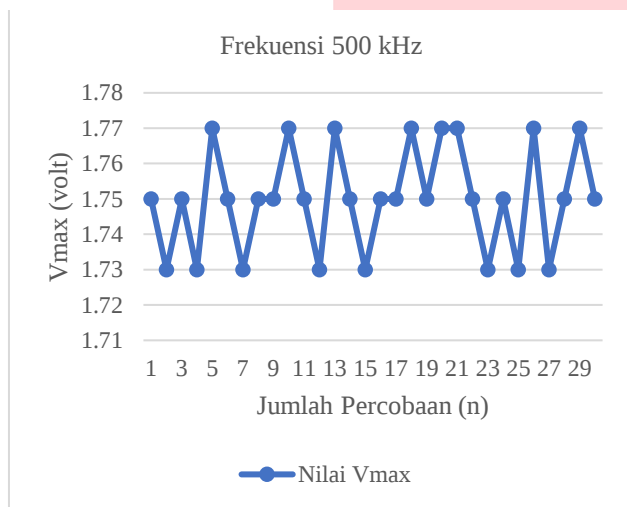
GRAFIK 2 Pengujian Pipa Keadaan Tanpa Kebocoran Menggunakan Frekuensi 500 kHz



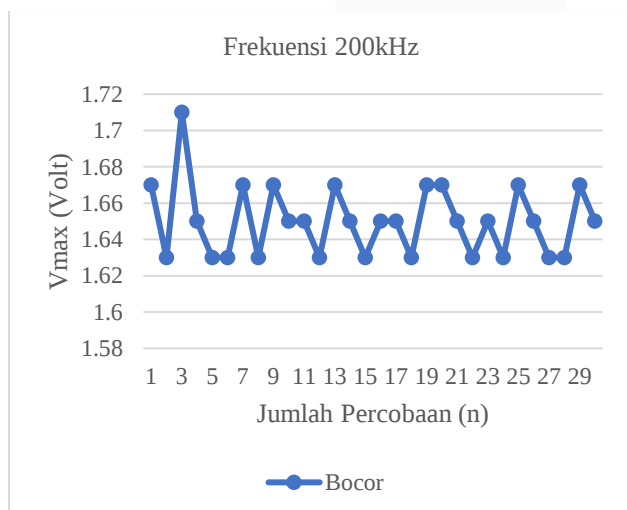
GRAFIK 3 Pengujian Pipa Keadaan Tanpa Kebocoran Menggunakan Frekuensi 200 kHz



GRAFIK 4 Hasil Pengujian Kebocoran Pada Pipa Menggunakan Frekuensi 1 MHz



GRAFIK 5 Hasil Pengujian Kebocoran Pada Pipa Menggunakan Frekuensi 500 KHz



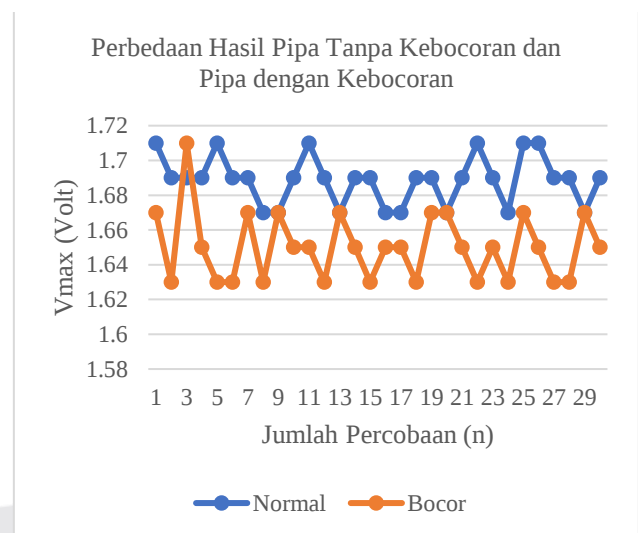
GRAFIK 6 Hasil Pengujian Kebocoran Pada Pipa Menggunakan Frekuensi 200 KHz

Analisis Pengujian Alat Berdasarkan Frekuensi Yang Berbeda

Dari hasil pengujian alat berdasarkan tiga frekuensi yang berbeda, didapatkan bahwa apabila nilai frekuensi berada diatas 200 kHz tidak ada perubahan yang terjadi, baik dari nilai frekuensi itu sendiri maupun dari nilai Vmax nya. Hal ini dikarenakan saat frekuensi berada di atas 200 kHz (yaitu 500 kHz dan 1 MHz), atenuasi gelombang nya cukup besar sehingga gelombang ultrasonik tidak dapat menembus medium berair tersebut. Sedangkan saat frekuensi berada pada nilai 200 kHz, nilai frekuensi dapat terbaca di receiver. Pada osiloskop yang terdapat di bagian receiver, frekuensi yang terbaca yaitu sebesar 1 MHz.

Analisis Pengujian Sistem

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa alat sudah dapat mendeteksi adanya kebocoran dalam pipa. Hal tersebut didukung dari adanya perbedaan nilai dari Vmax diantara pipa dalam kondisi tidak adanya kebocoran dan pipa dalam kondisi bocor. Dimana saat pipa dalam kondisi tidak adanya kebocoran nilai Vmax cukup stabil pada rentang nilai 1,67 sampai 1,71. Namun, saat terjadinya kebocoran pada jarak 100 cm, nilai Vmax akan berada di bawah dari nilai tersebut yang diakibatkan karena adanya interferensi destruktif gelombang akibat noise yang dihasilkan dari sumber kebocoran.



GRAFIK 7 Grafik Hasil Perbedaan Nilai Pipa Tanpa Kebocoran dengan Pipa Yang Mengalami Kebocoran

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian Tugas Akhir yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, adalah sebagai berikut

Perancangan sistem pendeteksi kebocoran pipa air bawah ini sudah dapat mendeteksi adanya kebocoran. Hal ini didukung dengan adanya perubahan nilai yang terjadi saat pipa mengalami kebocoran di beberapa titik. Namun alat tidak dapat menentukan dengan pasti jarak antara titik kebocoran dengan alat. Sehingga percobaan dilakukan dengan menentukan sendiri titik letak lokasi kebocoran. Hal ini disebabkan karena adanya keterbatasan pembacaan yang terdapat pada osiloskop. Frekuensi yang dibangkitkan pada percobaan ini, menggunakan frekuensi sebesar 200 kHz, dikarenakan saat frekuensi berada di nilai 500 kHz dan 1 MHz, nilai dari frekuensi tidak dapat terbaca pada osiloskop

dikarenakan adanya atenuasi yang mana gelombang tidak dapat mengirimkan sinyal pada frekuensi terkait. Bahan Material yang digunakan merupakan pipa plastik PVC, yang mana bahan ini memiliki kekurangan yaitu meredam suara sehingga frekuensi yang didapat kurang optimal.

REFERENSI

- [1] Yuberti, Konsep Materi Fisika Dasar 2. 2014.
- [2] H. Corbett and A. Energy, "Ultrasound Leak Detection," no. September, 2015.
- [3] M. H. Fathoni, H. Pirngadi, and M. Rivai, "Perancangan, Pembuatan dan Karakterisasi Transduser Ultrasonik 3,5 MHz untuk Pengujian Bahan Padat," vol. 2, no. 2, 2013.
- [4] E. Wirza, "Rekonstruksi Sinyal Akustik A-Mode menjadi B-Mode Sebagai Dasar Sistem Pencitraan Ultrasonik," 2008.
- [5] Ratni Sirait, "Diktat Fisika Gelombang," 2020, [Online]. Available: [http://repository.uinsu.ac.id/9720/1/Diktat Fisika Gelombang Ratni Sirait.pdf](http://repository.uinsu.ac.id/9720/1/Diktat_Fisika_Gelombang_Ratni_Sirait.pdf).
- [6] K. Sriomkwan, C. Weerasakul, S. Kittiwerauwong, and J. Puntree, "The cancellation of human sounds using synthesized soundwaves," J. Phys. Conf. Ser., vol. 1380, no. 1, pp. 0–6, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1380/1/012123.
- [7] F. of L. M. U. William Moebs, T. S. U. Samuel J. Ling, and L. M. U. Jeff Sanny, "University Physics I: Mechanics, Sound, Oscillations, & Waves," vol. 1, pp. 1–7, 2016.
- [8] L. Saputra, M. Awaluddin, and L. Sabri, "Identifikasi Nilai Amplitudo Sedimen Dasar Laut Pada Perairan Dangkal Menggunakan Multibeam Echosounder," J. Geod. Undip, vol. 1, no. 1, p. 80110, 2012.
- [9] Hurriyah, "Atenuasi Gelombang (Studi Pada Gelombang Seismik)," Eksakta, vol. 2, pp. 39–44, 2013.
- [10] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat - JICA, "Modul Air Tak Berekening," vol. 2, no. 9, p. 43, 2018.
- [11] M. Z. Hanafi, "Implementasi Metode Sentra," vol. 2, no. 3, p. 334, 2019.
- [12] S. Hamilton and B. Charalambous, Leak Detection: Technology and Implementation. 2013.
- [13] J. Jajang, B. I Wayan, and Suroso, "Kajian Sifat Akustik Buah Manggis (Gracilaria Mangostana L) Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik." Departemen Ilmu Keteknikan FATETA IPB, 2007.
- [14] H. Supriatna, "Pipa Air Bersih Milik Perumda Tirta Pakuan Bocor, Begini Jawaban Dirut", bogordaily, 2022.
- [15] "XR2206 Datasheet," 2008. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/>
- [16] pztpiezo "1 MHz Ultrasonic Transducer" [Online]. Available: <http://id.pztpiezo.com/>
- [17] Y. Gao, M. J. Brennan, P. F. Joseph, J. M. Muggleton, and O. Hunaidi, "A model of the correlation function of leak noise in buried plastic pipes," J. Sound Vib., vol. 277, no. 1–2, pp. 133–148, 2004, doi: 10.1016/j.jsv.2003.08.045.
- [18] Halliday, Resnick & Walker: 'Fundamentals of Physics – Extended', Fourth Edition, 1993 pp 480, John Wiley A Sons, Inc ISBN 0-471-60012-1
- [19] Idris S, Elektro JT, Teknik F, Mataram U. PERANCANGAN ALAT UKUR KECEPATAN AIR PADA PIPA. Published online 2017.