

Perancangan Sistem Penerima Sinyal Deteksi Kebocoran Pipa Air Bersih Bawah Tanah berbasis Sensor Ultrasonik

(Design signal Receiver System for Leak Detection of Underground Clean Water Pipes based on Ultrasonic Sensor)

1st Amil Rahmandika
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

amilpido@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—Pipa air merupakan salah satu alat utama yang digunakan untuk pendistribusian air, sehingga keberadaan pipa sangat penting. Pipa yang digunakan harus bagus, tidak memiliki keretakan atau lubang. Namun seringkali terdapat pipa yang memiliki keretakan atau lubang yang tidak terlihat, terutama pipa air bawah tanah, hal ini dapat merugikan produsen dan konsumen air. Masalah kebocoran pada pipa air dapat diatasi dengan menggunakan teknologi, salah satunya dengan gelombang ultrasonik. Sensor Ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik yang menjalar pada pipa air dapat mendeteksi kebocoran yang diakibatkan oleh lubang pada pipa. Pada penelitian alat, *receiver* ultrasonik menangkap gelombang ultrasonik yang berisolasi dan *noise* yang berinterferensi yang diakibatkan oleh lubang pada pipa air. Alat dapat mendeteksi kebocoran kebocoran pada pipa air bawah tanah sedalam 25 cm dengan jarak maksimal kebocoran pipa hingga 150 cm sebelum alat..

Kata Kunci—*Sensor, Gelombang, Ultrasonik, Receiver, Interferensi*

Abstract—*The water pipe is one of the main tools used for water distribution, so the existence of the pipe is very important. The pipe used must be good, have no cracks or holes. But often there are pipes that have cracks or holes that are not visible, especially underground water pipes, this can be detrimental to water producers and consumers.*

The problem of leaks in water pipes can be overcome by using technology, one of which is ultrasonic waves. Ultrasonic sensors emit ultrasonic waves that propagate in water pipes and can detect leaks caused by cracks or holes in the pipe.

In the research tool, ultrasonic receivers pick up insulated ultrasonic waves and interference noise caused by holes in water pipes. The tool can detect leaks in underground water pipes as deep as 25 cm with a maximum distance of pipe leaks

of up to 150 cm before the tool.

Keywords—*sensors, wave, ultrasonic, receiver, interference*

I. PENDAHULUAN

Kebocoran pada pipa air dapat menyebabkan kerugian finansial yang besar bagi pihak pengguna sistem perpipaan air semisal Perusahaan Penyedia Air Bersih. Dikutip dari situs Kompas, Ketua Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM) mengatakan tingkat kehilangan air rata-rata nasional di PDAM adalah 33,16%, angka ini masih tinggi dibanding dengan target nasional kurang dari 20%[1]. Kejadian – kejadian kebocoran pada pipa dapat menyebabkan timbulnya kerugian bagi banyak orang, terutama para penyedia air dan pemakai air.

Saat ini, banyak cara telah dilakukan untuk monitor kebocoran pada pipa air, salah satu cara adalah menggunakan sensor pressure transmitter, namun ada cara lain untuk menanggulangi kebocoran pada pipa air, salah satu nya menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi lokasi kebocoran, alat tersebut juga bisa dipakai untuk menghitung debit air yang diakibatkan kebocoran. Selain itu, biaya sistem alat tersebut diperkirakan cukup terjangkau sehingga dapat dipakai untuk banyak konsumen dan keperluan pemakaian air..

Pada penelitian ini, dilakukan untuk

merancang sistem deteksi kebocoran pipa air bawah tanah menggunakan sensor ultrasonik. Pekerjaan pembuatan sistem penerima sinyal deteksi kebocoran pipa air dalam tugas akhir ini merupakan pekerjaan kelompok, dimana pada tugas akhir ini akan dibuat subsistem pemancar dan penerima sinyal gelombang ultrasonik, namun disini penulis akan lebih fokus pada subsistem penerima sinyal, dimana *receiver* ultrasonik akan mendeteksi kebocoran pada pipa air, dengan menangkap amplitudo *noise* yang berinterferensi yang ditimbulkan oleh lubang pada pipa.

Dari hasil desain dan realisasi alat yang telah dibuat, telah dapat dilakukan percobaan dengan hasil yang positif. Alat dapat mendeteksi kebocoran pada pipa air bersih bawah tanah menggunakan Sensor Ultrasonik.

II. KAJIAN TEORI

A. Gelombang Ultrasonik dan Rambatan Ultrasonik melalui Pipa

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi mulai 20 KHz hingga sekitar 20 MHz. Frekuensi kerja yang digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung pada medium yang dilalui, mulai dari kerapatan rendah pada fasa gas, cair hingga padat.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi gelombang pada pipa:

1. Resonansi

Resonansi bunyi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu sistem fisis yang diakibatkan oleh sistem fisis lain yang bergetar dengan frekuensi tertentu.[4]. Setiap pipa akan menunjukkan frekuensi resonansi tertentu, tergantung pada dimensi fisik. Pipa berbahan dasar metal akan sangat rendah untuk beresonansi[3].

2. Atenuasi

Atenuasi adalah melemahnya suatu sinyal yang disebabkan oleh adanya jarak yang semakin jauh, yang harus ditempuh oleh suatu sinyal tersebut dan karena frekuensi sinyal tersebut semakin tinggi. Atenuasi disebabkan oleh adanya penyebaran dan absorpsi gelombang yang terjadi akibat ukuran berkas gelombang berubah, pola berkas gelombang tergantung pada perbandingan antara diameter sumber gelombang dan panjang gelombang medium.[5]

Atenuasi dapat disebabkan oleh karena adanya gelombang yang menyebar dan absorpsi pada gelombang. Penyebaran gelombang dapat terjadi akibat adanya perubahan pola ukuran berkas pada gelombang, Sedangkan untuk absorpsi yaitu proses menyerapnya energi suatu gelombang selama menjalar disebuah medium.

3. Impedansi Akustik

Setiap bahan memiliki impedansi akustik tertentu yang dinyatakan sebagai produk dari kerapatan dan

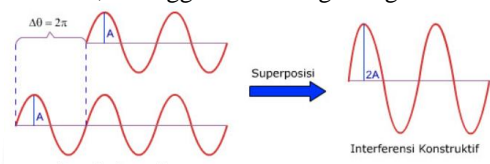
kecepatan suaranya. Jika suatu bunyi merambat dalam medium tertentu, dan bertemu dengan medium dengan impedansi akustik yang berbeda, sebagian gelombang bunyi akan dipantulkan kembali.

Air akan memantulkan hampir semua suara, karena kerapatan dan kecepatan media suara sangat berbeda. Air juga akan merefleksikan sebagian besar suara yang menimpa, karena kepadatan dan kecepatan suara baja jauh lebih besar daripada jumlah yang sesuai untuk air.[2]

4. Interferensi

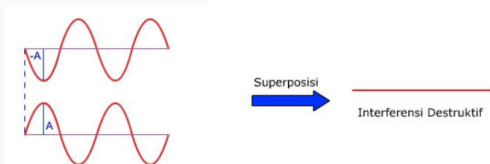
Superposisi dua atau lebih gelombang disebut interferensi. Hasil interferensi gelombang – gelombang ini bergantung pada beda fase di antara gelombang – gelombang yang berinterferensi. Interferensi terbagi menjadi 2 macam, yaitu dapat interferensi konstruktif (bersifat saling menguatkan) dan interferensi destruktif bersifat saling melemahkan. [9]

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



GAMBAR 1 Interferensi Konstruktif

Interferensi destruktif merupakan 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. [11].



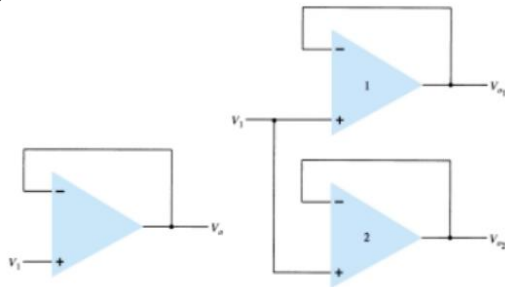
GAMBAR 2 Interferensi Destruktif

5. Buffer Impedansi

Rangkaian buffer adalah rangkaian yang menghasilkan tegangan output sama dengan tegangan inputnya. Dalam hal ini seperti rangkaian common kolektor yaitu berpenguatan = 1. Fungsi dari rangkaian buffer pada peralatan elektronika adalah sebagai penyangga, dimana prinsip dasarnya adalah penguat arus tanpa terjadi penguatan tegangan.

Hasil dari *receiver* ultrasonik akan ditampilkan pada layar osiloskop berupa nilai amplitudo V_{max} dan grafik *noise*. Tetapi hasil dari *receiver* ultrasonik tersebut tidak bisa dihubungkan dengan osiloskop secara langsung, salah satu akibat jika *receiver*

ultrasonik dihubungkan secara langsung dapat membuat osiloskop menjadi terbebani sehingga dapat mengakibatkan kerusakan.



GAMBAR 3 Rangkaian Buffer

B. Pemancar Gelombang Ultrasonik

Pemancar gelombang ultrasonik merupakan alat yang bisa memancarkan gelombang ultrasonik. Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu.

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 kHz yang dibangkitkan dari sebuah osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 KHz, harus di buat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen kalang RLC / kristal tergantung dari disain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator.[6]



Gambar 3 Transmitter Ultrasonik

C. Sensor Penerima Gelombang Ultrasonik

Sensor penerima gelombang ultrasonik merupakan alat yang bisa menerima/menangkap gelombang ultrasonik dari transmitter. Sensor yang berfungsi sebagai penerima gelombang ultrasonik adalah *receiver*.

Receiver terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (Line of Sight) dari transmitter. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang reversible, elemen keramik akan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang

datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut. [6]



GAMBAR 4 Receiver Ultrasonik

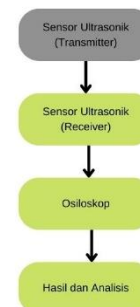
D. Pengolahan Sinyal Ultrasonik

Ketika sinyal diukur dengan osiloskop, dapat dilihat dalam domain waktu sumbu vertikal adalah amplitudo atau tegangan dan sumbu horizontal adalah waktu. Pemrosesan sinyal melibatkan sinyal yang diinginkan atau filter frekuensi untuk menghaluskan atau menolak frekuensi yang tidak diinginkan. Ketika konten frekuensi sinyal menarik, masuk akal untuk melihat grafik sinyal dalam domain frekuensi. Dalam domain frekuensi, sumbu vertikal masih tegangan tetapi sumbu horizontal adalah frekuensi.

Gambar 6 menunjukan saah satu Metode yang dapat digunaka untuk membedakan bentuk telapak kaki yaitu Medial longitudinal arch angle

III. METODE

A. Diagram Blok Sistem

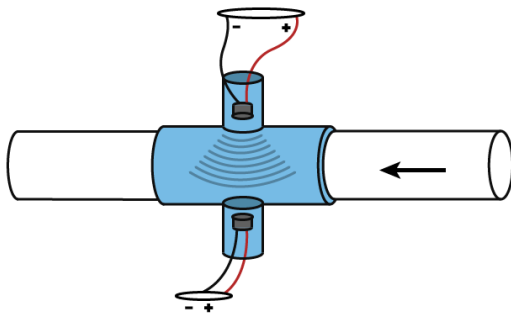


Dari diagram tersebut dapat dilihat bahwa Sensor Ultrasonik (Transmitter) mengeluarkan sinyal ultrasonik yang akan ditangkap oleh Sensor Ultrasonik (Receiver). Lalu hasil sinyal ultrasonik dari Sensor Ultrasonik (Receiver) akan ditampilkan pada layar Osiloskop. Proses diagram blok sistem penulis berlatar warna hijau.

B. Desain Perangkat Keras

Perangkat elektronik yang digunakan sebagai *transmitter* dan *receiver* nya adalah transduser ultrasonik yang memiliki frekuensi 1 MHz, agar dapat dengan baik merambat di medium cair. Transduser ultrasonik memiliki tiga kabel yaitu, positif (+), negatif(-), dan ground. Kabel positif transduser dihubungkan ke port

positif function generator dan kabel negative transduser dihubungkan ke port GND pada function generator.



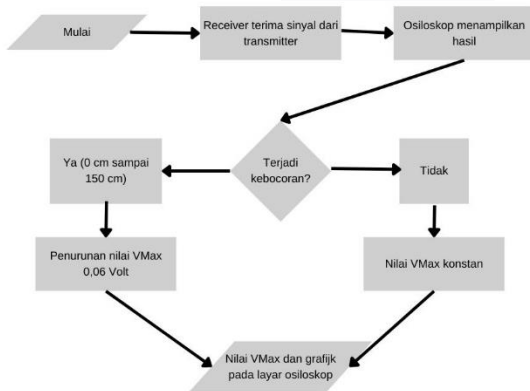
GAMBAR 5 Desain Perangkat Keras

Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa alat yang dirancang akan membutuhkan spesifikasi sebagai berikut :

- 1 Transduser Ultrasonik 1 MHz
- 2 Osiloskop DS0138
- 3 Function Generator XR2202

Dengan spesifikasi diatas alat dirancang dengan Transduser Ultrasonik 1 MHz sebagai sensor, kemudian Function Generator sebagai pembangkit gelombang ultrasonik, dan osiloskop DS0138 sebagai memproyeksi sinyal yang diterima dari receiver ultrasonik.

C. Flowchart



Pada diatas dapat dijelaskan bahwa perancangan sistem penerima sinyal deteksi kebocoran pipa air bawah tanah berbasis sensor ultrasonik, sistem dimulai ketika ultrasonik receiver menerima sinyal ultrasonik dari ultrasonik transmitter. Kemudian hasil sinyal ultrasonik ditampilkan dilayar osiloskop. Jika terdapat kebocoran pada pipa dengan jarak maksimal 150 cm, maka amplitudo dan grafik pada layar osiloskop akan mengalami perubahan dibandingkan dengan pipa yang tidak mengalami kebocoran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

Menggunakan 2 Sensor Ultrasonik transduser 1 MHz yang ditanam didalam pipa dengan diameter 1 inch dengan jarak antar Sensor Ultrasonik adalah 3 cm. Pipa diletakkan didalam tanah sedalam 25 cm, dengan panjang pipa 3 meter ditunjukkan pada gambar 6.

Sensor ultrasonik dihubungkan dengan rangkaian Osiloskop Digital DS0138 dan Function Signal Generator XR2206 melalui Breadboard dan kabel jumper.



GAMBAR 6 Alat Secara Keseluruhan

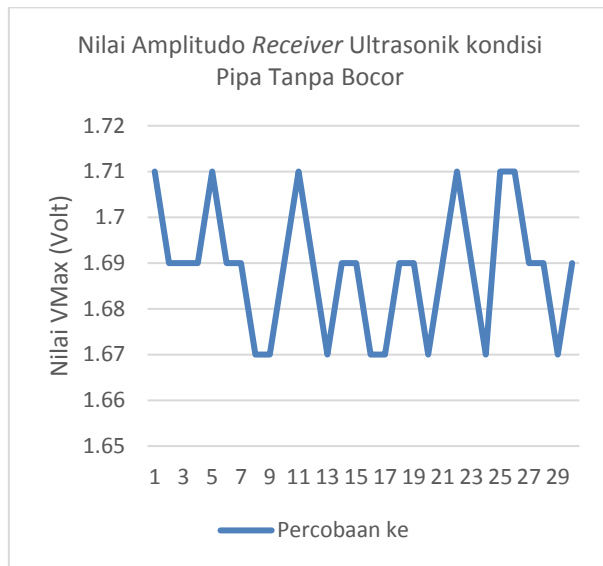


Gambar 7 Sensor Ultrasonik 1 MHz

B. Hasil Pengujian Alat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keadaan nilai amplitudo yang diterima receiver ultrasonik dari kondisi pipa yang mengalami kebocoran dengan berbagai jarak, mulai dari 5 cm, 150 cm, dan 280 cm dari letak sebelum receiver ultrasonik yang dipasang. Pengujian pengambilan data nilai amplitudo dilakukan sebanyak 30 kali, setiap pengujian membutuhkan waktu 10 detik. Pipa ditanam didalam tanah sedalam 25 cm.

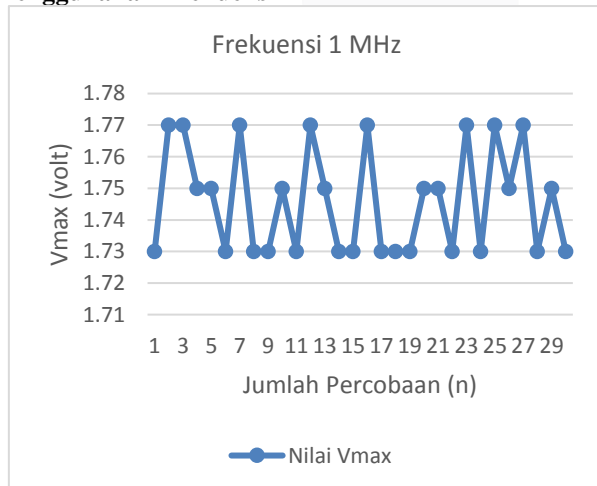
1. Pengujian Sensor Ultrasonik Receiver pada kondisi Pipa Tidak Bocor



GAMBAR 8 Data Nilai Amplitudo Receiver Ultrasonik kondisi Pipa Tidak Bocor

Nilai amplitudo stabil dengan nilai diantara 1,67 Volt sampai 1,71 Volt. Menunjukkan bahwa pipa tidak mengalami kebocoran. Nilai amplitudo kalibrasi dan nilai amplitudo receiver ultrasonik pada pipa yang tidak mengalami kebocoran memiliki nilai yang relatif sama, karena hasil kedua nilai pengujian amplitudo tidak memiliki gangguan noise.

2. Hasil Pengujian Kebocoran Pada Pipa Menggunakan Frekuensi 1 MHz



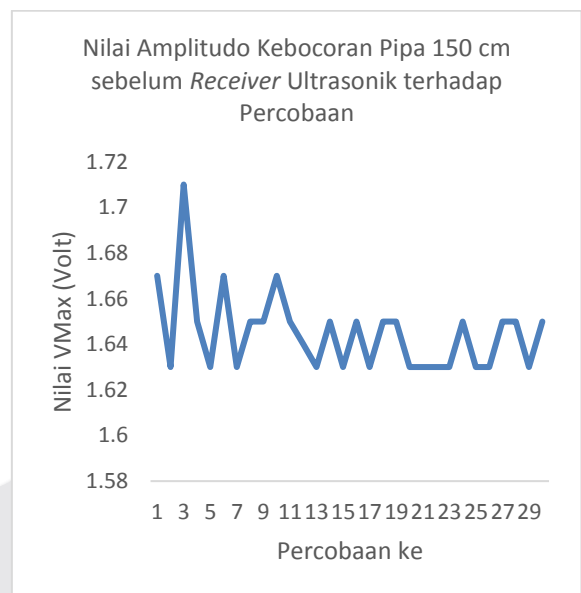
GAMBAR 9 Data hasil pengujian alat dengan frekuensi yang dibandingkan sebesar 200 KHz

Alat dihubungkan dengan pipa yang memiliki titik kebocoran berjarak 150 cm dari alat. Pengujian yang dilakukan ialah dengan membangkitkan frekuensi menggunakan function generator sebesar 200 KHz. Percobaan akan diulangi sebanyak 30 kali untuk tiap 10 detik.

3. Pengujian Kebocoran Pipa dengan Jarak 5 cm dan 150 cm Sebelum Receiver Ultrasonik



GAMBAR 10 Data nilai Amplitudo kondisi Pipa Bocor 5 cm dari Receiver Ultrasonik



GAMBAR 11 Data nilai Amplitudo kondisi Pipa Bocor 150 cm sebelum Receiver Ultrasonik

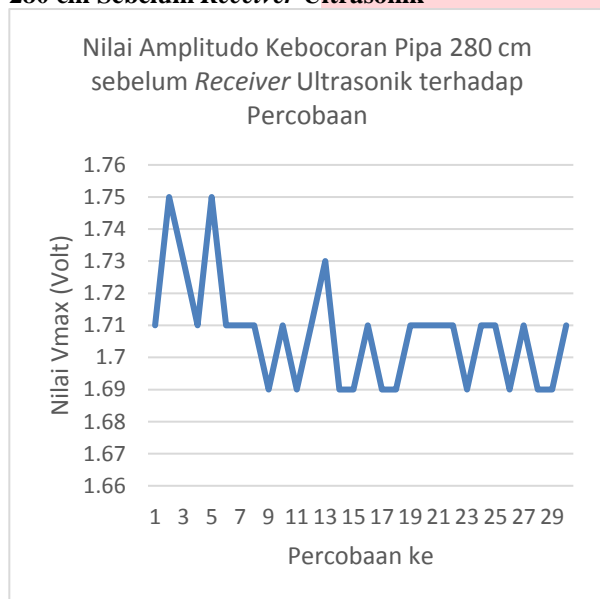
Terlihat nilai amplitudo stabil dengan nilai diantara 1,63 Volt sampai 1,67 Volt, menunjukkan bahwa pipa mengalami kebocoran dengan letak kebocoran dekat dengan receiver ultrasonik.

Nilai amplitudo receiver ultrasonik yang sudah dikalibrasi dan nilai amplitudo kondisi pipa mengalami bocor pada jarak 5 cm dan 150 cm dari receiver ultrasonik memiliki perbedaan nilai yang cukup jauh dengan keadaan pipa yang tidak mengalami kebocoran. Hal itu disebabkan receiver ultrasonik mendapatkan noise dari lubang kebocoran pada pipa. Namun jika nilai amplitudo pipa bocor dengan jarak 150 cm sebelum Receiver Ultrasonik dibandingkan dengan nilai

amplitudo pipa bocor dengan jarak 5 cm sebelum *Receiver* Ultrasonik, terlihat persamaan pada nilai amplitudo. Pengujian ini menunjukkan bahwa *receiver* ultrasonik mampu mendeteksi kebocoran pipa air bawah tanah hingga jarak 150 cm sebelum *receiver* ultrasonik.

Penurunan nilai VMax amplitudo kondisi pipa mengalami kebocoran 5 cm dan 150 cm sebelum *receiver* ultrasonik dibandingkan dengan nilai amplitudo *receiver* ultrasonik kondisi pipa normal diakibatkan interferensi destruktif. Gelombang ultrasonik yang dihasilkan *transmitter* ultrasonik bertemu dengan gelombang yang dihasilkan oleh lubang kebocoran pada pipa menyebabkan saling melemahkan gelombang dan menurunkan nilai amplitudo.

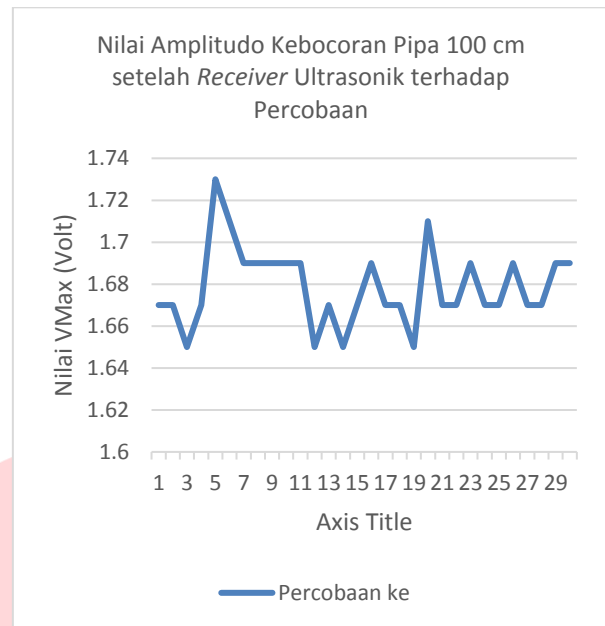
4. Pengujian Kebocoran Pipa dengan Jarak 280 cm Sebelum *Receiver* Ultrasonik



Nilai amplitudo stabil pada nilai diantara 1,69 Volt sampai 1,71 Volt, sekali amplitudo bernilai 1,73 Volt dan 1,75 Volt. Menunjukkan bahwa keadaan pipa mengalami kebocoran dengan letak kebocoran yang jauh dengan *receiver* ultrasonik.

Nilai amplitudo kalibrasi dan nilai amplitudo kondisi pipa bocor dengan jarak 280 cm sebelum *receiver* ultrasonik memiliki perbedaan nilai amplitudo dengan kondisi pipa yang mengalami kebocoran dengan jarak 5 cm dan 150 cm sebelum *receiver* ultrasonik, namun memiliki perbedaan nilai amplitudo yang tidak terlalu jauh dengan kondisi pipa yang tidak mengalami kebocoran. Hal ini disebabkan *receiver* ultrasonik mendapatkan *noise* dari lubang kebocoran pada pipa, namun karena keterbatasan jarak terutama letak kebocoran yang sudah jauh dari alat, menyebabkan *noise* tidak dapat ditangkap dengan baik atau mengalami pelemahan pada *noise* yang dihasilkan oleh lubang pada pipa.

5. Pengujian Kondisi Kebocoran Pipa Air setelah *Receiver* Ultrasonik



Nilai amplitudo dikisaran diantara 1,65 Volt sampai 1,71 Volt, 1 kali amplitudo bernilai 1,73 Volt. Menunjukkan bahwa keadaan pipa mengalami kebocoran dekat dengan *receiver* ultrasonik.

Pengujian ini terlihat ada perbedaan dibandingkan dengan pengujian pada kondisi kebocoran pada pipa air sebelum *receiver* ultrasonik. Nilai amplitudo yang dihasilkan dari *receiver* ultrasonik memiliki perbedaan *range* jika dibandingkan dengan nilai amplitudo pada pengujian kebocoran pipa air sebelum *receiver* ultrasonik. *Range* yang dimiliki oleh pipa kondisi bocor setelah *receiver* ultrasonik bernilai 1,65 Volt sampai 1,71 Volt, terdapat *range* 0,06 Volt. Sedangkan *range* yang dimiliki oleh pipa kondisi bocor 5 cm dan 150 cm sebelum *receiver* ultrasonik bernilai 1,63 Volt sampai 1,67 Volt, terdapat *range* 0,04 Volt. Namun *receiver* ultrasonik tetap bisa mendeteksi kondisi pipa mengalami kebocoran setelah alat.

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, penulis dapat simpulkan bahwa:

1. Alat perancangan sistem deteksi kebocoran pipa air bersih bawah tanah berbasis sensor ultrasonik dapat mendeteksi kebocoran.
2. Alat pendeteksi kebocoran pipa air bawah tanah dapat mendeteksi letak kebocoran pada pipa hingga jarak 150 cm, dengan kedalam pipa didalam tanah 25 cm dari permukaan.
3. Alat pendeteksi kebocoran pipa air bawah tanah dapat berfungsi pada pipa berbahan plastik (PVC).

REFERENSI

- [1] E. Hutapea, "Kebocoran PDAM Seluruh Indonesia Tembus 33,16 Persen," *Kompas*, 2019.
- [2] Iswanto. Design dan Implementasi Sistem Embedded Mikrokontroler ATmega8535 dengan bahasa Basic. Yogyakarta: Gava Media. 2008

- [3] S. Hamilton and B. Charalambous, *Leak Detection: Technology and Implementation*. 2013.
- [4] Tipler, Paul A. (1998). *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Erlangga: Jakarta.
- [5] D. L. Fay, “濟無No Title No Title No Title,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., 1967.
- [6] U. M. Arief, “Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air,” *J. Ilm. “Elektrikal Enjiniring” UNHAS*, vol. 09, no. 02, pp. 72–77, 2011.
- [7] L. E. Nuryanto, “Penerapan Dari Op-Amp (Operational Amplifier),” *Orbith*, vol. 13, no. 1, pp. 43–50, 2017
- [8] Praktikum piranti dan Rangkaian elektronika, “Diatas dan dibawah frekuensi resonansi frekuensi resonansi (,” *Jur. Tek. Elektro Politek. Bengkalis*, pp. 1–9.
- [9] [1] A. D. Jarre, “Kedudukan Hukum dan Tanggung Jawab Pendiri Perseroan Terbatas (PT),” 2007, [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)
- [10] K. Srijomkwan, C. Weerasakul, S. Kittiweerawong, and J. Puntree, “The cancellation of human sounds using synthesized soundwaves,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1380, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1380/1/012123.
- [11] 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.

