

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI PERUBAHAN FREKUENSI PADA RANGKAIAN AMPLIFIER SWITCHING TERHADAP OUTPUT TRANSDUSER TRANSMITER ULTRASONIC

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Fakultas Teknik Program Studi
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

RUDI AZHARI DALIMUNTHE

NPM : 1107220008



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBARAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI PERUBAHAN FREKUENSI RANGKAIAN
AMPLIFIER SWITCHING TERHADAP OUTPUT
TRANSDUSER TRASMITER ULTRASONIC**

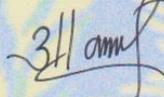
*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Fakultas Teknik Program Studi
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Telah Diuji dan Disidang Pada Tanggal:
30 September 2017**

Oleh :
RUDI AZHARI DALIMUNTHE
NPM : 1107220008

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Dr. M. Fitra Zambak, ST.,MSc

Pembimbing II



Partaon Harahap, ST.,MT

Penguji I



Ir. Abdul Azis Hutasuhut., MM

Penguji II



Faisal Irsan Pasaribu, ST.,MT

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, ST.,MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama : Rudi Azhari Dalimunthe
NPM : 1107220008
Tempat/tgl. Lahir : Rantau Parapat, 11 Mei 1993
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

“IMPLEMENTASI PERUBAHAN FREKUENSI RANGKAIAN AMPLIFIER SWITCHING TERHADAP OUTPUT TRANSDUSER TRASMITER ULTRASONIC ”

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Medan, 1 November 2017
Saya yang menyatakan,



Rudi Azhari Dalimunthe

ABSTRAK

Pengaruh perubahan amplitudo dan frekuensi rangkaian amplifier switching yang digunakan untuk menggetarkan transduser ultrasonik menghasilkan frekuensi sebesar 8 kHz. Pada pengukuran rangkaian transducer transmitter ultrasonik bahwa pengujian sinyal gelombang transducer transmitter ultrasonik diperoleh frekuensi daerah kerja resonansi yang efektif pada frekuensi 10 kHz. Untuk pengukuran rangkaian transducer transmitter ultrasonik bahwa Frekuensi yang dihasilkan sebesar 10 kHz dalam memancarkan sinyal sinusoidal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar sumber catu daya yang diberikan, maka semakin besar pula daya output yang dihasilkan pada penggabungan rangkaian.

Kata kunci : Amplifier Switching, Transduser Transmitter Ultrasonik

ABSTRACT

The amplitude and frequency change of the switching amplifier circuit used to vibrate the ultrasonic transducer produces a frequency of 8 kHz. On the ultrasonic transmitter transducer circuit. The ultrasonic transmitter wave transducer signal is given effective frequency resonance working area at 10 kHz frequency. For the measurement of ultrasonic transmitter transducer circuit the resulting Frequency is 10 kHz in transmitting sinusoidal signal. This indicates the greater the power source provided, the greater the output power generated in the joining of the circuit.

Keywords: *Amplifier Switching, Ultrasonic Transmitter Transducer*

KATA PENGANTAR



Assalamu' Alikum Wr.Wb

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wataalla, atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul:

” IMPLEMENTASI PERUBAHAN FREKUENSI PADA RANGKAIAN AMPLIFIER SWITCHING TERHADAP OUTPUT TRANSDUSER TRANSMITER ULTRASONIC”

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas motivasi, semangat dan dorongan dari berbagai pihak, baik berupa secara langsung atau tidak langsung maka pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih dan rasa hormat kepada :

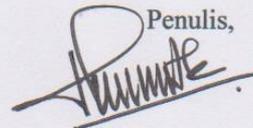
1. Kepada ayahanda (H. Abdul Aziz Dalimunthe) dan Ibunda (Hj. Setia Wati Pasaribu) tercinta beserta keluarga besar yang saya sayangi.
2. Bapak Rahmatullah, ST. M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Munawar Al Fansury Siregar, ST.MT. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik
4. Bapak Khairul Ummurani, ST.MT selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik
5. Faisal Irsan Pasaribu, ST. MT selaku Ketua Prodi Teknik Elektro

6. Partaonan Harahap, ST.MT selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro
7. Bapak Dr. M. Fitra Zambak, ST. MSc selaku Pembimbing I yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.
8. Bapak Partaonan Harahap, ST.MT selaku Pembimbing II yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.
9. Adinda Putri Eka Sari, yang telah banyak memberika saya motivasi, semangat dalam penulisan dan penyempurnaan Tugas Akhir saya ini.

Serta seluruh Staf Pengajar, Staf Administrasi dan rekan-rekan mahasiswa angkatan 2011 Program Studi Teknik Elektro atas bantuan dan kontribusinya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Dan tidak melupakan sahabat dan saudara di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan yang telah memberi banyak dukungan, semangat, bantuan dan pengorbanan waktunya. Semoga Allah Subhanahu Wataalla memberikan kebahagiaan, berkah dan karunia kepada semua pihak yang telah membantu penulis sehingga selesai tugas akhir ini.

Harapan penulis kiranya tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada siapa saja yang membaca, semua pengguna atau pemakai alat-alat dan kepada yang berminat dalam meneliti masalah ini saya ucapkan terima kasih.

Medan, 1 Nopember 2017

Penulis,


RUDI AZHARI DALIMUNTHE
NPM : 1107220008

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.....	Latar
Belakang.....	1
1.2.....	Rumus
an Masalah	4
1.3.....	Tujuan
Penelitian.....	4
1.4.....	Batasan
Masalah	4
1.5.....	Metod
ologi Penelitian.....	5
1.6.....	Sistem
atika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1.....	Tinjauan
an Pustaka.....	7
2.2.....	Teori
Gelombang	8

2.2.1	Klasifikasi Gelombang	9
2.2.2	Gelombang Bunyi	10
2.2.3	Gelombang Ultrasonic.....	13
2.2.4	Karakteristik Gelombang Ultrasonic	14
2.2.5	Frekuensi Kecepatan dan Panjang Gelombang	15
2.2.6	Gelombang Kotak	18
2.2.7	Sinyal Pulsa dan Sinyal Kontiniu	19
2.3	Transduser	20
2.4	Power Supply	23
2.41	Rangkaian Power Supply	23
2.5	Amplifier Swiching	27
2.5.1	Perancangan Rangkaian Amplifier Swiching.....	30
2.5.2	Perancangan Mekanik Transduser Ultrasonik	31
2.6	Transpormator	34
2.7	Pengukuran Tegangan rms Amplifier.....	36
2.8	Pengkuran Daya Output Transduser Ultrasonik.....	37
BAB III METODE PENELITIAN		39
3.1.Tempa	
	t Lokasi Penelitian	39
3.2.Alat	
	dan bahan	39
3.3.Jalany	
	a Penelitian	41
3.3.1	Blog diagram pengujian	41

3.4 Pengujian Rangkaian Amflifier	42
3.5 Pengujian Rangkaian Transduser Ultrasonik	42
3.6 Pengujian Penggabungan Rangkaian Amflifier dan rangkaian Transduser Ultrasonik	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1.....Penguji ian Frekuensi Output Rangkaian Amplifier	46
4.2.....Penguji ian Rangkaian Transduser Ultrasonik.....	47
4.3.....Penguji ian Penggabungan Rangkaian Amflifier dan rangkaian Transduser Ultrasonik.....	47
4.4 Pengujian Rangkaian Amplifier	48
4.4.1 Analisa Data Pada Otput Rangkaian Amplifier	49
4.5 Pengujian Rangkaian Transduser Transmitter Ultrasonik	49
4.5.1 Analisa Data Pada Otput Rangkaian Transduser Transmitter Ultrasonik	49
4.6 Pengujian Penggabungan Rangkaian Amflifier dan rangkaian Transduser Ultrasonik.....	51
4.6.1 Analisa Data Pada Otput Penggabungan Rangkaian Amflifier dan rangkaian Transduser Ultrasonik	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1.....K esimpulan	55

5.2.....	S
aran	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Perbandingan Tife Swiching	26
Tabel 2.2. Hasil Pengukuran dan Simulasi daya pada Transduser	37
Tabel 4.1. Frekuensi sinyal Amplifier dan Transduser Transmitter Ultrasonik	52
Tabel 4.2 Frekuensi Output dari kedua rangkaian	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang Transversal dan Logitudinal.....	10
Gambar 2.2 Gelombang Bunyi.....	12
Gambar 2.3 Spektrum Gelombng Akustik.....	13
Gambar 2.4 Ilustrasi hukum hook's.....	14
Gambar 25. Bentuk Gelombang kotak.....	19
Gambar 2.6 Umum Input-output transduser	20
Gambar 2.7 Stepdown Transformer power supply.....	23

Gambar 2.8 Rangkaian Power Supply Swiching.....	26
Gambar 2.9 Rangkaian lampu sederhana.....	28
Gambar 2.10 Lampu ditambah dengan resistor.....	28
Gambar 2.11 Lampu sederhana saat saklar terbuka	29
Gambar 2.12 lampu sederhana saat saklar tertutup	29
Gambar 2.13 Skematik rangkaian amplifier	30
Gambar 2.14 mekanika transduser ultrasonik	32
Gambar 2.15 cara kerja sensosr ultasonik	33
Gambar2.16 Hubungan antara tegangan primer dan skunder	34
Gambar 2.17 Skema Transformator.....	35
Gambar 2.18 skema Transformator sStepdown.....	36
Gambar 3.1 Blog Diagram Sistem.....	41
Gambar 3.2 Rangkaian Amplifier Swiching	42
Gambar 3.3 Rangkaian Transduser Trasmitter ultrasonik	43
Gambar 3.4 Penggabungan rangkaian Amplifier Swiching dan Transduser Trasmitter ultrasonik	44
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1 Sinyal Gelombang Kotak dari output Rangkaian Amplifier	46
Gambar 4.2 Sinyal Gelombang Kotak dari output Rangkaiaan Transduser Trasmitter Ultrasonik	47
Gambar 4.3 Sinyal Gelombang dari Rangkaian Penggabungan rangkaian Amplifier Swiching dan Transduser Trasmitter ultrasonik.....	48
Gambar 4.4 Gelombang output Amplifier	48

Gambar 4.5 Gelombang output output Rangkaian Transduser Transmitter Ultrasonik	50
Gambar 4.6 Gelombang output Rangkaian Penggabungan rangkaian Amplifier Swiching dan Transduser Trasmitter ultrasonik	51
Gambar 4.7 Grafik output Rangkaian Amplifier Swiching dan Transduser Trasmitter ultrasonik	53
Gambar 4.8 Grafik output Penggabungan Rangkaian Amplifier Swiching dan Transduser Trasmitter ultrasonik	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa peneliti *swiching amplifier* sebagian besar dari *swiching amplifier* yang telah ada menggunakan *analog Pulsa Width Modulation* (PWM) dan kebanyakan dirancang sebagai output yang bersifat *bipolar. Swiching Amplifier*

dapat juga dilakukan dengan teknik digital PWM dan dirancang dengan output yang bersifat *unipolar*.

Suatu rangkaian elektronika yang menggunakan komponen aktif, dimana mengendalikan suatu sumber daya untuk menghasilkan output yang dapat digunakan disebut *elektronik amplifier*. Suatu alat yang dirancang untuk memberikan penguatan tegangan dan arus secara signifikan disebut *power amplifier*. (Schuler 1995,p133)

Selain itu dalam bidang industri, ultrasonik digunakan sebagai *welding*, *cutting* dan *cleaning*. Sebelum ditemukan ultrasonik, larutan chlorin dan fluorin digunakan sebagai larutan pembersih. Akan tetapi, dampak chlorin dan fluorin dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu, energi mekanik (gelombang ultrasonik) digunakan sebagai pengganti larutan pembersih. *Ultrasonic cleaner* terdiri dari tangki air yang menggunakan energi ultrasonik untuk membersihkan kotoran, pelumas, minyak, dan karbon yang telah melekat. Kontaminasi seperti cat, karat, karbon yang pekat pada mesin dapat dibersihkan. Tidak seperti beberapa proses *cleaning* lainnya, *ultrasonic cleaner* tidak akan merusak material. Proses *ultrasonic cleaner* tergantung pada frekuensi gelombang ultrasonik, bahan kimia yang digunakan, dan kadar berat bagian yang dibersihkan.

Bahan kimia yang digunakan dengan *ultrasonic cleaner* berfungsi untuk menentukan bahan yang dapat dibersihkan dan berapa lama membersihkan kontaminasi. Pada penelitian ini akan dibuat rangkaian ultrasonik sebagai penggetar transduser ultrasonik. Rangkaian ultrasonik ini yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian amplifier switching, transduser

ultrasonik berbahan mekanik transduser ultrasonik ini umumnya digunakan dalam aplikasi *ultrasonic cleaner*.

Ultrasonik mempunyai kelebihan daripada larutan pembersih diantaranya adalah ramah lingkungan, proses *cleaning* lebih bersih dan efektif, biaya operasi yang murah, dapat membersihkan bagian alat yang sensitif (kabel, plastik) serta celah-celah yang kecil dan bagian-bagian yang halus tanpa mengalami kerusakan. Namun, *ultrasonic cleaner* juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah bagian yang terkontaminasi berat tidak dapat dibersihkan secara cepat, serta pembersihan bagian yang terdapat lapisan pelumas membutuhkan waktu yang lama. Dari latar belakang ini penulis mencoba mengimplemtasikan perubahan frekuensi pada rangkaian amplifier swiching terhadap output dari transduser transmitter ultrasonik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan perkembangan teknologi rangkaian ultrasonik yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian amplifier switching, yang menggunakan rangkaian listrik dan komponen elektronika. Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana kerja dari rangkaian ultrasonik yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian amplifier switching, transduser transmitter ultrasonik.
2. Mengetahui perubahan amplitudo, tegangan power supply sebesar 50 Volt – 65 Volt dan frekuensi 1 kHz – 50 kHz.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui cara kerja rangkaian rangkaian *amplifier switching* yang digunakan dalam penelitian untuk menggetarkan transduser.
2. Mengamati karakteristik amplitudo dan frekuensi output pada transduser trasmitter ultrasonik.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, sebagai batasan masalah adalah perancangan rangkaian rangkaian *amplifier switching* yang terdiri dari :

1. Rangkaian ultrasonik yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian amplifier switching, transduser transmitter ultrasonik.
2. Menguji coba dengan mengatur perubahan amplitudo, tegangan power supply sebesar 50 V – 64 V dan frekuensi 1 kHz – 50 kHz.
3. Mengatur tegangan output pada rangkaian ultrasonik dengan menggunakan osiloskop dan mengamati daerah kerja frekuensi transduser ultrasonik pada kondisi resonansi.
4. Mengamati bentuk gelombang dan frekuensi kerja rangkaian amplifier switching, transduser ultrasonik.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan selama melakukan penelitian dan penulisan laporan adalah :

1. Studi literatur

Penulis memperoleh informasi dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini baik dari literatur, data sheet, internet, buku dan jurnal yang berhubungan, serta penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, maupun alumni yang kompeten berkaitan dengan penelitian.

2. Studi peralatan

Metode studi peralatan dilakukan penulis untuk mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang akan digunakan pada saat penelitian transduser ultrasonik cleaning sehingga penulis mendapatkan informasi yang tepat tentang alat yang akan dipakai tersebut dan memperoleh teori dasar fungsi alat tersebut.

3. Observasi

Observasi dilaksanakan dengan cara melakukan kegiatan perancangan alat pada penelitian ini terdiri dari function generator, *power amplifier*, transduser ultrasonik dan osiloskop. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai-nilai komponen yang sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini.

4. Konsultasi

Mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing penelitian, serta mahasiswa dan alumni yang kompeten di bidang tertentu yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat memecahkan masalah saat berlangsungnya penelitian dan pembuatan program.

5. Evaluasi

Melakukan monitoring teruji dengan baik sehingga data yang diperoleh adalah data yang valid. Dengan demikian dapat memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan.

6. Menyusun laporan skripsi

Penyusunan laporan dilakukan untuk memberikan penjelasan berkaitan dengan alat yang telah dibuat dan juga sebagai dokumentasi secara keseluruhan yang merupakan tahap akhir dari penelitian ini diambil setelah pembuatan laporan akhir selesai beserta hasil analisa mengenai semua proses yang telah dilakukan selama penelitian berlangsung.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk penelitian ini terdiri dari lima bab yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini membahas tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan dari penelitian.

2. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan perancangan alat dan yang akan dilakukan dalam penelitian.

3. Bab 3 Metodologi penelitian

Bab ini membahas tentang langkah-langkah dari penelitian serta prosedur dalam penelitian.

4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi penjelasan mengenai data dari hasil penelitian dan analisa terhadap seluruh proses yang berlangsung selama penelitian.

5. Bab 5 Penutup

Bab ini berisi kesimpulan terhadap proses yang berlangsung selama penelitian dan saran yang mendukung penelitian selanjutnya agar dapat memberikan hasil yang lebih baik

BAB 1

PENDAHULUAN

1.7. Latar Belakang

Beberapa peneliti *switching amplifier* sebagian besar dari *switching amplifier* yang telah ada menggunakan *analog Pulsa Width Modulation* (PWM) dan kebanyakan dirancang sebagai output yang bersifat *bipolar*. *Switching Amplifier* dapat juga dilakukan dengan teknik digital PWM dan dirancang dengan output yang bersifat *unipolar*.

Suatu rangkaian elektronika yang menggunakan komponen aktif, dimana mengendalikan suatu sumber daya untuk menghasilkan output yang dapat digunakan disebut *elektronik amplifier*. Suatu alat yang dirancang untuk memberikan penguda teggangan dan arus secara signifikan disebut *power amplifier*. (Schuler 1995,p133)

Selain itu dalam bidang industri, ultrasonik digunakan sebagai *welding*, *cutting* dan *cleaning*. Sebelum ditemukan ultrasonik, larutan chlorin dan fluorin digunakan sebagai larutan pembersih. Akan tetapi, dampak chlorin dan fluorin dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu, energi mekanik (gelombang ultrasonik) digunakan sebagai pengganti larutan pembersih. *Ultrasonic cleaner* terdiri dari tangki air yang menggunakan energi ultrasonik untuk membersihkan kotoran, pelumas, minyak, dan karbon yang telah melekat. Kontaminasi seperti cat, karat, karbon yang pekat pada mesin dapat dibersihkan. Tidak seperti beberapa proses *cleaning* lainnya, *ultrasonic cleaner* tidak akan merusak material. Proses *ultrasonic cleaner* tergantung pada frekuensi gelombang ultrasonik, bahan kimia yang digunakan, dan kadar berat bagian yang dibersihkan.

Bahan kimia yang digunakan dengan *ultrasonic cleaner* berfungsi untuk menentukan bahan yang dapat dibersihkan dan berapa lama membersihkan kontaminasi. Pada penelitian ini akan dibuat rangkaian ultrasonik sebagai penggetar transduser ultrasonik. Rangkaian ultrasonik ini yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian amplifier switching, transduser ultrasonik berbahan mekanik transduser ultrasonik ini umumnya digunakan dalam aplikasi *ultrasonic cleaner*.

Ultrasonik mempunyai kelebihan daripada larutan pembersih diantaranya adalah ramah lingkungan, proses *cleaning* lebih bersih dan efektif, biaya operasi yang murah, dapat membersihkan bagian alat yang sensitif (kabel, plastik) serta celah-celah yang kecil dan bagian-bagian yang halus tanpa mengalami kerusakan. Namun, *ultrasonic cleaner* juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah bagian yang terkontaminasi berat tidak dapat dibersihkan secara cepat, serta pembersihan bagian yang terdapat lapisan pelumas membutuhkan waktu yang lama. Dari latar belakang ini penulis mencoba mengimplemtasikan perubahan frekuensi pada rangkaian amplifier swiching terhadap output dari transduser transmitter ultrasonik.

1.8. Rumusan Masalah

Berdasarkan perkembangan teknologi rangkaian ultrasonik yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian amplifier switching, yang menggunakan rangkaian listrik dan komponen elektronika. Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

3. Bagaimana kerja dari rangkaian ultrasonik yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian amplifier switching, transduser transmitter ultrasonik.
4. Mengetahui perubahan amplitudo, tegangan power supply sebesar 50 Volt – 65 Volt dan frekuensi 1 kHz – 50 kHz.

1.9. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk :

3. Mengetahui cara kerja rangkaian rangkaian *amplifier switching* yang digunakan dalam penelitian untuk menggetarkan transduser.
4. Mengamati karakteristik amplitudo dan frekuensi output pada transduser trasmitter ultrasonik.

1.10. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, sebagai batasan masalah adalah perancangan rangkaian rangkaian *amplifier switching* yang terdiri dari :

5. Rangkaian ultrasonik yang terdiri dari power supply variabel, *function generator*, rangkaian *amplifier switching*, transduser trasmitter ultrasonik.
6. Menguji coba dengan mengatur perubahan amplitudo, tegangan power supply sebesar 50 V – 64 V dan frekuensi 1 kHz – 50 kHz.
7. Mengatur tegangan output pada rangkaian ultrasonik dengan menggunakan osiloskop dan mengamati daerah kerja frekuensi transduser ultrasonik pada kondisi resonansi.
8. Mengamati bentuk gelombang dan frekuensi kerja rangkaian *amplifier switching*, transduser ultrasonik.

1.11. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan selama melakukan penelitian dan penulisan laporan adalah :

7. Studi literatur

Penulis memperoleh informasi dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini baik dari literatur, data sheet, internet, buku dan jurnal yang berhubungan, serta penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, maupun alumni yang kompeten berkaitan dengan penelitian.

8. Studi peralatan

Metode studi peralatan peralatan dilakukan penulis untuk mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang akan digunakan pada saat penelitian transduser ultrasonik cleaning sehingga penulis mendapatkan informasi yang tepat tentang alat yang akan dipakai tersebut dan memperoleh teori dasar fungsi alat tersebut.

9. Observasi

Observasi dilaksanakan dengan cara melakukan kegiatan perancangan alat pada penelitian ini terdiri dari function generator, *power amplifier*, transduser ultrasonik dan osiloskop. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai-nilai komponen yang sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini.

10. Konsultasi Mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing penelitian, serta mahasiswa dan alumni yang kompeten di bidang tertentu yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat terpecahkan masalah saat berlangsungnya penelitian dan pembuatan program.

11. Evaluasi

Melakukan monitoring teruji dengan baik sehingga data yang diperoleh adalah data yang valid. Dengan demikian dapat memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan.

12. Menyusun laporan skripsi

Penyusunan laporan dilakukan untuk memberikan penjelasan berkaitan dengan alat yang telah dibuat dan juga sebagai dokumentasi secara keseluruhan yang merupakan tahap akhir dari penelitian ini diambil setelah pembuatan laporan akhir selesai beserta hasil analisa mengenai semua proses yang telah dilakukan selama penelitian berlangsung.

1.12. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk penelitian ini terdiri dari lima bab yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

6. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini membahas tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan dari penelitian.

7. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan perancangan alat dan yang akan dilakukan dalam penelitian.

8. Bab 3 Metodologi penelitian

Bab ini membahas tentang langkah-langkah dari penelitian serta prosedur dalam penelitian.

9. Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi penjelasan mengenai data dari hasil penelitian dan analisa terhadap seluruh proses yang berlangsung selama penelitian.

10. Bab 5 Penutup

Bab ini berisi kesimpulan terhadap proses yang berlangsung selama penelitian dan saran yang mendukung penelitian selanjutnya agar dapat memberikan hasil

yang lebih baik

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Pengujian bahan padat merupakan sebuah kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik dan kualitas dari suatu bahan, seperti menguji ada tidaknya cacat di dalam bahan padat. Untuk melakukan pengujian bahan tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Karena, jika ditinjau dari karakteristiknya, gelombang ultrasonik mampu menembus suatu medium baik padat, cair maupun gas dan memiliki kecepatan yang cukup rendah sehingga lebih mudah dalam melakukan pengukuran. Dalam suatu penelitian menyebutkan bahwa dengan mengukur kecepatan gelombang ultrasonik dalam bahan padat, maka dapat diperoleh beberapa parameter seperti moduli elastisitas, besaran seperti temperatur, tekanan, prositas bahan dan kualitas beton.

Namun, pengukuran dan pengujian bahan padat tersebut membutuhkan transduser ultrasonik berintensitas rendah (berfrekuensi tinggi) diatas 1MHz. Sedangkan di Indonesia, ketersediaan transduser ultrasonik tersebut masih

tergolong sedikit. Untuk transduser ultrasonik yang mudah ditemukan di pasaran hanya memiliki frekuensi kerja 40 KHz, padahal tidak semua jenis bahan padat dapat diuji dengan frekuensi tersebut. Karena pada dasarnya gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz lebih sering digunakan untuk proses komunikasi, proses pencucian dan robotika. Oleh karena itu, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan sebuah penelitian tentang perancangan, pembuatan dan karakterisasi transduser ultrasonik untuk pengujian bahan padat.

Menurut Koselen S.W 2007 dalam buku *elctro dasar* dalam pembahasannya tentang amplifier swiching mempunyai frekuensi yang konstan untuk men-swiching trabsistor seri. Besarnya frekuensi swiching tersebut harus lebih besar dari 50 Hz – 20 kHz. Frekuensi swiching yang terlalu tinggi menyebabkan operasi swiching transistor tidak efisien dan juga dibutuhkan inti ferrit yang besar atau yang mempunyai permeabilitas tinggi.

Sedangkan menurut Pressman,Abraham 1999. Swiching power supply desain new york, Mc Graw bahwa *Swiching Power supply* yang lebih dikenal dengan catu daya elektronika yang terdiri dari sebuah regulasi swiching ayng disediakan sesuai dengan kebutuhan pada tegangan keluaran.

2.2 Teori Gelombang

Gerak gelombang muncul di dalam hampir tiap-tiap cabang fisika, seperti gelombang air, gelombang bunyi, gelombang cahaya, gelombang radio, dan gelombang elektromagnetik lainnya. Sebuah perumusan mengenai atom dan partikel-partikel sub-atomik dinamakan mekanika gelombang. Jelaslah bahwa sifat-sifat gelombang sangat penting di dalam fisika.

Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui

medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.

Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium. Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma (γ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.

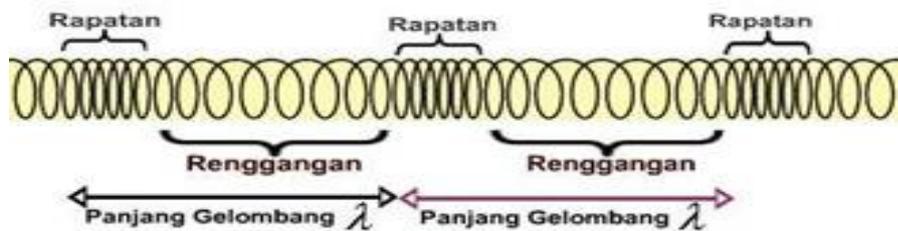
2.2.1 Klasifikasi Gelombang

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya. Sedangkan gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan.

Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal. Gelombang transversal dan gelombang longitudinal dapat digambarkan secara grafis pada gambar 2.1



Gambar 2.1a Gelombang Transversal (diambil dari Cutnell & Johnson, 1992)



Gambar 2.1b Gelombang Longitudinal (diambil dari Stanley Wolfe, 2003)

Besaran-besaran yang digunakan untuk mendiskripsikan gelombang antara lain panjang gelombang (λ) adalah jarak antara dua puncak yang berurutan, frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang melewati suatu titik tiap satuan waktu, periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang melewati suatu titik, amplitudo (A) adalah simpangan maksimum dari titik setimbang, kecepatan gelombang (v) adalah kecepatan dimana puncak gelombang (atau bagian lain dari gelombang) bergerak. Kecepatan gelombang harus

dibedakan dari kecepatan partikel pada medium itu sendiri. Pada waktu merambat gelombang membawa energi dari satu tempat ke tempat lain. Saat gelombang merambat melalui medium maka energi dipindahkan sebagai energi getaran antar partikel dalam medium tersebut.

2.2.2 Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi, secara harafiah dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh (Egan, 1972). Defenisi sejenis juga dikemukakan oleh Bruel & Kjaer (1986) yang menyatakan bahwa bunyi diidentikkan sebagai pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak.

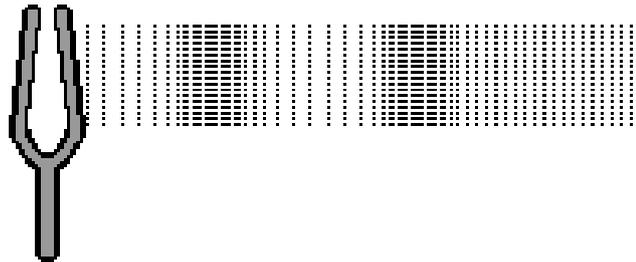
Secara lebih mendetail, Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua defenisi, yaitu:

1. Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
2. Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *subyektif*.

Secara singkat, Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami

getaran. Rambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan dan peregangan partikel-partikel udara yang bergerak ke luar, yaitu karena penyimpangan tekanan. Hal serupa juga terjadi pada penyebaran gelombang air pada permukaan suatu kolam dari titik dimana batu dijatuhkan.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

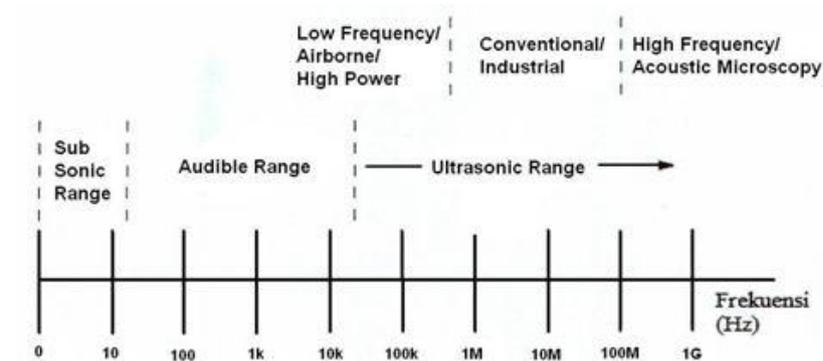


Gambar 2.2 Gelombang Bunyi

Berdasarkan jangkauan frekuensi tersebut, maka gelombang akustik/bunyi dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Gelombang infrasonik (*infrasonic waves*), yaitu gelombang yang mempunyai jangkauan frekuensi yang sangat rendah sehingga tidak dapat terdengar oleh telinga manusia. Batas maksimum frekuensi gelombang infrasonik sekitar 20 Hz.

2. Gelombang sonik (*sonic waves*), yaitu gelombang mekanik yang mempunyai jangkauan frekuensi yang dapat terdengar oleh manusia antara 20 Hz sampai 20 kHz. Jangkauan frekuensi seperti ini dinamakan audio range.
3. Gelombang ultrasonik (*ultrasonic waves*), yaitu gelombang mekanik yang mempunyai jangkauan frekuensi sangat tinggi sehingga tidak dapat terdengar oleh manusia. Batas frekuensinya di atas 20 kHz.



Gambar 2.3 Spektrum gelombang akustik

2.2.3 Gelombang Ultrasonik

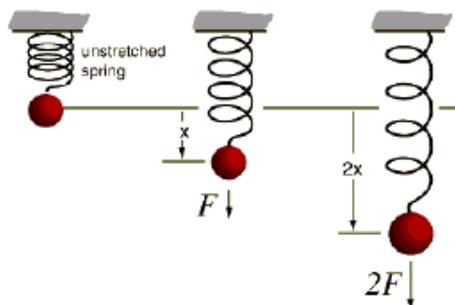
Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat inersia medium yang dilaluinya. Reflektifitas dari gelombang ultrasonik ini di permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat, tetapi pada tekstil dan busa dapat didengar, bersifat langsung dan mudah difokuskan. Kelebihan gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar, bersifat langsung dan mudah difokuskan. Jarak suatu benda yang memanfaatkan *delay*

gelombang pantul dan gelombang datang seperti pada sistem radar dan deteksi gerakan oleh sensor pada robot atau hewan. Dalam buku David dan Cheeke menyebutkan setidaknya ada dua fitur unik yang dimiliki oleh gelombang ultrasonik :

1. Gelombang ultrasonik merambat lebih pelan 100.000 kali dari pada gelombang elektromagnetik. Hal ini memudahkan untuk memperoleh informasi waktu, variabel *delay*, dan lain-lainnya pada saat gelombang ultrasonik merambat.
2. Gelombang ultrasonik mudah masuk melewati bahan yang tidak bias cahaya. Karena gelombang ultrasonik sensitif dan reliabel maka dapat dimanfaatkan untuk mengetahui bentuk gambar dari bahan yang tidak tembus cahaya.

2.2.4 Karakteristik Gelombang Ultrasonik

Gelombang suara merambat bergantung kepada vibrasi-vibrasi atau gerakan dari partikel-partikel didalam material, hal ini dikarenakan massa-massa dari partikel atom dan konstanta pegas dari setiap material berbeda-beda. Gelombang ultrasonik dapat digambarkan sebagai kumpulan osilasi dengan jumlah yang tidak terbatas atau partikel-partikel yang terhubung secara elastis. Setiap partikel saling dipengaruhi oleh pergerakan partikel lain disebelahnya dan masing-masing inersia atau kelembaman dan elastis akan mengembalikan gaya pada setiap partikelnya (Sound of Propagation in Elastic Materials, 2011).



Gambar 2.4 Ilustrasi hukum hook's

Perambatan gelombang ultrasonik didalam suatu material memiliki karakter yang reflektif atau memantul, apabila dihubungkan dengan teori fisika gelombang, maka dapat dianalogikan dengan hukum Hook (*Hook's Law*) pada ilustrasi pegas. Massa pada pegas memiliki frekuensi gema tunggal (*single resonant frequency*), ditentukan oleh nilai konstanta pegas k dan massanya m . Di bawah batas elastis setiap material, terdapat hubungan yang linear antara pergerakan partikel (*particle displacement*) dan gaya untuk partikel kembali ke titik setimbangnya. Linieritas ini dijelaskan dengan hukum Hook. Hukum Hook menjelaskan bahwa gaya balik dari pegas proporsional pada panjang ketika pegas mengalami peregangan atau tertarik, dan bergerak pada arah berlawanan. Hukum Hook dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F = (-) k x \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

F = Gaya Pegas

k = konstanta pegas

x = jarak pergerakan partikel

Dari perumusan diatas dapat dijelaskan bahwa F merupakan gaya yang ditimbulkan pegas, k merupakan konstanta pegas, dan x adalah perubahan panjang pada partikel pegas. Hukum Hook juga berhubungan dengan hukum II Newton, dimana dikatakan bahwa gaya yang diberikan pada material akan diseimbangkan

oleh massa dan percepatan partikelnya. Perumusan hukum II Newton adalah sebagai berikut:

$$F = m.a \dots\dots\dots(2.2)$$

2.2.5 Frekuensi, Kecepatan dan Panjang Gelombang

Frekuensi merupakan gejala fisis obyektif yang dapat diukur oleh instrumen-instrumen akustik. Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam selang waktu yang diberikan. Untuk memperhitungkan frekuensi, seseorang menetapkan jarak waktu, menghitung jumlah kejadian peristiwa, dan membagi hitungan ini dengan panjang jarak waktu. Hasil perhitungan ini dinyatakan dalam satuan hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman Heinrich Rudolf Hertz yang menemukan fenomena ini pertama kali.

Frekuensi adalah banyaknya getaran per banyaknya waktu pada waktu lampau satuan dari ukuran sebuah frekuensi didefinisikan sebagai banyaknya siklus perdetik (cps). Sekarang, frekuensi ditentukan dalam satuan yang disebut *Hertz* (Hz). Satu Hertz sama dengan satu siklus perdetik. Frekuensi yang dapat didengar oleh Manusia berkisar 20 sampai 20.000 Hz dan jangkauan frekuensi ini dapat mengalami penurunan pada batas atas rentang frekuensi sejalan dengan bertambahnya umur manusia (lipscomb & Taylor, 1978). Jangkauan frekuensi audio manusia akan berbeda jika umur manusia juga berbeda. Frekuensi bunyi dapat didefinisikan sebagai jumlah periode siklus kompresi dan regangan yang muncul dalam satu satuan waktu.

$$f = 1/ T \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

f = Frekuensi (Hz)

T = Waktu (detik)

Karakteristik gelombang merambat dapat dilihat dari panjang gelombang, frekuensi dan kecepatan perambatannya yang memiliki hubungan matematis sebagai berikut :

$$\lambda = v/f \dots \dots \dots (2.4)$$

Di mana:

λ = panjang gelombang (m)

v = kecepatan gelombang suara (m/s),

f = frekuensi gelombang suara (Hz).

Kecepatan ultrasonik ini akan sangat bergantung pada medium perambatannya dan akan berbeda pada medium yang berbeda. Sedangkan hubungan matematis antara kecepatan gelombang dengan karakteristik medium perambatan adalah sebagai berikut :

$$V = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

β adalah modulus bulk

ρ adalah massa jenis medium

Besaran frekuensi dari ultrasonik yang ditembakkan dari suatu transduser ultrasonik tidak akan berpengaruh pada perubahan dari kecepatan perambatannya

pada suatu medium. Sedangkan pada impedansi akustik (Z) dari suatu material didefinisikan sebagai perkalian antara kerapatan (ρ) dengan kecepatan rambat gelombang suara (c).

$$Z = \rho \cdot v \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

Z adalah impedansi akustik ($\text{kg/m}^2\text{s}$)

ρ adalah massa jenis (kg/m^3)

v adalah laju gelombang (m/s).

Nilai impedansi akustik ini berperan penting dalam hal:

- a. Menentukan transmisi dan refleksi dari gelombang suara pada batasan dua material yang memiliki impedansi akustik yang berbeda.
- b. Desain pada transduser ultrasonik.
- c. Menaksir tingkat penyerapan suara pada suatu medium

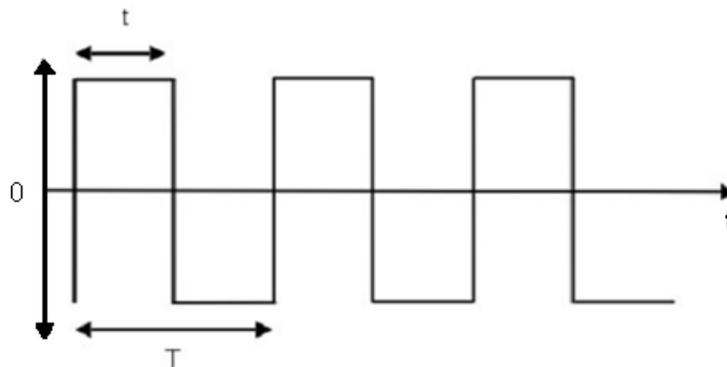
Impedansi akustik merupakan sifat yang dimiliki medium perambatan gelombang suara dan bukan dari sifat gelombang. Arti fisis dari impedansi akustik menerangkan nilai hambatan terhadap aliran dari suatu sistem. Volume aliran merupakan perkalian antara kecepatan dari suatu elemen dengan luas penampangnya. Ketika medium yang berdekatan memiliki impedansi akustik yang hampir sama, hanya sedikit energi yang direfleksikan. Impedansi akustik memiliki peran menetapkan transmisi dan refleksi gelombang di batas antara medium yang memiliki impedansi akustik yang berbeda.

2.2.6 Gelombang Kotak

Gelombang kotak merupakan bentuk umum gelombang yang lain. Pada dasarnya gelombang kotak adalah tegangan yang dihidupkan dan dimatikan (kondisi high dan low) pada interval yang teratur. Rangkaian elektronik digital, seperti pada komputer, TV, radio, dll, seringkali menggunakan gelombang kotak sebagai sinyal pewaktuan (timing signals). Untuk dapat menghasilkan gelombang ultrasonik maka diperlukan sinyal listrik bolak-balik dengan frekuensi ultrasonik. Dari Persamaan dibawah terlihat bahwa persamaan pressure akustik untuk gelombang sinus hampir mirip dengan persamaan gelombang sinus pada tegangan listrik bolak-balik yaitu :

$$v(t) = V_{\text{peak}} \text{Sin}(\omega t) \dots\dots\dots(2.7)$$

Pada kondisi ideal besarnya pressure akustik sebanding dengan tegangan listrik bolak yang diberikan ke transduser. Gelombang kotak lebih banyak dipakai sebagai sinyal pembangkit pada transduser ultrasonik.



Gambar 2.5 Bentuk gelombang kotak

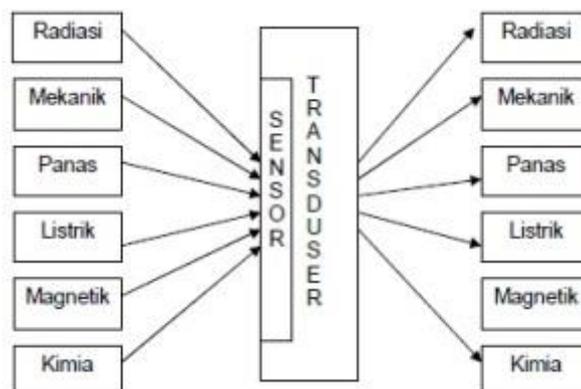
Secara umum bentuk gelombang kotak terlihat seperti pada gambar diatas. Dari gambar tersebut terlihat bahwa periode dari gelombang kotak ditunjukkan dengan T dan t menunjukkan waktu on dari pulsa.

2.2.7 Sinyal Pulsa dan Sinyal Kontinu

Gelombang ultrasonik dapat merambat sebagai gelombang kontinu (*Continous Wave*) atau gelombang pulsa (*Pulse Wave*). Gelombang pulsa secara umum digunakan dalam metode sensing aktif dan juga dalam pencitraan, sedangkan gelombang pulsa dan gelombang kontinu digunakan untuk pengukuran ultrasonik Doppler. Pada gelombang kontinu, probe ultrasonik terdiri dari pemancar dan penerima terpisah sehingga transduser mentransmisikan dan menerima secara bersamaan. Sedangkan gelombang pulsa, probe transduser berfungsi langsung sebagai pengtransmisi dan penerima sinyal. Panjang pulsa yang dibangkitkan oleh transduser adalah berbanding terbalik terhadap frekuensi bandwidth dari transduser. Hubungan dapat secara mudah ditemukan dengan transformasi Fourier untuk bentuk gelombang pulsa.

2.3 Transduser

[Transduser](#) berasal dari kata traducere dalam bahasa Latin yang berarti mengubah. Sehingga [transduser](#) dapat didefinisikan sebagai suatu peranti yang dapat mengubah suatu energi ke bentuk energi yang lain. Bagian masukan dari [transduser](#) disebut sensor, karena bagian ini dapat mengindera suatu kuantitas fisik tertentu dan mengubahnya menjadi bentuk energi yang lain.



Gambar 2.6 Umum Input – Output Transduser

Dilihat dari pola aktivasi atau proses yang diperlukan dalam mengubah energi suatu transduser dapat dibedakan menjadi 2 kategori yaitu :

- a. **Transduser aktif**, yaitu transduser yang dapat bekerja bila mendapat energi tambahan dari luar.

Untuk jenis [transduser aktif](#), contohnya adalah thermistor. Untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik yaitu tegangan listrik, maka thermistor harus dialiri arus listrik. Ketika hambatan thermistor berubah karena pengaruh panas, maka tegangan listrik dari thermistor juga berubah.

- b. **Transduser pasif**, yaitu transduser yang bekerja tanpa tambahan energi dari luar, tetapi menggunakan energi yang akan diubah itu sendiri.

Adapun contoh untuk [transduser pasif](#) adalah termokopel. Ketika menerima panas, termokopel langsung menghasilkan tegangan listrik tanpa membutuhkan energi dari luar.

Contoh Transduser

- Microphone, mengubah suara menjadi energi listrik.
- Loud Speaker, mengubah energi listrik menjadi energi suara.
- Layar LCD, mengubah energi listrik menjadi data tampilan visual.
- Solar Cel, mengubah cahaya menjadi energi listrik.
- Optical Head VCD Player, mengubah data optical menjadi data digital.
- Tape Head, mengubah data magnetik menjadi sinyal listrik.

Karakteristik Transduser Yang Perlu Diperhatikan

Pemilihan suatu transduser sangat tergantung kepada kebutuhan pemakai dan lingkungan di sekitar pemakaian. Untuk itu dalam [memilih transduser](#) perlu diperhatikan beberapa hal di bawah ini :

1. **Kekuatan transduser**, maksudnya ketahanan atau proteksi pada beban lebih.
2. **Linieritas transduser**, yaitu kemampuan untuk menghasilkan karakteristik masukan - keluaran yang linier.
3. **Stabilitas transduser yang tinggi**, yaitu kesalahan pengukuran yang kecil dan tidak begitu banyak terpengaruh oleh faktor-faktor lingkungan.
4. **Transduser dengan tanggapan dinamik yang baik**, yaitu keluaran segera mengikuti masukan dengan bentuk dan besar yang sama.
5. **Repeatability transduser** : yaitu kemampuan untuk menghasilkan kembali keluaran yang sama ketika digunakan untuk mengukur besaran yang sama, dalam kondisi lingkungan yang sama.
6. **Harga transduser**. Meskipun faktor ini tidak terkait dengan [karakteristik transduser](#) sebelumnya, tetapi dalam penerapan secara nyata seringkali menjadi kendala serius, sehingga perlu juga dipertimbangkan.

Linieritas Transduser

Linieritas transduser adalah suatu sifat yang penting dalam suatu transduser. Bila suatu [transduser adalah](#) linier, maka bila masukan menjadi dua kali lipat, maka keluaran – misalnya – menjadi dua kali lipat juga. Hal ini tentu akan mempermudah dalam memahami dan memanfaatkan transduser tersebut.

Ketidak linieran transduser setidaknya dapat dibagi menjadi dua, yaitu ketidak linieran yang diketahui dan yang tidak diketahui. Ketidaklinieran yang tidak diketahui tentu sangat menyulitkan, karena hubungan masukan – keluaran tidak diketahui. Seandainya transduser semacam ini dipakai sebagai alat ukur, ketika masukan menjadi dua kali lipat, maka keluarannya menjadi dua kali lipat atau tiga kali lipat, atau yang lain, tidak diketahui. Sehingga untuk transduser semacam ini, perlu dilakukan penelitian tersendiri untuk mendapatkan hubungan masukan–keluaran, sebelum memanfaatkannya. Adapun untuk ketidak linieran yang diketahui, maka transduser yang memiliki watak semacam ini masih dapat dimanfaatkan dengan menghindari ketidaklinierannya atau dengan melakukan beberapa transformasi pada rumus-rumus yang menghubungkan masukan dengan keluaran.

2.4 Power Supply

Power supply atau catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik.

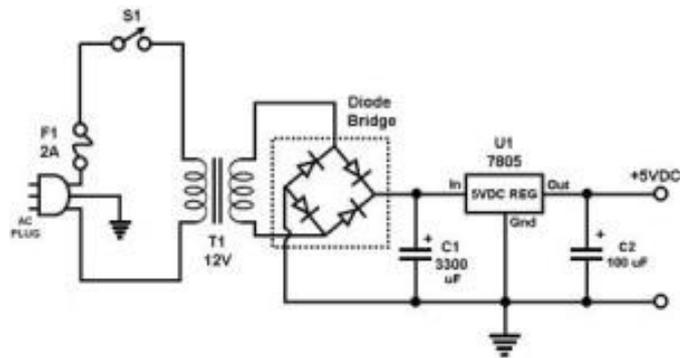
2.4.1 Rangkaian power supply

Rangkaian power supply adalah bagian dari sistem atau perangkat elektronika yang berfungsi untuk memberikan sumber tegangan pada sistem elektronika tersebut. Dalam suatu perangkat elektronika rangkaian power supply ada yang menjadi satu kesatuan dengan perangkat elektronik tersebut dan ada juga

yang dibuat secara terpisah. [Rangkaian power supply](#) dapat dibedakan menjadi 2 tipe berdasarkan sistem kerjanya, yaitu :

1. Stepdown Transformer Power Supply

Stepdown transformer power supply adalah rangkaian power supply yang dibuat menggunakan transformator step down sebagai penurun tegangannya. Contoh [rangkaian power supply sederhana](#) jenis stepdown transformer power supply dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Stepdown Trasformer Power Supply

Dari gambar rangkaian power supply diatas komponen T1 adalah transformator jenis step down tanpa CT. Penggunaan transformator jenis stepdown inilah yang menjadikan power supply tersebut dinamakan stepdown transformer power supply. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar power supply diatas dapat kita ketahui bahwa power supply jenis stepdown transformer power supply terdiri dari beberap bagian sebagai berikut :

1. Penurun Tegangan

Bagian ini berfungsi untuk menurunkan tegangan AC 220 volt menjadi 12 volt AC. Penurun tegangan pada rangkaian power supply diatas menggunakan transformator tanpa CT dengan tegangan output 12 volt.

2. Penyearah Gelombang

Bagian penyearah gelombang pada rangkaian power supply diatas menggunakan dioda bridge. Bagian ini berfungsi untukmenyerahkan tegangan AC dari output transformator.

3. Filter Pertama

Filter pertama berfungsi untuk meratakan tegangan DC hasil penyearahan gelombang yang diproses oleh bagian penyearah gelombang. Filter yang digunakan pada rangkaian power supply pada umumnya adalah kapasitor elektrolit (elco). Filter pertama pada rangkaian diatas adalah kapasitor C1 degan nilai 3300 uF.

4. Regulator Tegangan

Regulator tegangan adalah bagian yang berfungsi untukmengatur teganganoutput power supply. Pada [rangkaian power supply sederhana](#) diatas regulator tegangan yang digunakan adalah IC 7805, sehingga output dari rangkaian power supply diatas adalah +5 volt.

5. Filter Kedua

Filter kedua pada rangkaian power supply diatas berfungsi untuk memantapkan kualitas DC dari proses perataan tegangan yang dilakukan oleh filter pertama. Oleh karena itu nilai kapasitas dari filter kedua ini lebih kecil dari pada filter pertama. Rangkaian power supply diatas adalah rangkaian power supply sederhana dengan tegangan output +5 volt yang teregulasi menggunakan chip IC 7805.

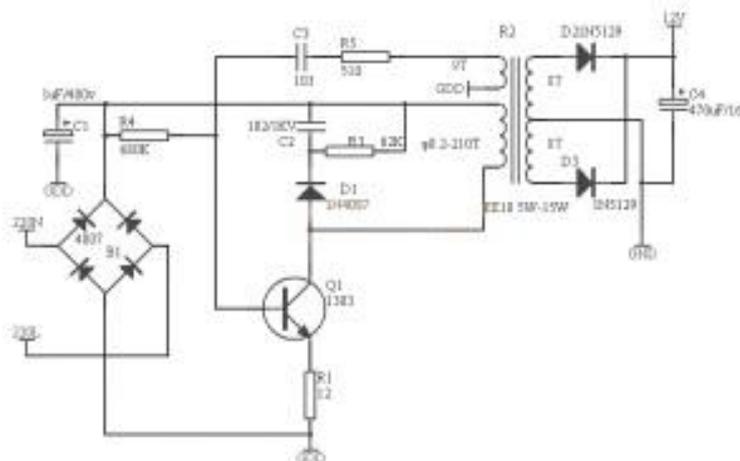
2. Switching Power Supply

Power supply jenis ini menggunakan metode yang berbeda dengan power supply linier. Pada jenis ini, tegangan AC yang masuk ke dalam rangkaian langsung disearahkan oleh rangkaian penyearah tanpa menggunakan bantuan transformer. Cara menyearahkan tegangan tersebut adalah dengan menggunakan frekuensi tinggi antara 10 KHz hingga 1 MHz, dimana frekuensi ini jauh lebih tinggi daripada frekuensi AC yang sekitar 50 Hz. Pada power supply tipe switching biasanya diberikan rangkaian umpan balik agar tegangan dan arus yang keluar dari rangkaian ini dapat dikontrol dengan baik. Power Supply tipe switching menjadi semakin populer pemakaiannya karena tipe ini memberikan penyediaan daya DC yang efisiensi dan densitas dayanya sangat tinggi dibandingkan dengan tipe linear. Untuk lebih jelasnya, beberapa perbandingan antara kedua tipe tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

SPEKIFIKASI	TIPE LINIER	TIPE SWICHING
Pengaturan Beban (Load Regulatorion)	0.02 -0.01%	0.1 – 1.0 %
Variasi Gelombang Keluaran (Output Ripple)	0.5 – 2 m Vrms	25 – 100 mVp-p
Variasi Voltase masukan (Input Voltage Range)	+/- 10%	+/- 50%
Efisiensi	40 – 55%	60 -80 %

Switching power supply merupakan rangkaian power supply yang memiliki efisiensi daya yang tinggi. Rangkaian switching power supply sederhana dapat dilihat pada contoh berikut :

Rangkaian Power Supply Switching Sederhana



Gambar 2.8 Rangkaian Power Supply Switching

Rangkaian power supply switching diatas cukup sederhana untuk dibuat. Rangkaian power supply switching diatas secara prinsip bekerja dengan cara menyalurkan tegangan AC 220 volt secara langsung menggunakan dioda bridge D1 dan diratakan menggunakan filter kapasitor C1. Kemudian tegangan DC tersebut digunakan untuk membentuk sistem regulator PWM dengan power regulator transistor Q1 yang digunakan untuk mengendalikan transformator. Output transformator berupa tegangan AC dengan frekuensi yang tinggi sehingga

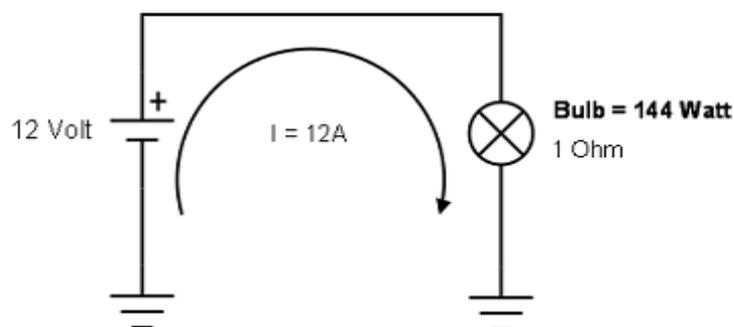
proses penyearahan tegangan cukup menggunakan sistem penyearah setengah gelombang dan dengan filter kapasitor dengan nilai kapasitansi yang kecil.

Kelebihan [rangkaian power supply switching](#) adalah dengan konstruksi fisik yang kecil dan ringan dapat direproduksi power supply dengan kapasitas arus yang besar dan stabilitas tegangan output yang lebih baik dari pada **rangkaian power supply** dengan transformator stepdown.

2.5 Amplifier Switching

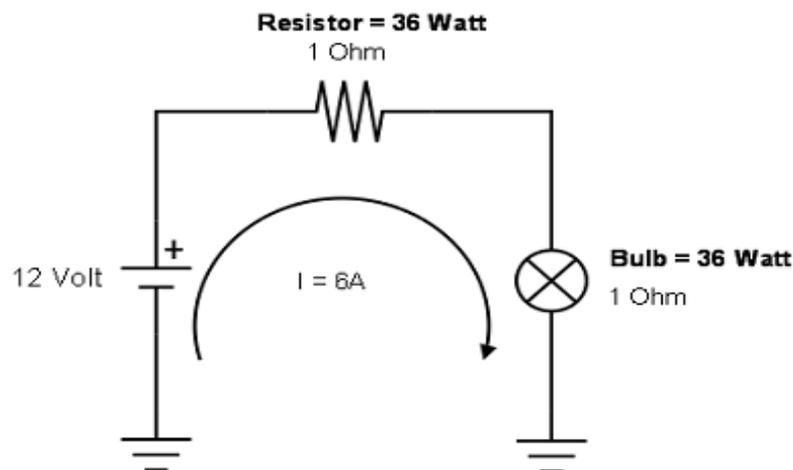
Definisi umum dari amplifier adalah alat yang bisa meningkatkan amplitudo sinyal input. Ada 2 jenis amplifier yang ada saat ini yaitu linear amplifier dan switching amplifier. Contoh dari linear amplifier adalah amplifier Class A, Class B dan Class AB. Sedangkan contoh switching amplifier adalah class D atau ada juga yang menyebut sebagai digital amplifier. Switching amplifier pertama kali diajukan pada 1958, namun baru populer setelah banyak perangkat mobile yang membutuhkan amplifier, misalkan HP, PDA, notebook, car audio dan lain-lain. Keunggulan utama dari switching amplifier adalah mampu mencapai efisiensi $> 90\%$ serta penggunaan daya power supply yang lebih efisien.

Prinsip dasar dari switching amplifier sangat sederhana, sebagai ilustrasi terlihat seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian lampu sederhana

Sebuah sumber tegangan 12 Volt dihubungkan ke sebuah lampu yang memiliki hambatan 1 Ohm. Maka dengan menggunakan hukum Ohm kita bisa menghitung arus yang mengalir ke lampu yaitu sebesar 12 Amper. Dengan menggunakan persamaan $P = V I$ maka kita akan mendapatkan disipasi daya lampu sebesar 144 Watt. Jika lampu terlalu terang menyalnya maka cara termudah untuk meradupkannya adalah dengan memasang sebuah hambatan sebelum lampu seperti yang terlihat pada Gambar 2.10.



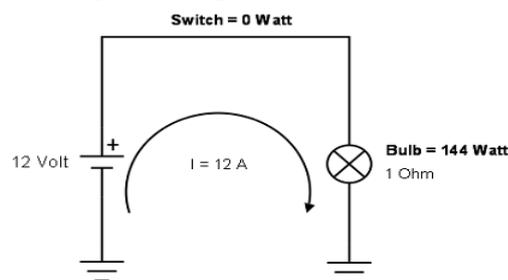
Gambar 2.10 Rangkaian lampu ditambah dengan resistor

Dari gambar di atas dengan mudah kita dapat menghitung hambatan total dalam rangkaian sebesar 2 Ohm, sehingga dengan hukum Ohm kita bisa menghitung besarnya arus yang mengalir sebesar 6 Amper. Untuk tegangan di lampu sekarang menjadi 6 Volt dan tegangan di resistor juga 6 Volt. Sehingga disipasi daya lampu

menjadi 36 Watt dan disipasi daya di resistor juga 36 Watt. Jeleknya adalah bahwa disipasi daya yang ada di resistor akan dibuang dalam bentuk panas, dan ini artinya ada daya yang terbuang secara percuma. Oleh karena itu diperlukan cara lain untuk meredupkan lampu tanpa ada daya yang terbuang. Cara tersebut adalah dengan mengganti resistor dengan sebuah saklar seperti terlihat pada Gambar 2.11.

Gambar 2.11 Rangkaian lampu sederhana saat saklar terbuka

Agar sebuah saklar bisa meredupkan lampu maka saklar tersebut perlu dibuka atau ditutup (on atau off) dengan kecepatan tertentu. Pada saat saklar terbuka, maka lampu akan mati karena tidak ada arus yang mengalir menuju lampu. Sedangkan jika saklar ditutup maka arus akan mengalir menuju lampu sehingga lampu menyala, seperti yang terlihat pada Gambar 2.12.

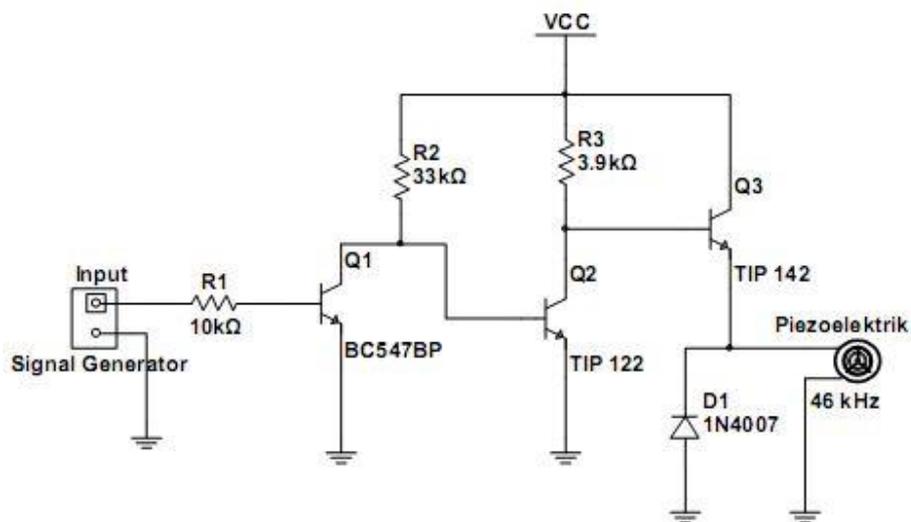


Gambar 2.12 Rangkaian lampu sederhana saat saklar tertutup

Berbeda dengan menggunakan resistor, maka saklar tidak akan menyerap daya listrik sehingga lampu memperoleh arus dan daya yang maksimum, dan tidak ada daya terbuang akibat berubah menjadi panas. Kecerahan lampu ditentukan oleh tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh gerakan buka dan tutup dari switch.

2.5.1 Perancangan Rangkaian Amplifier Switching

Rangkaian amplifier yang digunakan berfungsi sebagai switching. Untuk membuat rangkaian amplifier harus diperhitungkan terlebih dahulu komponen apa saja yang akan digunakan, berapa nilai komponen yang akan digunakan, dan lain sebagainya. Selain itu juga perlu mengetahui keadaan lainnya seperti mengetahui bagaimana keadaan suplai catu daya yang akan digunakan dan juga ketersediaan komponen yang ada. Gambar 3.4 merupakan skematik rangkaian amplifier.



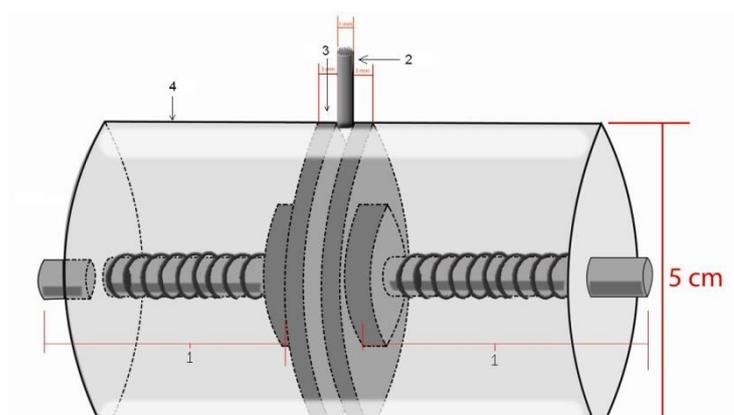
Gambar 2.13 Skematik rangkaian amplifier

Pada penelitian ini, function generator (signal generator) memberikan input sinyal kotak bolak-balik pada rangkaian amplifier switching. Gelombang kotak digunakan dalam penelitian ini dikarenakan amplifier yang digunakan berfungsi sebagai switching (saklar). Gelombang kotak dapat mempunyai nilai 0 atau 1. Arus keluaran dari function generator (signal generator) sangat kecil untuk melalui transistor TIP 142. Oleh karena itu diperlukan tahapan-tahapan agar arus basis yang diperlukan TIP 142 sesuai untuk mengkondisikan TIP 142 menjadi switch ON. Tahap pertama arus kecil function generator dikuatkan transistor

BC547. Berdasarkan datasheet Fairchild Semiconductor, BC547 mampu mengalirkan arus kolektor sebesar 0.2 A saat transistor kondisi saturasi. Kemudian tahap selanjutnya, arus kolektor yang berasal dari transistor BC547 mengalir ke basis TIP 122. Basis transistor TIP 122 hanya membutuhkan arus 0.12 A agar kondisi transistor TIP 122 saturasi. Saat kondisi transistor TIP 122 switch ON (saturasi), arus kolektor TIP 122 mampu mengalirkan sebesar 5 A. Arus tersebut mengalir ke basis TIP 142 yang hanya membutuhkan arus 0.5 A untuk mengkondisikan transistor TIP 142 menjadi saturasi dan arus kolektor yang mampu mengalir pada TIP 142 sebesar 10 A, dimana $i_c \sim i_e$ maka arus yang mengalir pada transduser ultrasonik sebesar arus yang melewati kolektor.

2.5.2 Perancangan Mekanik Transduser Ultrasonik

Bahan yang digunakan untuk membuat mekanik transduser ultrasonik terbuat dari nylon. Nylon merupakan bahan isolator, sehingga tidak terhubung langsung dengan transduser ultrasonik. Transduser ultrasonik yang digunakan terdiri dari 2 buah. Transduser ultrasonik pertama berfungsi sebagai transmitter gelombang ultrasonik. Sedangkan transduser ultrasonik kedua sebagai receiver yang berfungsi untuk melihat gelombang output yang dihasilkan transduser ultrasonik. Kedua transduser ultrasonik tersebut diletakkan di tengah mekanik transduser ultrasonik kemudian ditekan konduktor berbahan kuningan di kedua sisi. Diantara kedua transduser ultrasonik disisipkan kabel serabut sebagai konduktor negatif.



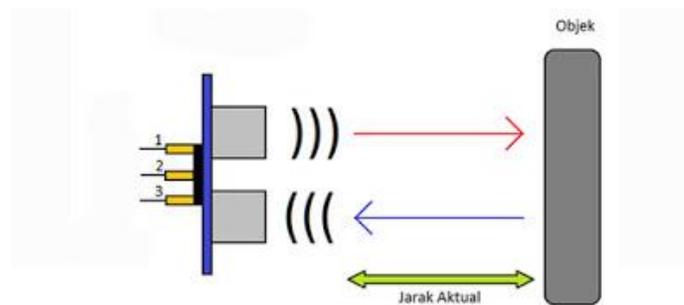
Gambar 2.14 Mekanik transduser ultrasonik

Keterangan:

1. Pendorong transduser ultrasonik berbahan kuningan berfungsi sebagai elektroda positif dengan per tekan dikelilinginya.
2. Kabel serabut sebagai elektroda negatif.
3. Transduser ultrasonik dengan diameter 50 x 3 mm.
4. Tabung mekanik transduser ultrasonik dengan tutup kedua sisi terbuat dari nylon (bahan isolator).

Cara Kerja Transduser Ultrasonik

Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut.



Gambar 2.15 Cara kerja sensor ultrasonik dengan transmitter dan receiver (atas).

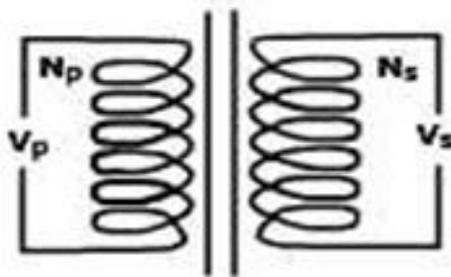
Tranduser ultrasonik dengan single sensor yang berfungsi sebagai transmitter dan receiver sekaligus Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

1. Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
2. Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
3. Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus : $S = 340 \cdot t/2$

dimana S merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), dan t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

2.6 Transformator

Transformator (trafo) adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik (AC). Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai output, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan. Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik.



Gambar 2.16 Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$V_p/V_s = N_p/N_s \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

V_p = tegangan primer (volt)

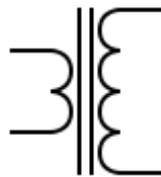
V_s = tegangan sekunder (volt)

N_p = jumlah lilitan primer

N_s = jumlah lilitan sekunder

Berdasarkan perbandingan antara jumlah lilitan primer dan jumlah lilitan skunder transformator ada dua jenis yaitu:

1. Transformator step up yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik rendah menjadi tinggi, transformator ini mempunyai jumlah lilitan umpanan sekunder lebih banyak daripada jumlah lilitan primer ($N_s > N_p$).



Gambar 2.17 Skema transformator step up

2. Transformator step down yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik tinggi menjadi rendah, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder ($N_p > N_s$).



Gambar 2.18 Skema transformator step down

2.7 Pengukuran Tegangan rms Amplifier

Secara teori tegangan rms merupakan rata-rata kuadrat dari beberapa titik tegangan sinyal listrik dalam satu periode, hasil rata-rata ini kemudian diakarkan. Secara praktis tegangan rms merupakan tegangan yang terukur oleh alat ukur listrik misalkan multimeter. Secara matematika maka tegangan rms dianggap sebagai fungsi rms dimana dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.9 dibawah ini :

$$f_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt} \dots\dots\dots(2.9)$$

Bentuk sinyal output dari ultrasonik generator adalah gelombang kotak. Jika duty cycle gelombang kotak tersebut adalah 50% maka dengan menggunakan.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [V_p(t)]^2 dt} < 0.5 \dots\dots\dots(2.10)$$

Persamaan diatas menghasilkan :

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{0.5 \cdot T_{01}} \int_{T_{01}}^{T_{0.52}} dt} \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk periode 0 sampai 0.5 periode maka menghasilkan:

$$V_{rms} = V_p \dots\dots\dots(2.12)$$

Pengukuran tegangan rms dilakukan dengan menggunakan alat ukur multimeter digital merk Sanwa. Ujicoba dilakukan dengan memvariasikan tegangan input. Power supply yang digunakan adalah power supply variabel DC dengan tegangan konstan 50 Volt.

2.8 Pengukuran Daya Output Transduser Ultrasonik

Secara umum untuk menghitung daya dapat ditulis dalam persamaan :

$$P = V.I.....(2.13)$$

Atau dapat di tulis :

$$P = \frac{V^2}{R}.....(2.14)$$

Karena tegangan keluaran dari amplifier adalah bolak-balik maka persamaan di atas berubah menjadi :

$$Prms = \frac{Vrms^2}{R}.....(2.15)$$

Berikut ini merupakan hasil pengukuran dan simulasi daya output pada transduser ultrasonik dengan hambatan sebesar 1 ohm pada Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Hasil Pengukuran dan Simulasi Daya pada Tranduser Ultrasonik

Vcc (V)	Vtranduser (V)	Vtotal (V)	Daya (Watt)
50	42.5	42.7	8.5
54	42.6	42.9	12.78
55	43.3	43.6	12.99
60	43.5	43.9	17.4
64	43.9	44.4	21.95

Pada Tabel 2.2 merupakan data pengukuran daya output transduser ultrasonic. Daya output tersebut diperoleh dari pengukuran tegangan total dikurangkan dengan pengukuran tegangan transduser. Hasil pengurangan tersebut kemudian

dikalikan dengan resistor sebesar 1 ohm sehingga diperoleh daya output transduser ultrasonic. Kendala dalam pengambilan data pengukuran daya output transduser ultrasonic, tidak menggunakan tang penjepit pengukur watt melainkan menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perancangan perangkat keras (*hardware*) dari rangkaian rectifier signal amplifier secara spesifik. Selain itu, pada perancangan perangkat keras rangkaian ultrasonik ini untuk mengetahui karakteristik transduser ultrasonik dan amplifier terhadap perubahan frekuensi dan amplitudo.

3.1 Tempat dan lokasi penelitian

3.1 Tempat dan lokasi penelitian

Kegiatan penelitian ini bertempat di laboratorium fakultas teknik prodi teknik elektro UMSU.

3.2 Alat dan Bahan

Ada pun peralatan dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Peralatan :

- **Power Supply Variabel**

Untuk mendapatkan sumber tegangan DC dari AC dibutuhkan power supply. Power supply yang digunakan, yaitu power supply variabel DC untuk memberikan tegangan ± 25 V dengan arus sebesar 1 A. Adapun jenis power supply variabel DC yang digunakan adalah merk Leader.

Berikut adalah spesifikasi dari power supply variabel DC ini:

- Interval tegangan : 0 – 6 V, 0 hingga +25 V dan 0 sampai -25 V
- Arus 5 A pada tegangan 0 – 6 V dan arus 1 A pada tegangan 0 hingga +/- 25 V
- Semua output tegangan dan arus dapat diatur

- Ripple : < 3mVpp

- **Function Generator**

Pada pengukuran ini digunakan sebuah function generator yang digunakan sebagai input gelombang untuk rangkaian. Penggunaan sebuah function generator ini dimaksudkan agar frekuensi yang dihasilkan sesuai dengan transduser ultrasonik. Function generator yang digunakan adalah Escort ECG 2218. Escort ECG 2218 adalah function generator produk Escort Electronic Instrument dari Taiwan. Function generator ini mengeluarkan gelombang kotak yang digunakan sebagai input amplifier. Berikut adalah spesifikasi dari generator fungsi ini:

- Interval frekuensi : 0.2 Hz – 2 MHz
- Tegangan Output : < 10 Vpp
- Impedansi Output : $50 \Omega \pm 10\%$
- Level Offset : ± 10 V (dapat diatur)
- Sweep Time : 10 ms – 5 s
- Akurasi : 5 % (amplitude max., 1 kHz, untuk sinus dan segitiga)
- Bentuk gelombang output : Sinus, kotak, segitiga, sinyal TTL / CMOS

- **Osiloskop 1 Unit**

- **Multitester**

- **Tang kombinasi**

- **Papan Break board**

- **Catu daya**

- **Kawat penghubung**

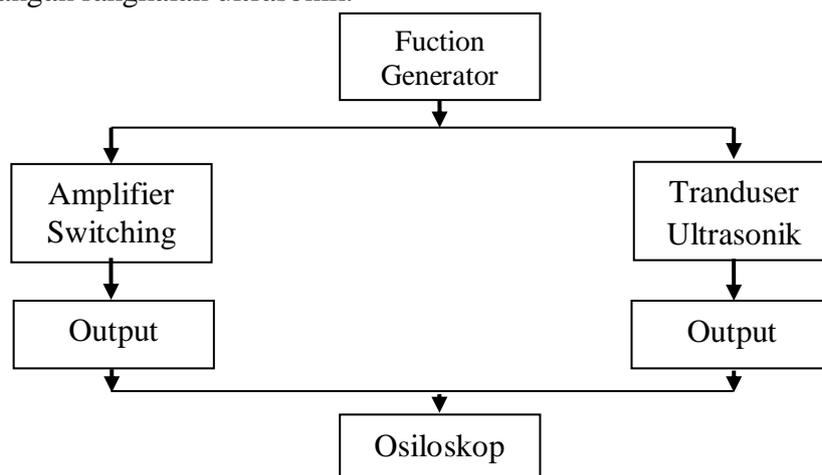
3.3 Jalannya Penelitian

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- a. Membuat perancangan rangkaian amplifier switching dan rangkaian Transmitter Ultrasonik
- b. Mengukur tegangan dan arus rangkaian amplifier switching dan rangkaian Transmitter Ultrasonik
- c. Mengamati hasil bentuk gelombang keluaran dari rangkaian amplifier switching dan rangkaian Transmitter Ultrasonik
- d. Menghitung tegangan, arus frekuensi dari rangkaian amplifier switching dan rangkaian Transmitter Ultrasonik
- e. Analisis perhitungan kelayakan perancangan rangkaian amplifier switching dan rangkaian Transmitter Ultrasonik

3.3.1 Blok diagram pengujian

Pada bagian ini akan dibahas tentang perancangan perangkat keras dari sistem rangkaian ultrasonik secara spesifik per bagian, beserta prinsip kerjanya. Gambar 3.1 merupakan blok diagram yang digunakan dalam perancangan rangkaian ultrasonik.

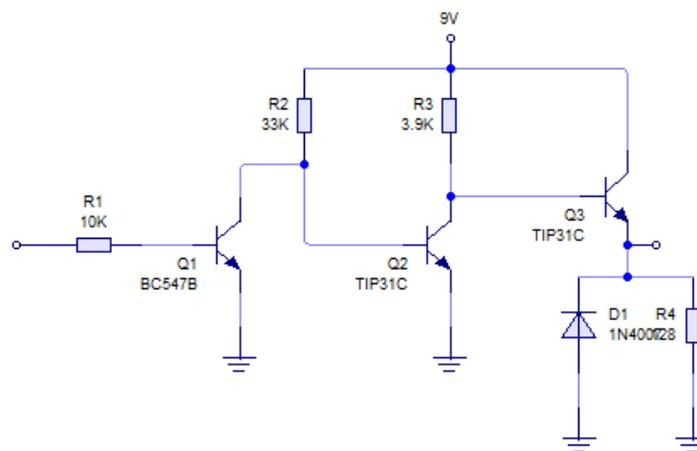


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Pada blog diagram sistem ini dilakukan pengujian untuk melihat keluaran gelombang dari kedua rangkaian ini. Bahwa fraction generator mensuplay atau membangkitkan frekuensi untuk melihat kerja dari keluaran dari rangkaian amplifier swiching. Kemudian dilakukan pada rangkaian transduser transmitter ultrasonik untuk melihat kelaoran gelombang sebelum dilakukan penggabungan rangkaian.

3.4 Pengujian Rangkaian Amplifier

Pengujian amplifier dilakukan tanpa dihubungkan dengan transduser ultrasonik dengan menggunakan tegangan power supply sebesar ± 25 Vdc.

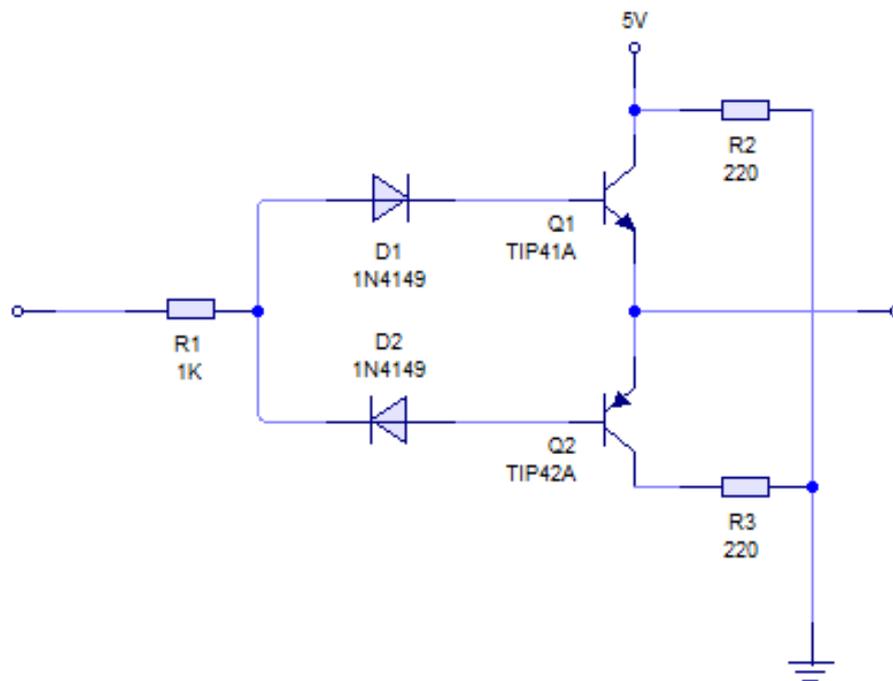


Gambar 3.2 Rangkaian Simulasi Frekuensi Output Rangkaian Amplifier Switching

Power supply yang digunakan power supply tracking dc dengan spesifikasi arus sebesar 1 A pada tegangan -25 V hingga 25 V. Pengujian dilakukan tanpa dihubungkan transduser ultrasonik melainkan langsung diukur menggunakan osiloskop.

3.5 Pengujian Rangkaian Tranduser Ultrasonik

Pengujian rangkaian tranduser ultrasonik dilakukan tanpa dihubungkan dengan amplifiier dengan menggunakan tegangan power supply sebesar ± 25 Vdc. Sinyal tersebut dilewatkan pada sebuah resistor sebesar $3\text{ K}\Omega$ untuk pengaman ketika sinyal tersebut membias maju rangkaian dioda dan transistor. Kemudian sinyal tersebut dimasukkan ke rangkaian penguat arus yang merupakan kombinasi dari 2 buah dioda dan 2 buah transistor.

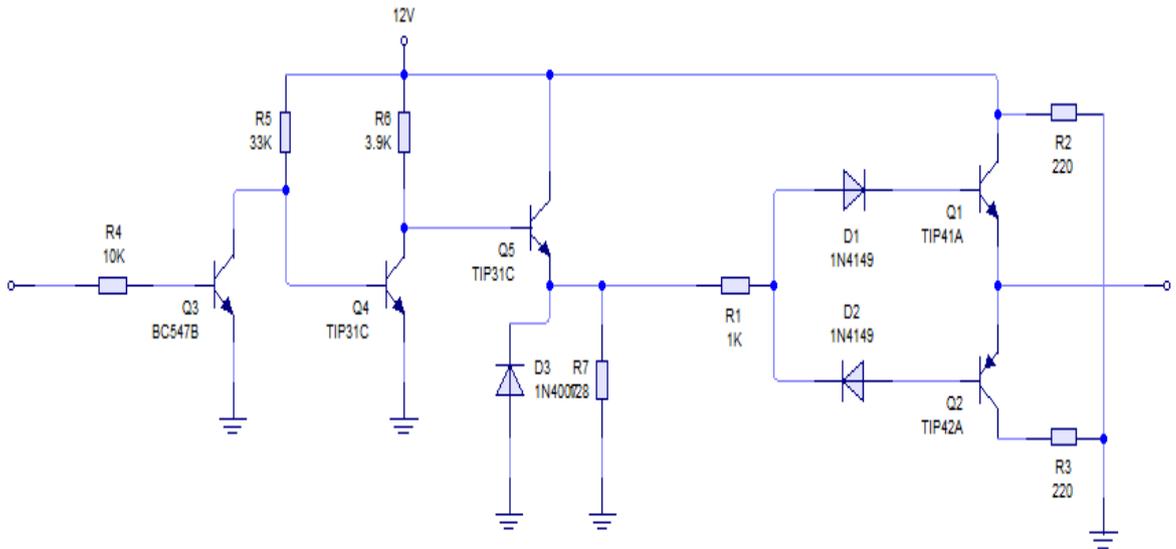


Gambar 3.3 Rangkaian Simulasi Frekuensi Transducer Transmitter Ultrasonik.

3.6 Pengujian Penggabungan Rangkaian Amplifier Tranduser Transmitter Ultrasonik

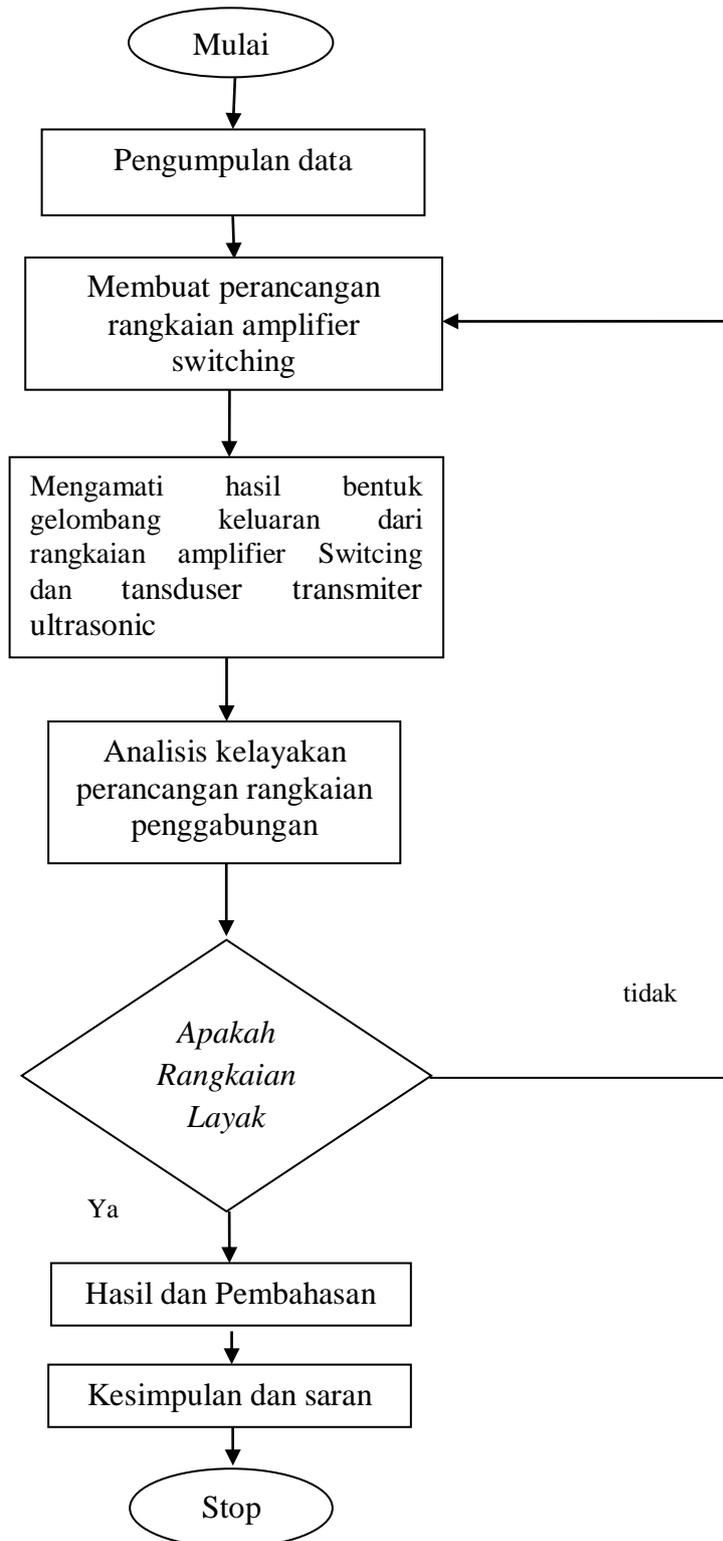
Pada pengujian penggabungan amplifiier transduser ultrasonic sangat sensitive dapat berubah-ubah karena range panelnya sangat besar. Sehingga bentuk

gelombang resonansi maksimum yang dihasilkan transduser ultrasonic mempunyai noise. Maka peneliti menggunakan sebuah rangkaian transducer transmitter ultrasonik sepertigambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4 Penggabungan Rangkaian Amplifier Tranduser Ultrasonik

Pada diagram di bawah ini menunjukkan beberapa langkah langkah-langkah penting yang dilakukan dalam kajian perencanaan ini, yaitu ada Mengukur tegangan dan arus dan mengamati hasil bentuk gelombang keluaran rangkaian amplifier switching. Pelaksanaan penelitian dapat digambarkan secara diagram alir pada Gambar 3.5:



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

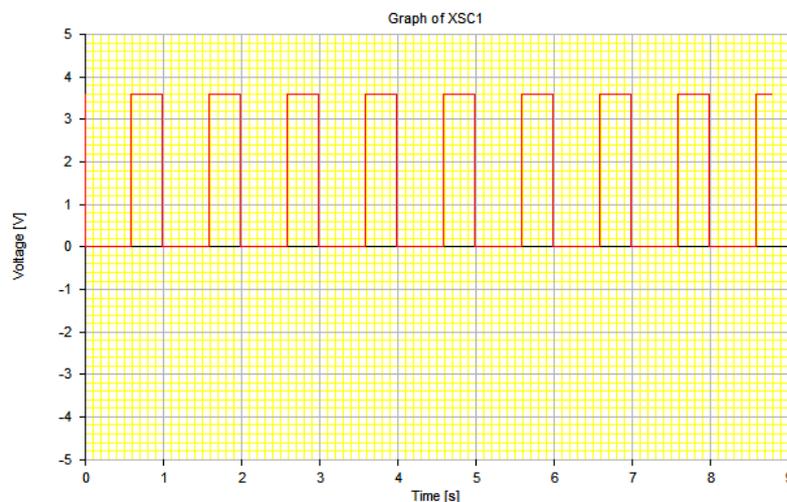
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa pengujian dan analisa pada sistem yang telah dikerjakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem apakah telah berfungsi seperti apa yang diharapkan dan menganalisa apabila terjadi kegagalan. Pengujian dilakukan satu-persatu dari pengujian awal hingga ke pengujian sistem-sistem lainnya yang mendukung proses pengukuran. Pengujian yang dilakukan meliputi pengamatan terhadap perubahan amplitudo dan frekuensi pada rangkaian amplifier.

4.1 Pengujian Frekuensi Output Rangkaian Amplifier

Bentuk sinyal output dari amplifier yang diharapkan adalah seperti pada **Gambar 4.1**. Dimana bentuknya adalah gelombang kotak dengan tegangan output sebesar $\pm V_{in}$. Tegangan V_{in} positif terjadi pada fase pertama dan tegangan $-V_{in}$ terjadi pada fase kedua.

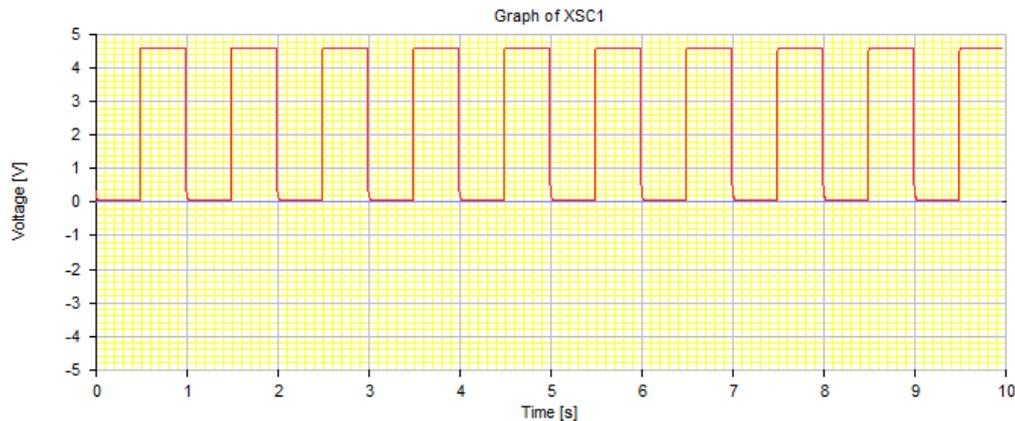


Gambar 4.1 Sinyal Gelombang Kotak dari Output Rangkaian Amplifier

Pengujian amplifier dilakukan tanpa dihubungkan dengan rangkaian transduser ultrasonik dengan menggunakan tegangan power supply sebesar ± 12 Vdc.

4.2 Pengujian Rangkaian Transducer transmitter ultrasonik

Pengujian transduser ultrasonik disini dilakukan untuk melihat resonansi transduser ultrasonik.

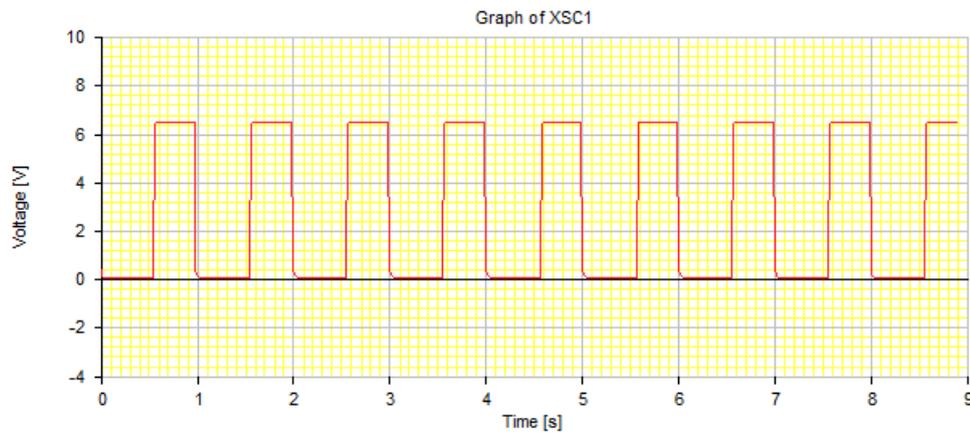


Gambar 4.2 Sinyal Gelombang Kotak dari Rangkaian Transducer Transmitter Ultrasonik

Pengujian Transducer Transmitter Ultrasonik dilakukan tanpa dihubungkan dengan Rangkaian Amplifier dengan menggunakan tegangan power supply sebesar ± 12 Vdc. Gelombang ini akan dipancarkan dengan kecepatan 344.424m/detik atau 29.034uS per centimeter.

4.3 Pengujian Pengabungan Rangkaian Amplifier Transducer Transmitter Ultrasonik

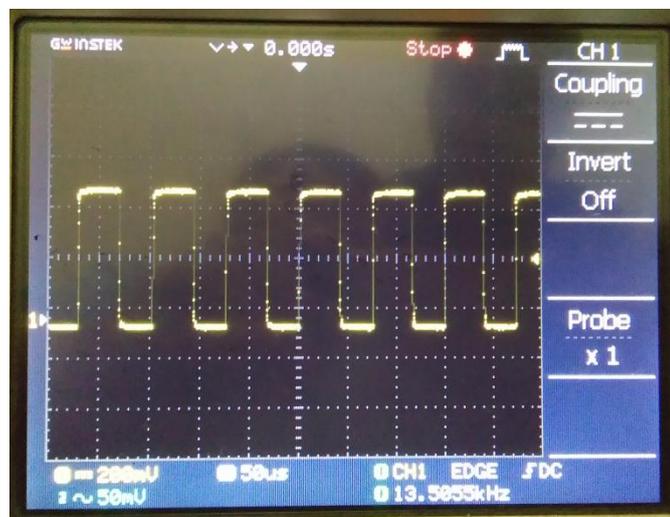
Pengujian pengabungan rangkain amplifier transduser ultrasonik bertujuan melihat serta mengetahui bagaimana perubahan nilai keluaran dan respon transduser ultrasonik setelah pengabungan dengan cara mengukur dengan osiloskop pada keluaran mekanika transduser ultrasonik dan juga menggunakan multimeter untuk mengukur frekuensi input.



Gambar 4.3 Sinyal Gelombang Kotak dari Rangkaian Pengabungan Amplifier Transducer Transmitter Ultrasonik

4.4 Pengujian Rangkaian Amplifier

Pengujian dengan osiloskop input power amplifier dihubungkan dengan function generator dan frekuensi yang diubah-ubah mulai dari 10 Hz sampai 50 KHz.



Gambar 4.5 Gelombang Output Amplifier

Dalam pengujian rangkaian amplifier terlihat pada alat ukur Osiloskope bahwa volt/div = 200 mV, Time/Div = 50 μ s dan Frekuensi =m13,5055 kHz, hal ini dapat dilihat pada analisa pengujian rangkaian amplifier.

4.4.1 Analisa data pada output Rangkaian Amplifier

Pada analisa data dari sinyal masuk maka dapat dihitung tegangan sesuai pada tabel di bawah ini. Maka tegangan, waktu dan frekuensi dapat dihitung pada osiliskop yaitu :

Tegangan Input :

$$\begin{aligned} V &= \text{Volt/Div} \times \text{Div} \\ &= 0,2 \text{ Volt} \times 2 \text{ Div} = 0,4 \text{ volt} \end{aligned}$$

Maka waktunya :

$$\begin{aligned} T &= \text{Time/Div} \times \text{Div} \\ &= 0,05\text{ms} \times 2,5 \text{ Div} \\ &= 0,125 \text{ ms} = 0,000125 \text{ s} \end{aligned}$$

Dan Frekuensinya adalah :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000125} = 8 \text{ kHz}$$

Pada gambar dapat diamati tegangan puncak $V[p]$, tegangan puncak-ke-puncak $V[p-p]$ yang pada nilainya dua kali $V[p]$, dan tegangan efektif (*root mean square/rms*) $V[rms]$ yang digunakan dalam perhitungan tegangan AC.

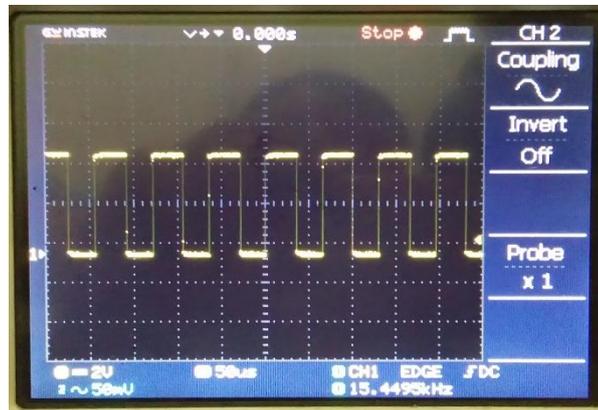
Perhitungan tagangan $V[rms]$ untuk bentuk gelombang yang umum adalah :

Maka :

$$V_{rms} = \frac{V_{p-p}}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ Volt.}$$

4.5 Rangkaian Transducer Transmitter Ultrasonik

Pengujian dengan osiloskop input power rangkaian trasmitter ultrasonik dihubungkan dengan function generator dan frekuensi yang diubah-ubah mulai dari 10 Hz sampai 50 KHz.



Gambar 4.5 Gelombang Output Transducer Transmitter Ultrasonik

Dalam pengujian rangkaian Transducer Transmitter Ultrasonik terlihat pada alat ukur Osiloskope bahwa $\text{volt/div} = 2\text{V}$, $\text{Time/Div} = 50 \mu\text{s}$ dan Frekuensi 15,4495 kHz, hal ini dapat dilihat pada analisa pengujian rangkaian Transducer Transmitter Ultrasonik.

4.5.1 Analisa data pada output Rangkaian Amplifier

Pada analisa data dari sinyal masuk maka dapat dihitung tegangan sesuai pada tabel di bawah ini. Maka tegangan, waktu dan frekuensi dapat dihitung pada osiloskop yaitu :

Tegangan Input :

$$\begin{aligned} V &= \text{Volt/Div} \times \text{Div} \\ &= 2 \text{ Volt} \times 2,5 \text{ Div} = 5 \text{ volt} \end{aligned}$$

Maka waktunya :

$$\begin{aligned} T &= \text{Time/Div} \times \text{Dip} \\ &= 0,05\text{ms} \times 2\text{Div} \\ &= 0,1 \text{ ms} = 0,0001 \text{ s} \end{aligned}$$

Dan Frekuensinya adalah :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0001} = 10 \text{ kHz}$$

Pada gambar dapat diamati tegangan puncak V[p], tegangan puncak-ke-puncak V[p-p] yang pada nilainya dua kali V[p], dan tegangan efektif (*root mean square/rms*) V[rms] yang digunakan dalam perhitungan tegangan AC.

Perhitungan tagangan V[rms] untuk bentuk gelombang yang umum adalah :

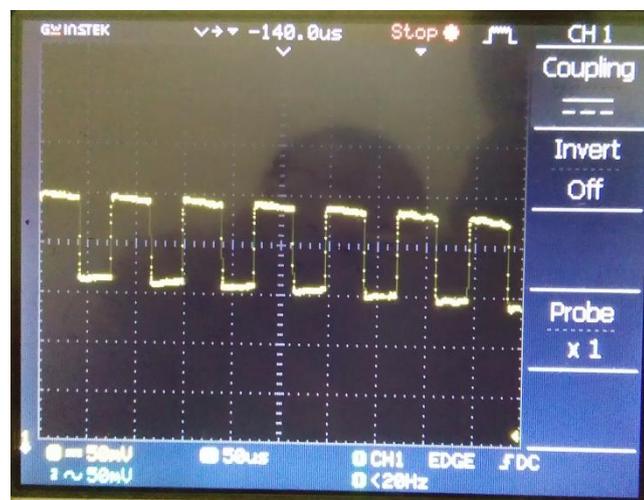
Maka :

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{p-p}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ Volt.}$$

4.6 Pengujian penggabungan Amplifier dan Transducer Transmitter

Ultrasonik

Pada analisa data dari sinyal masuk maka dapat dihitung tegangan sesuai pada tabel di bawah ini. Maka tegangan, waktu dan frekuensi dapat dihitung pada osiliskop yaitu :



Gambar 4.6 Gelombang Output penggabungan Amplifier dan Transducer Transmitter Ultrasonik

Dalam pengujian rangkaian penggabungan Amplifier dan Transducer Transmitter Ultrasonik terlihat pada alat ukur Osiloskope bahwa volt/div = 50 mV, Time/Div= 50 μ s dan Frekuensi 20Hz, hal ini dapat dilihat pada analisa pengujian rangkaian penggabungan Amplifier dan Transducer Transmitter Ultrasonik.

4.6.1 Analisa data pada output penggabungan Amplifier dan Transducer Transmitter Ultrasonik

Pada analisa data dari sinyal masuk maka dapat dihitung tegangan sesuai pada tabel di bawah ini. Maka tegangan, waktu dan frekuensi dapat dihitung pada osiliskop yaitu :

Tegangan Input :

$$\begin{aligned} V &= \text{Volt/Div} \times \text{Div} \\ &= 0,05 \text{ Volt} \times 2 \text{ Div} = 0.1 \text{ volt} \end{aligned}$$

Maka waktunya :

$$\begin{aligned} T &= \text{Time/Div} \times \text{Div} \\ &= 0,05 \text{ ms} \times 2\text{Div} \\ &= 0,1 \text{ ms} = 0,0001 \text{ s} \end{aligned}$$

Dan Frekuensinya adalah :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0001} = 1 \text{ kHz}$$

Pada gambar dapat diamati tegangan puncak V[p], tegangan puncak-ke-puncak V[p-p] yang pada nilainya dua kali V[p], dan tegangan efektif (*root mean square/rms*) V[rms] yang digunakan dalam perhitungan tegangan AC.

Perhitungan tagangan V[rms] untuk bentuk gelombang yang umum adalah :

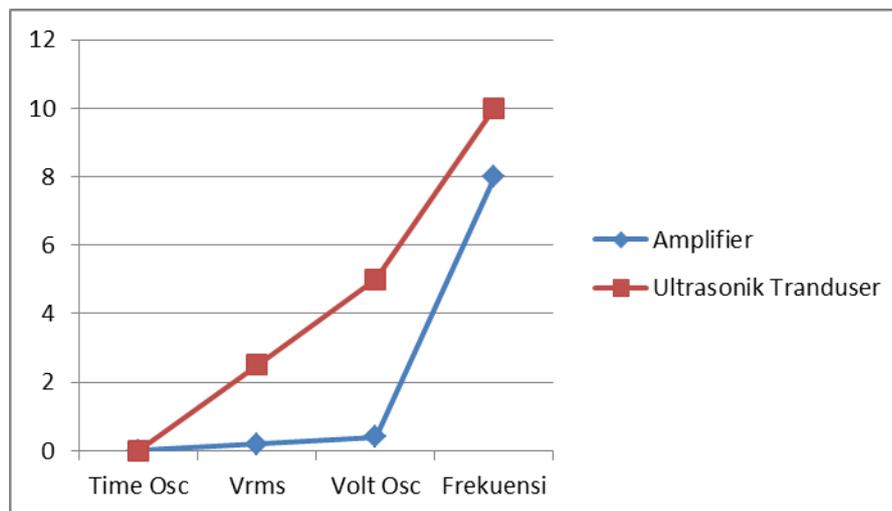
Maka :

$$V_{rms} = \frac{V_{p-p}}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ Volt.}$$

Bahwa dari analisa data rangkaian kedua rangkaian ini dapat dilihat tabel frekuensi sinyal tersebut seperti tabel 4.1 dibawah ini.

Output Rangkaian	Time Osc	Vrms	Volt Osc	Frekuensi
Amplifier	0,000125	0,2	0,4	8
Ultrasonik Tranduser	0,0001	2,5	5	10

Pada tabel 4.1 di dapat hasil dari Output rangkaian amplifier adalah Time Osc 0,000125 S, Vrms 0,2 Volt tegangan Osc 0,4 Volt dan Frekuensi 8 kHz. Dan dari hasil dari Output rangkaian Transduser Trasmitter Ultrasonik adalah Time Osc 0,0001S, Vrms 2,5 Volt tegangan Osc 5 Volt dan Frekuensi 10kHz. terlihat grafik pada gambar 4.7 dibawah ini

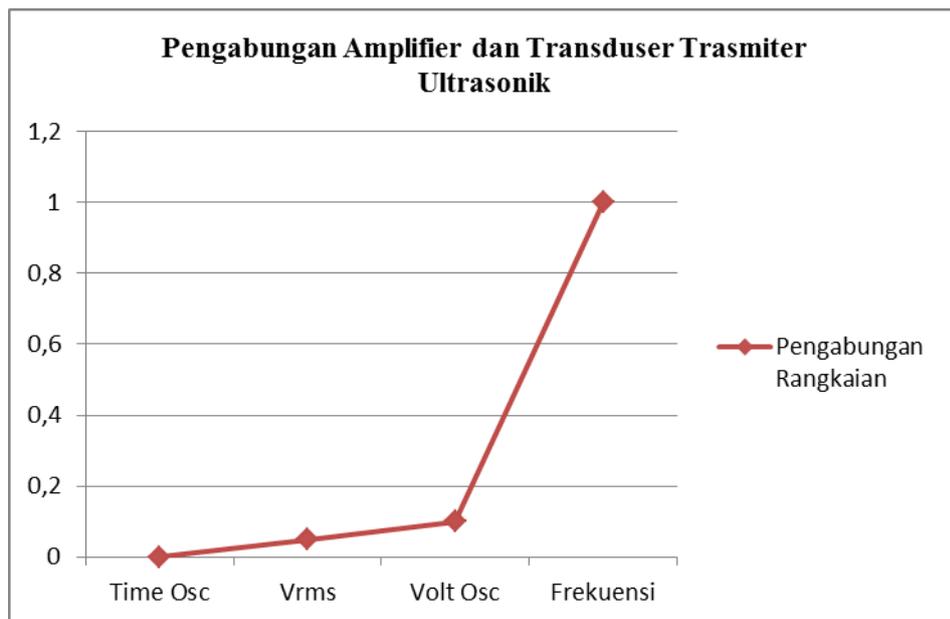


Gambar 4.7 Grafik Output rangkaian Transduser Trasmitter Ultrasonik

Setelah dilakukan penggabungan maka data analisa dari Pengabungan Amplifier dan Transduser Trasmitter Ultrasonik maka dapat dilihat tabel frekuensi sinyal tersebut seperti tabel 4.2 dibawah ini.

Output Rangkaian	Time Osc	Vrms	Volt Osc	Frekuensi
Penggabungan Rangkaian	0,0001	0,05	0,1	1

Pada tabel 4.2 di dapat hasil dari Output rangkaian Penggabungan Amplifier dan Transduser Trasmitter Ultrasonik adalah Time Osc 0,0001 S, Vrms 0,05 Volt tegangan Osc 0,1 Volt dan Frekuensi 1 kHz. terlihat grafik pada gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 Grafik Output rangkaian Penggabungan Amplifier dan Transduser Trasmitter Ultrasonik

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan alat serta pengujian dan menganalisa, maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Pada rangkaian amplifier switching yang digunakan untuk menggetarkan transduser ultrasonik menghasilkan frekuensi sebesar 8 kHz.
2. Pada pengukuran rangkaian transducer transmitter ultrasonik bahwa Frekuensi yang dihasilkan sebesar 10 kHz dalam memancarkan sinyal sinusoidal.
3. Sedangkan pada penggabungan rangkaian dihasilkan frekuensi sebesar 1 kHz. Hal ini menunjukkan semakin besar sumber catu daya yang diberikan, semakin besar pula daya outputnya.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, hasil yang diperoleh masih banyak terdapat kekurangan baik dalam proses pengukuran maupun perhitungan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan pada penelitian yang akan datang diperlukan beberapa perbaikan dan peningkatan, diantaranya :

1. Rangkaian transduser ultrasonik ini memerlukan komponen resonator agar dapat diaplikasikan pada alat *ultrasonic cleaner*. Keterbatasan power supply yang digunakan untuk memberikan daya output maksimum pada transduser ultrasonik.
2. Perlu merancang rangkaian generator ultrasonik yang mampu beroperasi frekuensi tinggi untuk memberikan memberikan input sinyal bolak-balik pada rangkaian transduser ultrasonik.

DAFTAR PUSTAKA

- Fuchs, F. John. 2002 *Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application*. New York : Blackstone Ultrasonic.
- Halliday, David dan Resnick, Robert, Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta : Erlangga. 1997 *Fisika*.
- Ikeda, H., et al. 1994, IEEE IECON *Full-Bridged MOS-FET DC-to-RF inverter for Use with High-Power Ultrasonic Transducer*.
- Malvino, Albert Paul. M. Barmawi and M.O. Tjia. Ketiga. Jakarta : Erlangga 1994 *Prinsip-Prinsip Elektronika*.
- Cheeke, J. and N., David. 2002 *Fundamentals and Applications of Ultrasonic Wave*. Florida : CRC Press LLC.
- Crowell, Benjamin. 2008 *Vibrations and Waves*. California : Light and Matter.
- Fuchs, F. John. *Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application*. Blackstone Ultrasonic.
- Liu, Huimin. (2000). *Science and Engineering of Droplets*. New Jersey: Noyes Publications.
- Pain, H. J 1999. *Physics of Vibrations and Waves*. 5th Edition. Chichester : John Wiley & Sons, 1999.
- Sukarno. Ultrasonic Generator dengan Frekuensi Maksimum 100 kHz dan Daya 100 Watt Berbasis Mikrokontroler AVR ATTINY2313. Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Depok : s.n., 2010.
- Albert Paul Malvino 2003. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Salemba Teknika. Jakarta.
- Daryanto. *Teknik Dasar Elektronika Komunikasi*, 2012 Sarana Tutorial Nurani Sejahtera. Bandung. 2012.
- Saludin Muis. *Power Supply Jenis Switch Mode*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 2014.
- Pain, H. J. *Physics of Vibrations and Waves*. 5th Edition. Chichester : John Wiley & Sons, 1999.
- Sukarno. *Ultrasonic Generator dengan Frekuensi Maksimum 100 kHz dan daya*

100 Watt Berbasis Mikrokontroler AVR ATTINY2313.
Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Depok : s.n., 2010.

Pressman, Abrham 1999. *Swiching power supply desain new york*, Mc Graw
bahwa *Swiching Power supply*.

Koselen S.W 2007 dalam buku *elctro dasar* dalam pembahasannya tentang
amplifier swiching.