

# Aplikasi Gelombang Ultrasonik Pada Mesin Cuci Pakaian

Amrizal Osgani, Ari Murtono, Bambang Priyadi

**Abstrak** – Mesin cuci sudah tidak asing lagi dalam kehidupan sekarang, dengan mesin cuci orang dapat lebih mudah untuk mencuci pa-kaian. Mesin cuci pada umumnya menggunakan motor untuk menciptakan putaran air. Hal inilah yang dapat merusak pakaian. Pemanfaatan teknologi ultrasonik saat ini telah banyak digunakan untuk membersihkan alat-alat dalam bidang industri dan praktek medis. Akan tetapi belum maksimal dalam memanfaatkan ultrasonik untuk mencuci pakaian. Pada penelitian ini akan dibuat aplikasi gelombang ultrasonik pada mesin cuci pakaian dengan prinsip kerja memanfaatkan gelombang ultrasonik berfrekuensi 25 KHz – 40 KHz membersihkan pakaian dari noda-noda dengan cara menghembuskan gelembung-gelembung untuk menghilangkan noda tanpa merusak pakaian. Dengan kapasitas maksimal 2 pakaian dalam waktu 25 menit dapat membersihkan noda biasa dan waktu 45 menit untuk noda yang membandel dengan hasil kebersihan kurang lebih 70 persen di banding hasil dari mesin cuci konvensional

**Kata kunci** : mesin cuci, ultrasonik

## I. PENDAHULUAN

**P**erkembangan produk-produk di Indonesia bukanlah menjadi suatu hal yang asing lagi bagi penduduk Indonesia. Selain sudah tidak asing lagi, perkembangan produk-produk di Indonesia juga bisa dinyatakan amat sangat pesat, hal ini dibuktikan dengan banyak bermunculannya berbagai produk yang terbaru oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang jasa maupun manufaktur. Gelombang ultrasonik saat ini banyak digunakan dalam bidang industri dan praktek medis. Ultrasonik dengan frekuensi 40Khz mampu membersihkan benda-benda kecil yang berdebu dengan bersih.[1] Berdasarkan masalah praktis dalam pembersihan ultrasonik industri, mensimulasikan tekanan akustik yang mengarah ke kavitasi di tangki pembersih. Tekanan akustik telah disimulasikan pada posisi yang berbeda di tangki pembersih.[2]

Dengan merancang suatu mekanisme yang akan menghasilkan getaran dari frekuensi 25 kHz – 40 kHz untuk mengarahkan getaran ke objek pakaian diharapkan dapat melakukan

terobosan baru dalam menyelesaikan pekerjaan mencuci agar lebih efektif dan efisien. Mesin cuci pakaian yang memanfaatkan gelombang Ultrasonik tidak merusak pakaian dan dapat membunuh kuman tanpa menggunakan deterjen sehingga lebih ramah lingkungan serta lebih hemat daya

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembersih Ultrasonik

Ultrasonic Cleaning atau ultrasonic cleaner adalah alat pembersih yang menggunakan gelombang ultrasonik (biasanya 20 - 400Khz) dan cairan pembersih khusus digunakan untuk mem-bersihkan bagian alat atau glassware .



Gambar 1 Ultrasonic Cleaner [3]

Gelombang Ultrasonik dapat digunakan hanya menggunakan air biasa, tapi penambahan solvent khusus akan membantu mem-buat dampak lebih baik. Proses pembersihan biasanya berlangsung 3 sampai 6 menit. Dalam perkembangannya alat ini juga sekarang digunakan untuk melarutkan sample. Alat ini cocok juga digunakan untuk membersihkan : Kacamata, perhiasan, peralatan kedokteran gigi, printer head, sisir, peralatan tatto, gigi palsu, arloji, dan lain sebagainya. Pembersihan Ultrasonik me-nggunakan proses gelembung kavitasi yang di-induksi oleh tekanan frekuensi tinggi. [3]

### 2.2 Gelombang Suara

Gerak gelombang muncul di dalam hamper tiap-tiap cabang fisika, seperti gelombang air, gelombang bunyi, gelombang cahaya, gelombang radio, dan gelombang elektromagnetik lainnya. Se-buah perumusan mengenai atom dan partikel-partikel sub-atomik dinamakan mekanika gelombang.

Gelombang dapat didefenisikan 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

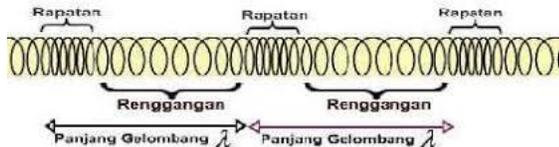
Amrizal Osgani adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang , email: [amihampn@gmail.com](mailto:amihampn@gmail.com)  
Ari Murtono dan Bambang Priyadi adalah dosen Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, email : [ari.murtono@polinema.ac.id](mailto:ari.murtono@polinema.ac.id) , [bambang.priyadi@polinema.ac.id](mailto:bambang.priyadi@polinema.ac.id)

merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal



Gambar 2 Gelombang Transversal [4]



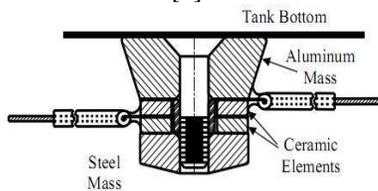
Gambar 3 Gelombang Longitudinal [4]

2.3 Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik disebut juga gelombang suara dengan frekuensi tinggi. Suara adalah sebuah usikan (*disturbance*) yang merambat melalui suatu medium udara, air pada suatu jaringan badan atau bahan padatan tertentu. Gelombang se-tiap suara dinyatakan dengan frekuensi dan intensitasnya. Frekuensi dinyatakan dalam unit hertz (Hz), yakni jumlah osilasi per detik. Suara yang memiliki frekuensi di atas 20 kHz tidak dapat didengar telinga manusia dan oleh karenanya diklasifikasikan sebagai gelombang ultrasonik. [5]

2.4 Transduser Ultrasonik Piezoelektrik

Inti dari sebuah transduser piezoelektrik adalah lempeng tunggal atau ganda material keramik piezoelektrik, biasanya material Timbal Zirkonat Titanat (PZT), terjepit di antara elektroda yang terdapat sumber titik untuk kontak listrik. Perakitan keramik dikompresi antara blok logam (satu aluminium dan satu baja) untuk mengetahui kompresi dengan kekuatan tinggi. Ketika tegangan dialirkan di seluruh keramik melalui elektroda, material keramik piezoelektrik akan mengalami perubahan bentuk memanjang atau memendek (tergantung pada polaritas) karena perubahan kisi strukturnya. Dengan ini perubahan bentuk material keramik piezoelektrik menyebabkan gelombang suara untuk menyebarkan ke dalam larutan pembersih. Frekuensi rendah menghasilkan gelembung yang lebih besar dan pembersihan yang lebih intensif sedangkan gelembung kecil frekuensi tinggi akan membersihkan lebih lembut. [6]



Gambar 4 Transduser Ultrasonik [7]

2.5 Generator Ultrasonik

Generator ultrasonik mengubah energi listrik dari saluran yang biasanya berganti-ganti arus pada 50 atau 60Hz untuk

energi listrik pada frekuensi ultrasonik. Ini dicapai dalam sebuah sejumlah cara oleh berbagai produsen peralatan.



Gambar 5 Generator Ultrasonik [8]

Ada beberapa inovasi yang relatif baru dalam teknologi generator ultrasonik yang mungkin meningkatkan efektifitas peralatan pembersihan ultrasonik. Ini termasuk output gelombang persegi, perlahan-lahan atau dengan cepat denyut energi ultrasonik hidup dan mati dan memodulasi atau "menyapu" itu frekuensi keluaran generator di sekitar frekuensi operasi pusat. Yang paling maju generator ultrasonik memiliki ketentuan untuk menyesuaikan berbagai parameter output untuk menyesuaikan output energi ultrasonik untuk tugas tersebut. [9]

2.6 Arduino Mega 2560

Mikrokontroler Arduino Mega 2560 adalah piranti elektronik berupa *Integrated Circuit* (IC) yang memiliki kemampuan manipulasi data (informasi) berdasarkan suatu urutan instruksi (program) yang dibuat oleh programmer dimana di dalamnya sudah terdapat *Central Processing Unit* (CPU), *Random Access Memory* (RAM), *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM), I/O, Timer dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung terorganisasi dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai. Umumnya mikrokontroler memiliki instruksi manipulasi bit, akses ke I/O secara langsung serta proses interupsi yang cepat dan efisien. Konfigurasi Pin Arduino Mega 2560. [10]

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *chip module* I2C untuk mempermudah programmer nantinya dalam mengakses LCD tersebut. Sebab dengan digunakannya modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan

LCD merupakan perangkat *display* yang paling umum dipasangkan ke mikrokontroler, mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuan menampilkan karakter atau grafik yang lebih baik dibandingkan *display 7 segment* ataupun *alpha-numeric*. [11]

2.8 Solenoid



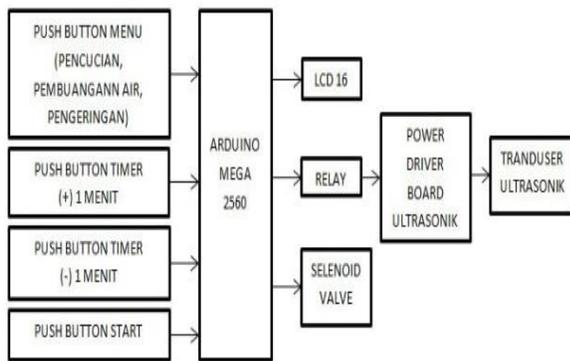
Gambar 6 Solenoid Valve [12]

Solenoid valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui solenoida, mempunyai kumparan sebagai penggerakannya yang berfungsi untuk me-nggerakan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC, solenoid valve pneumatik atau katup solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*

Lubang masukan, berfungsi sebagai terminal / tempat udara bertekanan masuk atau *supply (service unit)*, sedangkan lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke pneumatik, dan lubang exhaust, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat plu-nger bergerak atau pindah posisi ketika solenoid valve pneumatik bekerja. [12]

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 7 Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari alat ini adalah memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk dikonversikan menjadi getaran, dimana getaran tersebut untuk membuat gelembung gelembung air yang dapat membersihkan pakaian dari nodanoda

Pengaturan timer digunakan untuk lama proses pencucian pakaian. *Driver* ultrasonik akan aktif jika relay menerima sinyal untuk meng-aktifkan, lama dari relay akan mengaktifkan beberapa lama *Power Driver Board* ultrasonik bekerja sesuai waktu yang telah di setting dan di proses oleh mikro-kontroler, untuk melakukan proses pencucian pakaian.

3.2 Perancangan Elektrik

Agar transduser ultrasonik bekerja untuk Pencucian pakaian sesuai dengan frekuensi yang diinginkan maka memerlukan pengontrolan dan memerlukan rangkaian elektrik yang tepat. Peran-cangan dan pembuatan elektrik ini terdiri dari mikrokontroler Arduino 2560, driver ultrasonik, rangkaian tombol setting, rangkaian lcd dan solenoid.

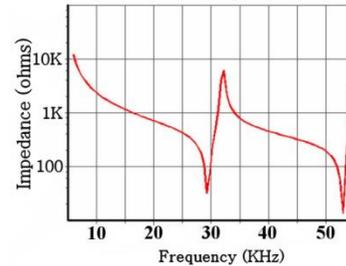
Spesifikasi Elektrik

1. Sumber Tegangan : 220 V
2. Tegangan Kerja
  - a. Mikrokontroler : 5 VDC
  - b. Power Suply : 12 V

3. Proses : Arduino Mega 2560
4. Tampilan/Display : LCD 16x2

3.3 Spesifikasi Transduser

Transduser ultrasonik secara efektif merupakan rangkaian LC resonan seri: elektroda piezo membentuk kapasitor, dan massa resonansi ber-peran sebagai induktansi



Gambar 10 Grafik Impedansi dengan Frekuensi pada Transduser

Karena transduser adalah sirkuit LC, ia menghadirkan impedansi yang berbeda ke sirkuit peng-gerak pada frekuensi yang berbeda. Pada frekuensi resonansinya (28 KHz), itu akan tampak sebagai beban 25 ohm, dan ketika didorong off-resonansi, itu akan terlihat seperti 1000. Dan menggerakkan perangkat pada frekuensi menengah akan menghasilkan impedansi di suatu tempat antara ekstrem. (Puncak tinggi dalam plot adalah mode resonansi paralel, yang harus dihindari. Sebagian besar area off-resonansi sekitar 1000 ohm.)

Transduser mempunyai daya 100 watt Daya adalah tegangan kuadrat dibagi dengan hambatan, yang dalam hal ini adalah impedansi ke tegangan *Driver AC*, sehingga tegangan yang diperlukan tergantung pada frekuensi *Driver* :

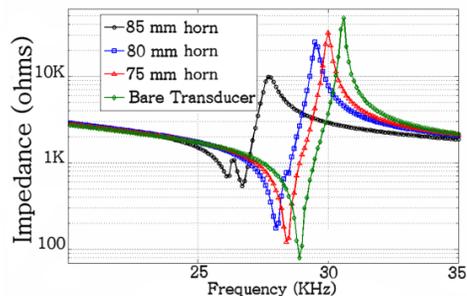
$$\frac{V^2}{R} = P \tag{1}$$

$$V^2 = P \times R$$

$$V^2 = 25 \text{ Ohm} \times 100 \text{ Watt}$$

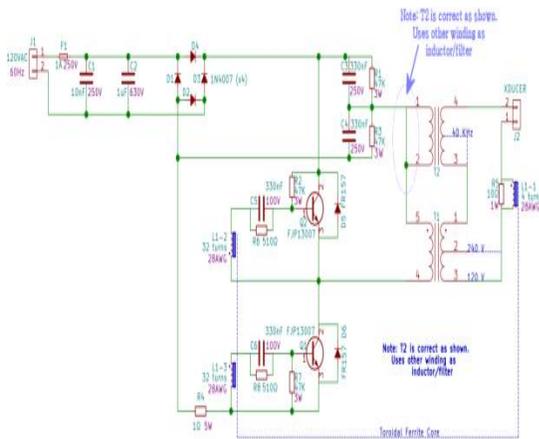
$$V = 50 \text{ Volt (At Resonance)}$$

$$V \approx 315 \text{ Volt (Off-resonance)}$$



Gambar 11 Grafik Impedansi dan Frekuensi pada Horn

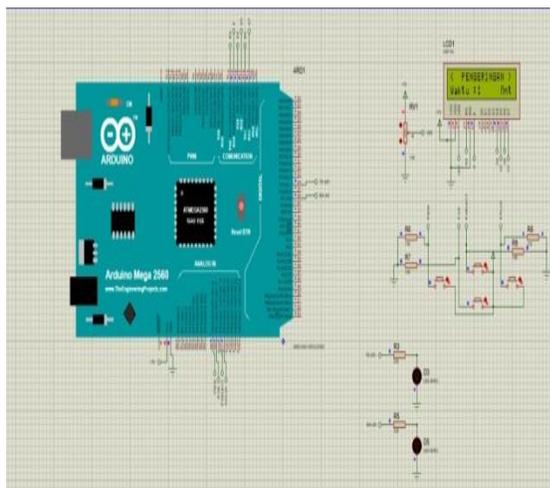
Sebagian besar aplikasi ultrasonik menggunakan tanduk logam yang melekat pada transduser untuk memfokuskan energi ke area kecil, tergantung pada aplikasi. Klakson bergetar pada frekuensi resonansinya sendiri, sehingga frekuensi resonansi sistem lengkap (transduser + Horn) adalah perpaduan keduanya. Biasanya, seseorang membuat Horn terlalu panjang dan "memotongnya" agar sesuai dengan resonansi transduser.



Gambar 12 Rangkaian Power Driver Board Ultrasonik

Input 220 volt dikoreksi (buruk) menjadi 160 volt, kemudian dibagi menjadi +/- 80 volt seimbang oleh C3 / C4. Salah satu ujung T1 primer dipegang ke titik tengah umum, sedangkan Q1 dan Q2 bergantian beralih ujung tinggi lainnya (+80 volt) dan rendah (-80 volt). Sekunder dari T1 memperkuat tegangan ini, sementara T2 bertindak sebagai filter kasar untuk bentuk gelombang keluaran. Perhatikan bahwa T2 hanya digunakan sebagai induktor - primer disingkat dan dibumikan agar tidak menghasilkan tegangan apa pun. Osilasi transduser diambil oleh L1-1 dan dikirim ke Q1 dan Q2 melalui L1-3 dan L1-2. Saat Q1 me-nyalakan transduser, umpan balik dari L1 pada akhirnya akan mematikannya dan Q2 untuk me-nyalakan transduser ke arah lain. Saat Q2 menyalakan transduser, umpan balik dari L1 akhirnya mematikan "nya" dan Q1 menyala lagi. Tegangan output pada T1 adalah sekitar 4x tegangan input dari penyearah / pembagi (seperti yang diukur dengan hati-hati menggunakan variac). Pada tegangan AC penuh, 80 volt menjadi 320 volt pada output, yang kira-kira tepat untuk sistem off-resonansi.

3.4 Rangkaian Arduino Mega 2560



Gambar 13 Rangkaian Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 untuk mengontrol semua kerja sistem. Mikrokontroler ini memiliki 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART. Arduino Mega 2560 dilengkapi kristal 16. Mhz Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC.

Tabel I  
Port Arduino Dan Fungsinya

Digital pin	PORT ARDUINO UNO	FUNGSI NYA
Pin 8	PK0(ADCB/PCINT16)	Push button (-)
Pin 9	PK1(ADCB/PCINT17)	Push Button (OK)
Pin 10	PK2(ADCB/PCINT18)	Push Button (Select)
Pin 11	PK3(ADCB/PCINT19)	Push Button (+)
Pin 36	PC1(A9)	Transduser Ultrasonik
Pin 20 dan 21	SDA/SCL	I2C LCD
Pin 37	PC0(A8)	Solenoid Valve
VCC	AVCC	Memberikan Suplay 5V Pada Rangkaian
GND	GND	Dihubungkan Dengan Ground

Pada rangkaian arduino mega terdapat indikator yang berfungsi untuk mengetahui bahwa sistem bekerja. Indikator yang digunakan adalah LED sehingga perlu dihitung nilai resistor sebagai pembatas arus R dengan nilai Vs sebesar 5V, Vt sebesar 1.8V, dan It sebesar 10mA. Maka nilai R dapat dihitung

$$R = \frac{V_s - V_t}{I_t} \tag{2}$$

$$R = \frac{5 - 1.8}{10 \cdot 10^{-3}}$$

$$R = 320 \approx 330 \text{ Ohm}$$

Kemudian daya pada R dapat dihitung menggunakan persamaan 3

$$P(R) = I^2 \times R \tag{3}$$

$$(3) P(R) = (10 \cdot 10^{-3})^2 \times 330 \text{ Ohm}$$

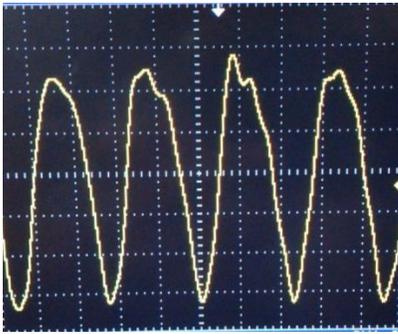
$$P(R) = 0,033 \text{ W}$$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Power Driver Board

Pengujian rangkaian driver ini dilakukan dengan menggunakan transduser, pada transduser dapat bekerja atau tidak. Pada driver di beri tegangan 220V untuk mengaktifkan transduser. Sistem yang saya gunakan adalah ON dan OFF jika timer sudah habis maka saklar akan putus atau OFF. Driver ultrasonik pada sistem ini digunakan untuk membangkitkan frekuensi dan membuat getaran pada transduser ultrasonik

Bentuk gelombang :



Gambar 14 Bentuk Gelombang dengan Osiloskop

Rumus menghitung frekuensi :

$$f = 1 / T \quad .(4)$$

$f$  = Frekuensi (Hz)  
 $T$  = Periode (dalam satuan detik)

Cara perhitungan Perida (T) adalah mengalikan jumlah devisi satu siklus gelombang dengan nilai waktu yang disetting pada saklar TIME/DIV

$$f = 1 / (15 \text{ ms} \times 2,1)$$

$$f = 1 / (0.00015 \text{ s} \times 2,1)$$

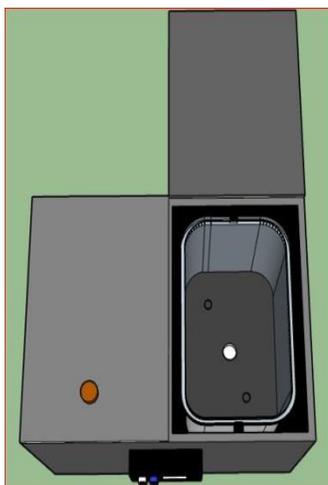
$$f = 1 / 0.000315$$

$$f = 31746,031 \text{ Hz}$$

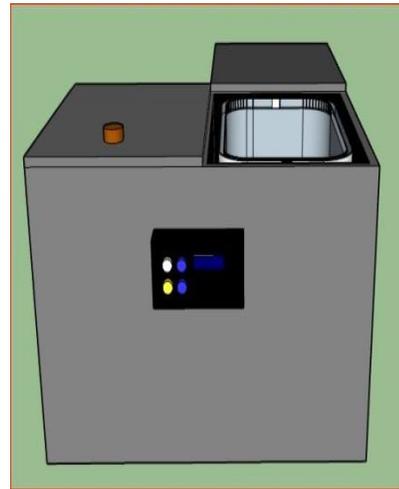
$$f = 31 \text{ KHz}$$

**4.2 Desain Mekanik**

Gambar mekanik pada pemanfaatan gelombang ultrasonik untuk mencuci pakaian pada mesin cuci pakaian :



Gambar 15.Desain Mekanik Tampak Atas



Gambar 16 Desain Mekanik Tampak Depan

**Spesifikasi Alat**

Berikut spesifikasi alat yang akan digunakan dalam penelitian:

1. Dimensi
  - Panjang : 50 cm
  - Lebar : 50 cm
  - Tinggi : 70 cm
2. Bahan
  - Case atau casis: Plat Besi
  - Rangka : Besi
  - Warna : Abu - Abu

**4.3 Pengujian Alat**

Pengujian Kinerja Alat Sesuai Fungsi Ke-gunaannya Alat yang memanfaatkan gelombang Ultrasonik untuk Mencuci Pakaian yang penulis buat adalah alat yang digunakan untuk mem-bersihkan pakaian dari noda kopi dan teh.

Pengujian kinerja alat ini dilakukan dengan waktu pembersihan yang berbeda. Pakaian yang di-gunakan adalah jenis pakaian katun. Metode pe-nelitian dilakukan dengan melihat keadaan sebelum dan sesudah dilakukan pembersihan dengan Alat ini. Berikut adalah data pengujian yang dapat pe-nulis sajikan berdasarkan variasi sampel dan waktu pembersihan yang penulis amati :

**a. Pengujian Pertama**

Pengujian pertama adalah pengujian yang ber-tujuan untuk mengukur kinerja alat cuci dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik dalam mem-bersihkan pakaian berjenis katun yang baru saja terkena noda kopi dengan sampling waktu 5 menit dan di ambil data sampai 5 kali

**Tabel II**  
Pengujian Terhadap Pakaian yang baru saja terkena kopi

Keadaan Awal	Keadaan Akhir	Waktu	Keterangan
		5 Menit	Kotor
		10 Menit	Kotor
		15 Menit	Kotor
		20 Menit	Hampir Bersih
		25 Menit	Bersih

Pada tabel diatas dapat diamati bahwa mem-bersihkan pakaian yang baru saja terkena noda kopi memakan waktu selama 25 menit agar bersih mak-simal

**b. Pengujian Kedua**

Pengujian pertama adalah pengujian yang bertujuan untuk mengukur kinerja alat cuci dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik dalam mem-bersihkan pakaian berjenis katun dengan noda kopi yang telah kering atau membandel

**Tabel III**  
Pengujian Terhadap Pakaian dengan moda kopi yang telah mengering atau membandel

Keadaan Awal	Keadaan Akhir	Waktu	Keterangan
		15 Menit	Kotor

	30 Menit	Hampir Bersih
	45 Menit	Hampir Bersih
	60 Menit	Hampir Bersih
	75 Menit	Hampir Bersih

Pada tabel diatas dapat diamati bahwa peru-bahan waktu selama 15 Menit mempunyai hasil yang mencolok. Pada pakaian yang terkena noda kopi yang telah kering atau membandel mem-butuhkan waktu selama 45 Menit

**4.4 Analisa**

Berdasarkan dari hasil analisis pakaian dan percobaan diatas menggunakan frekuensi 31 KHz yang dihasilkan oleh Transduser Piezoelektrik dapat disimpulkan bahwa, noda membandel sangat sulit untuk dihilangkan dan membutuhkan waktu yang lama untuk membersihkannya. Dan semakin noda dekat dengan sumber gelombang ultrasonik, maka semakin cepat pula noda dapat dihilangkan begitu pula sebaliknya, jika terlalu jauh dengan sumber gelombang ultrasonik maka, semakin lama untuk menghilangkan noda.

**V. PENUTUP**

**5.1 Kesimpulan**

1. Pada pengujian noda pakaian, noda biasa membutuhkan waktu 20 Menit dan noda membandel membutuhkan waktu 45 Menit dengan kebersihan kurang lebih 70 persen dibandingkan hasil kebersihan dari mesin cuci konvensional
2. Memanfaatkan gelombang ultrasonik un-tuk mencuci pakaian hanya dapat mencuci 2 buah pakaian saja. Dikarenakan ultra-sonik memiliki batasan. Semakin jauh de-ngan sumber ultrasonik, semakin sulit noda untuk dihilangkan
3. Spesifikasi alat :
  - 1) Dimensi : 50cm x 50cm x 70cm
  - 2) Sumber tegangan : AC 220 V
  - 3) Kontroller : Arduino Mega 2560
  - 4) Daya : 100W

## 5.2 Saran

1. Untuk Mesin Cuci Ultrasonik harusnya di gunakan untuk traveller, karena mesin cuci ultrasonik hanya mampu untuk mencuci 2 buah pakaian.

## DAFTAR PUSAKA

- [1] Febry Anjelina Tumanggor.2017. Universitas Sumatra Utara. Mesin Cuci Ultrasonik dengan Fasilitas Interaksi dengan Pemakai Berbasis Mikrokontroler ATMega 328. Skripsi
- [2] Hirai,S. and Komura,M., *Highly-concentrated micro-bubble generation system and its application*, Sokeizai, Vol.49, No.3 (2008), pp.44-47 ISSN : 2187-9761
- [3] Technowash. 2018. *Introduction Ultrasonic Cleaning*
- [4] Zuly Budiarmo dan Agung Prihandono. 2015. *Implementasi Sensor Ultrasonik untuk Mengukur Panjang Gelombang Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Teknologi Informasi Dinamik. Vol.20, No 2 STMIK Subang. ISSN: 0854-9524
- [5] Muhammad Farchani Rosyid 2015. Ke-lompok Penelitian Kosmologi, Astrofisika, Fisika Matematik dan Fisika Partikel, Bagian FMIPA UGM Institut untuk Sains dan Matematika, Sragen. *Fisika Dasar* Jilid I : Mekanika
- [6] Ni Made D.RyauMariastini, Deddy Kurniadi dan Amoranto Trisnobudi. 2012. *Simulasi Perambatan Gelombang dan Model Pengukuran Thompson Grey*. J.Oto.Ktrl.Inst. Vol 4 (2). ISSN : 2085-2517
- [7] F. John Fuchs. 2017. "*Ultrasonic Cleaning Fundamental Theory and Application*"
- [8] Hesson R. James. 2013. *Fundamentals of Ultrasonic Cleaning, Photomicrography do-cumentation purposes*
- [9] Ardilla, Cut. 2017. *Rancang Bangun Mesin Pembersih Memanfaatkan Transduser Ultra-sonik Berbasis Mikrikontroler Atmega 328*. Universitas Sumatera Utara, Skripsi
- [10] Datasheet Arduino Mega 2560. 2013
- [11] Datasheet LCD 2x16. 2012
- [12] Datasheet Solenoid Valve
- [13] Wachid Yahya. 2017. *Sistem Kontrol Otomotif* Jilid 1 Yogyakarta:Budi Utama