

Desain Prototipe Sistem Filtrasi Limbah Produksi Tahu Dengan Menggunakan Sensor pH dan Sensor Turbidity Berbasis Arduino Mega

Irfan Abdul Aziz^{1*}, Herry Setyawan¹, M. Aan Auliy¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49, Jember
E-mail: irfanpino@gmail.com

Naskah Masuk: 10 Februari 2022; Diterima: 15 Agustus 2023; Terbit: 28 Agustus 2023

ABSTRAK

Abstrak – Tahu merupakan produk makanan khas Indonesia yang populer dan memiliki berbagai variasi olahan. Namun banyak usaha pembuatan tahu masih menggunakan teknologi sederhana, sehingga menghasilkan limbah dengan kandungan yang tinggi. Limbah tersebut dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan, terutama jika limbah tahu dibuang secara langsung ke sungai tanpa pengolahan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka pada penelitian ini dikembangkan sebuah prototipe alat sistem filtrasi air limbah tahu dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega. Prototipe ini dilengkapi dengan sensor turbidity untuk mengukur kekeruhan air limbah, sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman, dan sensor MQ-135 untuk mendeteksi konsentrasi gas CO₂ yang dilepaskan oleh limbah cair tahu. Kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan sistem yang dirancang dengan alat ukur standar yaitu Turbidity Meter, pH Meter, dan Gas Analyzer. Pengumpulan data dilakukan dengan membandingkan hasil sebelum limbah air tahu di filter dan sesudah di filter. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, ditemukan penurunan kadar tingkat kekeruhan, tingkat asam-basa, dan kadar gas CO₂ yang dikeluarkan. Untuk kekeruhan, terjadi penurunan dari nilai awal 700 NTU menjadi sekitar 150 NTU. Sementara itu, untuk tingkat keasaman, terjadi perubahan dari sekitar 3.50 menjadi sekitar 4.0, perubahan ini tidak terlalu signifikan. Adapun untuk kadar gas CO₂ yang dikeluarkan, terjadi penurunan dari sekitar 150 ppm menjadi sekitar 75 ppm.

Kata kunci: Filtrasi, Limbah Tahu, Sensor Turbidity, Sensor pH, Sensor Mq-135.

ABSTRACT

Abstract - Tofu is a popular Indonesian food product with various preparations. However, many tofu manufacturing processes still rely on simple technologies, leading to the generation of high-content waste. This waste can cause environmental pollution, especially when it is directly disposed of into rivers without treatment. To address this issue, a prototype of a tofu wastewater filtration system using an Arduino Mega microcontroller was developed in this study. The prototype is equipped with a turbidity sensor to measure the cloudiness of the wastewater, a pH sensor to assess acidity levels, and an MQ-135 sensor to detect the concentration of CO₂ gas released by the liquid waste. Sensor calibration was conducted by comparing the designed system's readings with standard measuring instruments such as a Turbidity Meter, pH Meter, and Gas Analyzer. Data collection involved comparing the wastewater's characteristics before and after filtration. Based on the results of the tests and analyses, a reduction in turbidity level, acidity level, and emitted CO₂ gas concentration was observed. Turbidity level decreased from an initial value of 700 NTU to around 150 NTU. Meanwhile, the acidity level changed from approximately 3.50 to about 4.0, which was not considered significantly different. As for the emitted CO₂ gas level, there was a decrease from around 150 ppm to approximately 75 ppm.

Keywords: Filtration, Tofu Waste, Turbidity Sensor, pH Sensor, Mq-135 Sensor.

Copyright © 2023 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Tahu adalah salah satu produk makanan khas Indonesia yang sangat populer di seluruh kalangan masyarakat. Dari zaman dahulu sampai sekarang tahu menjadi produk yang banyak diolah masyarakat Indonesia menjadi berbagai macam olahan makanan seperti jajanan, makanan ringan, lauk pauk, maupun

sayur mayur [1]. Usaha pembuatan tahu di Indonesia rata-rata masih menggunakan teknologi sederhana mengingat di Indonesia masih banyak industri olahan tahu rumahan yang mendominasi [2]. Industri olahan tahu ini sebagian besar masih belum menggunakan teknologi untuk pengolahan limbah sehingga limbah yang di hasilkan oleh pabrik tahu relatif tinggi. Untuk mengatasi permasalahan pada hasil limbah pengolahan tahu yang memiliki dampak pencemaran pada lingkungan, maka perlu dikembangkan prototipe filterisasi air limbah tahu agar kandungan yang ada pada limbah cair tahu berkurang. Proses ini dapat dilakukan dengan mengalirkan limbah cair tahu ke dalam filter air yang berisi bahan-bahan untuk menyaring zat-zat maupun kandungan pada limbah tersebut. Oleh karena itu perlu untuk merancang alat sistem filter air limbah pada industri pembuatan tahu yang dapat dimaksimalkan untuk proses penyaringan air limbah tahu agar dampak dari limbah tahu tidak merugikan lingkungan sekitar, serta meminimalisir dampak pencemaran pada air tempat pembuangan limbah.

Penelitian Kaswinarni (2007) menunjukkan bahwa banyak permasalahan seperti pencemaran air dan pencemaran udara jika membuang limbah tahu secara langsung ke sungai. Hal ini dikarenakan banyaknya industri tahu yang masih menggunakan teknologi yang sederhana dan masih kurangnya kesadaran akan bahaya limbah tahu bagi lingkungan sekitar. Selain itu, sebagian besar industri kecil masih belum melakukan tindakan untuk pencegahan pencemaran lingkungan tersebut, sedangkan yang sudah mempunyai unit pengolahan limbah masih belum mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan. Jika pencemaran ini dilakukan secara terus menerus akan menjadi kerusakan pada lingkungan dan kerugian pada lingkungan tersebut karena air yang biasa mereka manfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari akan tidak dapat mereka gunakan karena sudah tercemar [3].

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan di atas, maka dalam penelitian ini dibuat prototype alat untuk filtrasi air limbah tahu dengan menggunakan mikrokontroler arduino mega. Dengan menggunakan sensor turbidity, sensor pH, dan sensor MQ-135 untuk melihat kekeruhan, pH, dan gas CO₂ yang di keluarkan air limbah tahu.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian-Penelitian Sebelumnya Yang Relevan

Telah terdapat beberapa penelitian-penelitian sebelumnya terkait filtrasi air limbah tahu, diantaranya yaitu:

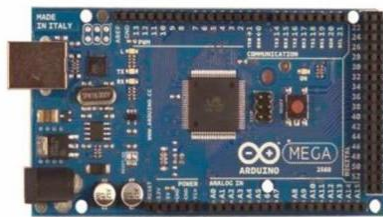
- a. Penelitian Sayow, dkk (2020) yang berjudul “Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu”. Pada penelitian ini, pengambilan sampel air limbah dilakukan menggunakan metode composite sampling. Pengambilan sampel dilakukan di dua tempat yaitu: 1) Bak penampungan air (inlet) yang digunakan untuk pembuatan tahu dan tempe dan 2) Saluran pembuangan air limbah dari pabrik tahu dan tempe. Pengambilan sampel air limbah dilakukan sebanyak 3 kali dan kemudian dianalisis di Laboratorium Baristand. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas limbah cair industri tahu dan tempe Rahayu berdasarkan parameter BOD, COD, dan TSS telah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah. Namun, untuk parameter pH, tidak sesuai dan telah melewati baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah [4].
- b. Penelitian Triyono, dkk (2015) yang berjudul “Filtrasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Media Partikel Batuan Fosfat”. Pada penelitian ini, digunakan metode pengolahan limbah menggunakan biofilter dengan media partikel batuan fosfat. Limbah cair tahu disirkulasi secara kontinyu dengan durasi perlakuan yang berbeda, yaitu 3, 6, 12, 24, 36, dan 48 jam. Parameter yang diobservasi dalam penelitian ini meliputi perubahan kualitas pada limbah cair tahu seperti pH, N-Ammonium, Total Solid, dan P Total, serta kualitas batuan fosfat sebagai media filter dengan parameter P Terlarut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama proses filtrasi berlangsung, nilai pH pada whey yang awalnya bersifat asam (4.10) meningkat menjadi basa (8.55) setelah perlakuan filtrasi selama 48 jam. Pengolahan menggunakan biofilter batuan fosfat juga berhasil mengurangi Total Solid sebesar 45%, Ammonium sebesar 70%, dan P total sebesar 90% pada whey. Meskipun demikian, nilai P terlarut pada media filter meningkat sebesar 30% dari nilai awalnya [5].
- c. Penelitian Rahajoeningroem dan Mardika (2021) yang berjudul “Sistem Kendali dan Monitoring Parameter Limbah Cair Tahu sebagai Larutan Nutrisi Tanaman Hidroponik Bebas Internet of Things”. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega 2560 dan teknologi Internet of Things (IoT) dengan bahan dasar limbah cair tahu. Pupuk organik cair yang dihasilkan melalui sistem ini telah memenuhi standar kualitas pupuk organik cair dengan kisaran nilai nutrisi sebesar 810,14 ppm hingga 839,81 ppm, kisaran suhu 26,28°C hingga 27,18°C, dan pH dengan kisaran nilai 6,11 hingga 6,99. Hal ini sesuai dengan aturan Surat Keputusan Menteri Pertanian No: 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik dan PERMEN

LH RI No.5 tahun 2004 tentang nilai standar baku mutu limbah. Hasil dari implementasi sistem ini adalah tanaman selada dengan berat 25 gram dan tinggi 20 cm. Sistem pemantauan jarak jauh ini juga dapat mengirimkan data tentang larutan hidroponik, seperti nilai TDS, suhu, pH, dan kondisi pompa (hidup atau mati), dengan waktu delay kurang dari 8 detik [6].

- d. Penelitian Arafat, dkk (2022) yang berjudul Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengolahan Limbah Cair Tahu Di Kabupaten Purbalingga Berbasis Internet of Things. Sistem ini didasarkan pada konsep Internet of Things (IoT) yang menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan beberapa sensor, yaitu sensor Turbidity, sensor pH, dan sensor DS18B20, serta perangkat tambahan seperti LCD 16x2 I2C, relay, dan pompa air. Seluruh rangkaian akan diintegrasikan dengan Bot Telegram untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Setelah dilakukan pengujian, sistem ini telah menghasilkan perangkat yang sesuai dengan harapan penulis. Sensor dan relay yang digunakan berfungsi dengan baik pada limbah cair, dan pompa air juga beroperasi dengan baik, sehingga mampu melakukan pembuangan limbah saat tingkat kekeruhan mencapai angka kurang dari 35, yang biasanya terjadi setelah proses penguraian selesai. Sistem ini juga memiliki kemampuan untuk mengirimkan notifikasi ke Bot Telegram saat pompa air menyala dan saat perintah dikirim melalui perangkat gadget. Dengan demikian, kesimpulan dapat diambil bahwa sistem ini bekerja secara real-time dan memerlukan koneksi internet agar berfungsi dengan baik [7].

2.2. Arduino Mega

Arduino mega adalah sebuah single board yang menggunakan mikrokontroler ATmega2560. Arduino mega mempunyai 54 pin digital, 16 pin untuk *input* analog, dan 15 pin di gunakan untuk *output* PWM [8]. Mikrokontroler ATmega2560 memiliki tegangan pengoperasian yaitu 5 volt dan tegangan *input* yang disarankan sekitar 7 – 12 volt. Arduino mega dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, ISP header, Power jack DC, dan tombol reset [8].



Gambar 1. Arduino mega

2.3 Power supply

Catu daya adalah perangkat elektronika yang di rangkai untuk mengubah tegangan listrik menjadi lebih kecil atau untuk merubah arus AC (arus bolak-balik) menjadi arus DC (arus searah) [9]. Catu daya atau power supply merupakan komponen terpenting dalam elektronika, power supply berfungsi untuk memberikan arus listrik kepada peralatan elektronik agar dapat digunakan atau berfungsi. Salah satu fungsi *power supply* adalah dapat menyesuaikan sumber daya yang di perlukan oleh elektronik contohnya seperti menurunkan tegangan AC 22 Volt menjadi lebih kecil sesuai keperluan elektronik yang di butuhkan, ataupun merubahnya menjadi tegangan DC. Ada 2 jenis *power supply* berdasarkan prinsip kerjanya *power supply* sistem trafo step down dan *power supply* sistem switching.



Gambar 2. Power supply 12 V

2.4 Step Down DC LM2596

Step Down DC berfungsi untuk menurunkan tegangan DC [10]. Step Down biasanya di gunakan untuk menyelesaikan permasalahan beda tegangan yang di butuhkan dengan yang tersedia. Dalam rangkaian

elektronika ataupun modul-modul mikrikontroler seringkali terdapat perbedaan tegangan kerja antar modul sehingga memerlukan modul regulator untuk menyesuaikan tegangan. Modul Step Down DC to DC LM2596 dapat membantu menurunkan tegangan ke tegangan yang lebih rendah.



Gambar 3. Modul step down LM2596

2.5 Pompa Air DC

Pompa air merupakan salah satu mesin yang dapat memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat lain, pompa air dapat di kategorikan sebagai mesin fluida [11]. Cara kerja pompa itu sendiri dengan mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga kinetis (kecepatan) dari suatu sumber tenaga penggerak, proses pompa air dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk air dengan bagian keluar air. Tenaga yang di hasilkan oleh pompa di gunakan untuk mengalirkan air dan mengatasi hambatan pada jalur aliran air. Dalam penelitian ini akan menggunakan pompa air DC 12 Volt yang lebih mudah di gunakan untuk penelitian ini



Gambar 4. Pompa air DC

2.6 Sensor pH

Parameter yang di gunakan untuk menentukan tingkat keasaman dan basa pada suatu zat cair maupun padat adalah pH [12]. Istilah pH merupakan gabungan dari lambang “p” matematika yang memiliki arti negatif logaritma dan lambing “H” dari lambing kimia yang di tunjukan untuk Hidrogen, definisi dari istilah pH dapat di artikan menjadi negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen.



Gambar 5. Sensor pH

2.7 Sensor Turbidity

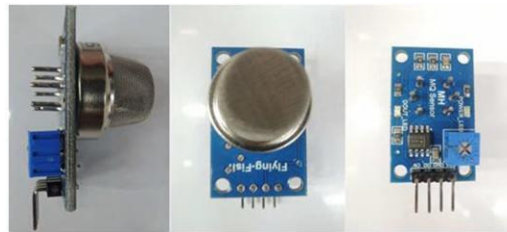
Sensor turbidity merupakan sebuah sensor yang di gunakan untuk melihat atau mendeteksi kekeruhan air, dengan cara melihat kejernihan air [13]. Dasarnya partikel kekeruhan pada air tidak dapat di lihat oleh mata. Semakin tinggi kekeruhan air maka partikel (suspended solids) yang terdapat pada air semakin banyak juga. Cara kerja sensor turbidity ini dengan cara mendeteksi air dengan membaca sifat optik pada air selanjutnya sinar cahaya di pantulkan akan di tangkap. Sensor turbidity akan membaca dengan merubah tegangan *output* sensor sesuai kekeruhan.



Gambar 6. Sensor turbidity

2.8 Sensor Mq – 135

Sensor Mq – 135 adalah sensor udara untuk mendeteksi gas amonia (NH_3), natrium- (di)oksida (NO_x), alkohol/ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), benzena (C_6H_6), karbon dioksida (CO_2), gas belerang/sulfur-hidroksida (H_2S) dan gas-gas lainnya yang ada di atmosfer. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya. Sensor ini bekerja pada tegangan 5 Volt dan menghasilkan sinyal keluaran analog, Sensor gas MQ-135 memiliki ukuran fisik yang tidak terlalu besar, namun performa sensor ini adalah yang terbaik di kelasnya. Untuk mengoperasikannya sensor ini menggunakan 4 pin yang terdiri dari VCC, GND, Digital Output, dan Analog Output.



Gambar 7. Sensor Mq-135

2.9 Filter Air

Filter atau filtrasi merupakan sebuah proses penyaringan atau pembersihan partikel pada suatu fluida dengan mengalirkannya ke media penyaringan yang sudah di siapkan. Filtrasi merupakan suatu proses pemisahan zat yang tidak di butuhkan dari suatu fluida dengan menahan partikel-partikel padat tersebut dan hanya meloloskan fluida tersebut. Air limbah tahu mengandung banyak padatan atau koloid yang tercampur menjadi satu dengan air dan membentuk limbah tahu itu sendiri. Filtrasi memanfaatkan media yang memiliki ukuran pori- pori lebih kecil dari ukuran dari zat yang terkandung pada limbah. Proses ini sangat di pengaruhi oleh gravitasi.

Dari penelitian yang di lakukan oleh Arif Muliawan, Finta Amalianda dengan judul Efektifitas Pemakaian Filter Berpori dan Karbon Aktif Sebagai media Filter Dalam Menurunkan Polutan Air PDAM mendapatkan hasil bahwa filter berpori dan karbon aktif efektif mengurangi polutan pada air PDAM dari 91 NTU turun hingga 2.07 NTU [14].



Gambar 8. Media filter air

Berikut media yang di gunakan untuk prosen filtrasi pada limbah tahu:

- 1) Sedimen filter berfungsi untuk menyaring partikel seperti kotoran, lumpur, pasir, dan debu
- 2) Karbon aktif filter berfungsi untuk menyaring kadar senyawa pada air.
- 3) Granular scived carbon (GAC) filter berfungsi menyerap bau, warna, rasa, bahan kimia organik dan klorin.
- 4) Cation resin filter berfungsi untuk menyerap zat kapur hingga air lebih jernih.

2.10 Liquid Cristal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai tampilan utama [15]. LCD digunakan pada berbagai bidang misalnya alat -alat elektronik seperti televisi, kalkulator atau layar pada komputer, terdapat postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 4 x 16 LCD yang berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.

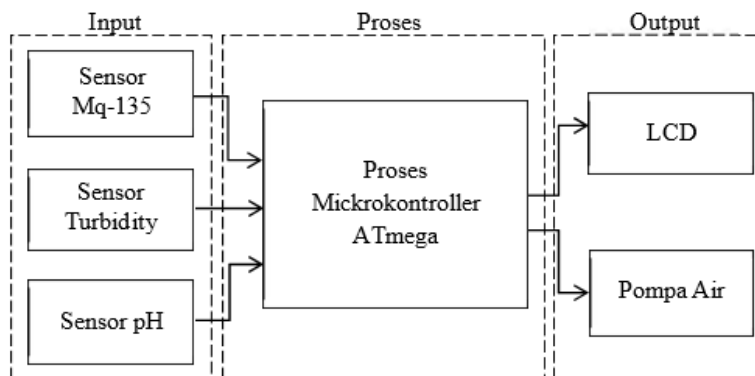


Gambar 9. LCD 16 x 4

3. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Sistem

Gambar di bawah ini menunjukkan desain sistem prototipe pada penelitian ini:



Gambar 10. Block diagram sistem

Dalam blok diagram di atas terdapat *Input*, *Proses*, dan *Output*. Berikut penjelasan dari bagian blok sistem yang ditunjukkan pada Gambar 10:

a. *Input*

Input merupakan sebuah masukan pada sistem kontrol yang akan di proses oleh kontroler. Berikut komponen *input*:

- 1) Sensor Mq-135
Sensor Mq-135 merupakan sensor gas yang di gunakan pada penelitian ini. Sensor Mq-135 untuk mendeteksi gas karbondioksida yang dikeluarkan limbah air tahu.
- 2) Sensor Turbidity
Sensor ini digunakan untuk mendeteksi kekeruhan pada air yang akan di filter dan mendeteksi kekeruhan air yang sudah di filter.
- 3) Sensor pH
Sensor pH berfungsi untuk mendeteksi kadar keasaman dan basa pada limbah cair tahu.

b. Proses

Proses merupakan tempat untuk mengolah informasi dari *Input* yang akan dilanjutkan menjadi *Output*. Komponenya yaitu arduino. Untuk pemprosesan ditugaskan pada arduino, dimana untuk pengolahan data maupun pengontrolan data yang diterima secara menyeluruh dan mengontrol *output* selama Arduino mendapat Suplay daya.

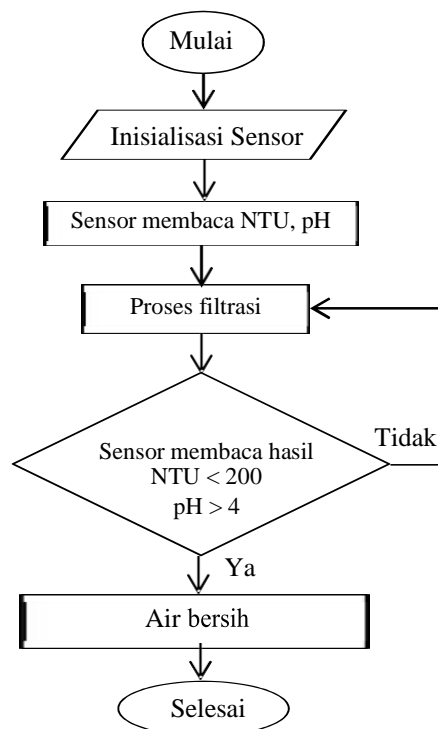
c. Output

Output merupakan hasil dari sebuah pemrosesan yang di lakukan oleh Mikrokontroler. Berikut komponen *Output*:

- 1) *Output* LCD LCD atau Liquid Cristal Display berfungsi untuk menampilkan hasil dari pengamatan, seperti kekeruhan air, pH dan Bau berupa gas.
- 2) Pompa Air berfungsi untuk mendistribusikan air yang kurang layak dari hasil filter dan filter ulang.

3.2. Flowchart Sistem Alat

Gambar 11 dibawah ini merupakan *flowchart* sistem alat yang dihasilkan pada penelitian ini:



Gambar 11. *Flowcart* sistem alat

Berdasarkan Gambar 11 di atas dimulai ketika semua sensor telah menyala dan siap untuk digunakan, air limbah tahu dimasukan ada penampung dan sensor turbidity, sensor pH, dan Sensor Mq-135 membaca kadar nilai dari limbah air tahu yang di tampilkan pada LCD. Kemudian air limbah tahu di filter sampai selesai dan masuk ke penampungan. Pada penampungan kedua sensor turbidity, sensor pH, dan sensor Mq-135 membaca kadar nilai hasil filter air limbah tahu. Jika sudah memenuhi sarat yaitu NTU kurang dari 200 dan pH lebih dari 4 maka motor tidak akan hidup. Sedangkan jika dari dua kondisi tersebut tidak terpenuhi maka motor akan hidup dan mengalirkan air ke penampung pertama agar dapat di filter kembali.

3.3. Desain Alat

Pada Gambar 12 adalah desain alat dari prototipe filter limbah tahu, dimana pada bak bagian atas merupakan penampung dari limbah tahu yang akan di filter. Pada bak bagian atas di dalamnya terdapat sensor yang dipasang yaitu sensor mq-135, sensor pH, sensor turbidity. Setelah penampung sudah di isi oleh limbah air tahu maka tuas di putar agar air dapat mengalir pada filter. Hasil air yang sudah di filter akan di tamping pada bak bagian bawah, dimana bak bagian bawah juga terdapat sensor yang di

pasang yaitu sensor mq-135, sensor pH, sensor turbidity. Jika nilai yang didapat kurang sesuai maka motor DC akan mengalirkan air dari bak penampung hasil air yang difilter ke bak penampung bagian atas.



Gambar 12. Desain alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

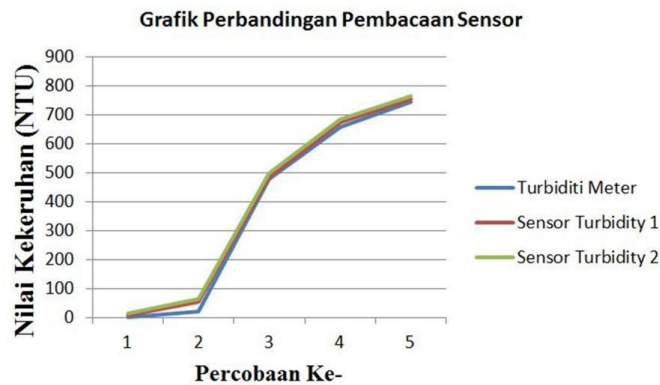
4.1 Kalibrasi Sensor Turbidity

Pengujian kalibrasi ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap alat ukur terstandarisasi. Alat ukur yang menggunakan sensor turbidity akan dibandingkan dengan alat Turbidity Meter TU-2016 yang mampu melakukan pembacaan kadar kekeruhan pada air. Pada pengujian kalibrasi sensor turbidity ini diambil beberapa sampel untuk digunakan sebagai pembanding dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 13.

Tabel 1. Kalibrasi sensor turbidity

No	Jenis Sampel	Turbidity Mater	Sensor Turbidity 1	Sensor Turbidity 2	Error sensor 1	Error sensor 2
1	Air PDAM	2.64 NTU	7.51 NTU	8.73 NTU	1.8%	2,3%
2	Air arang	20.28 NTU	54.96 NTU	58.34 NTU	1.7%	1,8%
3	Air kotor tanah	477 NTU	486 NTU	489 NTU	1.8%	2.5%
4	Air jamu	657 NTU	674 NTU	676 NTU	2.5%	2.8%
5	Air limbah tahu	744 NTU	755 NTU	759 NTU	1.4%	2%
Rata-rata					1.8%	2.2%

Besaran atau ukuran sampel sangat tergantung dari besaran tingkat ketelitian atau toleransi kesalahan (error tolerance) yang diinginkan peneliti. Namun, dalam hal tingkat toleransi kesalahan pada penelitian adalah 5%, 10 %, dan 15%. Dimana semakin kecil toleransi kesalahan semakin baik hasil yang di dapat.



Gambar 13. Grafik pengujian sensor turbidity

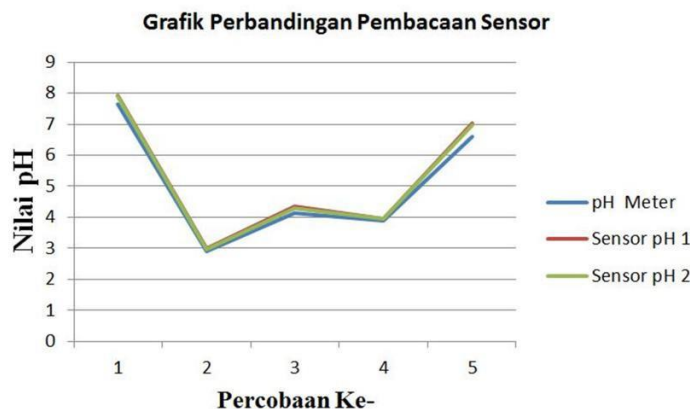
4.2 Kalibrasi Sensor pH

Pengujian kalibrasi ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap alat ukur terstandarisasi. Alat ukur yang menggunakan sensor pH akan dibandingkan dengan alat pH meter yang mampu melakukan pembacaan kadar pH pada air. Pada pengujian kalibrasi sensor pH ini diambil beberapa sampel untuk digunakan sebagai pembanding dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 14.

Tabel 2. Kalibrasi sensor pH

No	Jenis sampel	pH meter	Sensor pH		Error sensor	
			1	2	1	2
1	Air PDAM	7.65	7.92	7.89	3.5%	3.1%
2	Air jeruk	2.89	2.99	2.97	3.4%	2.7%
3	Air limbah tahu	3.53	3.73	3.70	5.6%	4.8%
4	Air berkontrat pH 4	3.89	3.96	3.95	1.7%	1.5%
5	Air berkonsetrat pH 6.86	6.61	7.04	6.98	6.5%	5.5%
Rata-rata					4.1%	3.4%

Besaran atau ukuran sampel sangat tergantung dari besaran tingkat ketelitian atau toleransi kesalahan (error tolerance) yang diinginkan peneliti. Namun, dalam hal tingkat toleransi kesalahan pada penelitian adalah 5%, 10 %, dan 15%. Dimana semakin kecil toleransi kesalahan semakin baik hasil yang di dapat.



Gambar 14. Grafik pengujian sensor pH

4.3 Kalibrasi Sensor Mq-135

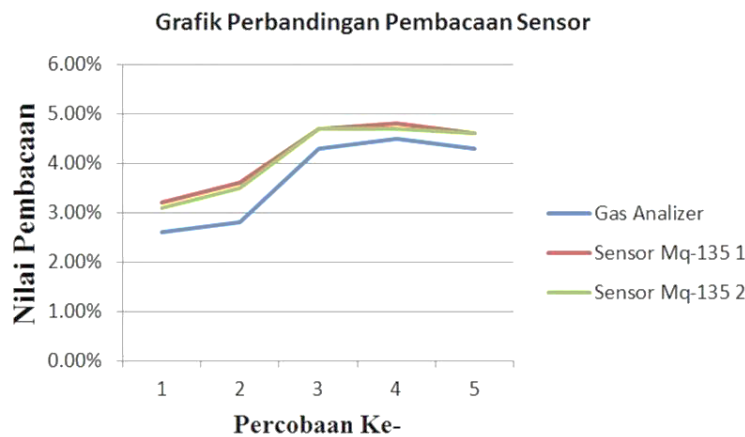
Pengujian kalibrasi ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap alat ukur terstandarisasi. Alat ukur yang menggunakan sensor Mq-135 akan dibandingkan dengan alat Gas Analyzer yang mampu melakukan pembacaan kadar gas Co₂ yang dikeluarkan air. Pada pengujian kalibrasi sensor Mq-135 ini diambil

beberapa sampel untuk digunakan sebagai pembanding seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 15.

Tabel 3. Kalibrasi sensor Mq-135

No	Jenis Sampel	Gas Analyzer	Sensor Mq-135 1	Sensor Mq-135 2	Error sensor 1	Error sensor 2
1	Jupiter Z	2.6%	3.2%	3.1%	0.6%	0.5%
2	Beat	2.8 %	3.6%	3.5%	0.8%	0.7%
3	Scoopy	4.3%	4.7%	4.7%	0.4%	0.4%
4	CB150R	4.5%	4.8%	4.7%	0.3%	0.2%
5	Vario150FI	4.3%	4.6%	4.6%	0.3%	0.3%
Rata-rata					0.5%	0.4%

Besaran atau ukuran sampel sangat tergantung dari besaran tingkat ketelitian atau toleransi kesalahan (*error tolerance*) yang diinginkan peneliti. Namun, dalam hal tingkat toleransi kesalahan pada penelitian adalah 5%, 10 %, dan 15%. Dimana semakin kecil toleransi kesalahan semakin baik hasil yang di dapat.



Gambar 15. Grafik Pengujian sensor Mq-135

4.4 Pengujian Sistem Filterisasi Air Limbah Tahu

Pengujian filter air limbah tahu dilakukan dengan 5 kali percobaan, hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai kadar yang terkandung pada air limbah tahu yang meliputi pH, kekeruhan, dan CO₂ pada air limbah tahu. Air memiliki kandungan partikel didalamnya, kandungan tersebut mempengaruhi kualitas air agar dapat digunakan atau tidak. Standar air memiliki tingkat kekeruhan 100 NTU, kadar pH netral yaitu 6-7, dan kandungan Co₂ pada air yaitu 0.6%. Perhitungan pada pengujian ini dimulai dari proses pembacaan sensor pH, sensor Turbidity, dan sensor Mq-135 yang berada pada penampung air limbah tahu. Kemudian air limbah tahu mengalir melalui filter sampai ke penampung air limbah tahu. Dan dilakukan proses pembacaan lagi oleh sensor pH, sensor Turbidity, dan Mq-135. Hal ini bertujuan untuk membandingkan nilai air limbah tahu sebelum di filter dan air limbah tahu sesudah di filter. Setiap percobaan dilakukan dengan menggunakan limbah air tahu sebanyak 15 liter dengan lamanya waktu antara 15 menit sampai 20 menit. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian filter air limbah tahu

No	Jenis Sensor	Nilai sebelum difilter	Nilai sesudah difilter	Keterangan
1	Sensor Mq-135	168 PPM	73 PPM	Turun
	Sensor pH	3.57	4.03	Naik
	Sensor Turbidity	736 NTU	133 NTU	Turun
2	Sensor Mq-135	158 PPM	68 PPM	Turun
	Sensor pH	3.66	4.11	Naik
	Sensor Turbidity	754 NTU	128 NTU	Turun
3	Sensor Mq-135	161 PPM	77 PPM	Turun
	Sensor pH	3.75	4.08	Naik
	Sensor Turbidity	741 NTU	115 NTU	Turun

No	Jenis Sensor	Nilai sebelum difilter	Nilai sesudah difilter	Keterangan
4	Sensor Mq-135	171 PPM	79 PPM	Turun
	Sensor pH	3.69	4.12	Naik
	Sensor Turbidity	755 NTU	127 NTU	Turun
5	Sensor Mq-135	167 PPM	75 PPM	Turun
	Sensor pH	3.66	4.09	Naik
	Sensor Turbidity	748 NTU	132 NTU	Turun

Berdasarkan Tabel 4, nilai yang didapat tidak stabil, hal tersebut dikarenakan beberapa faktor dari pembacaan sensor yang tidak sebaik sensor yang telah terstandarisasi. Namun pembacaan sensor yang digunakan masih dapat mendekati dari hasil alat yang telah terstandarisasi. Dan dapat dilihat dari proses pemfiteran ada perubahan nilai dari sebelum difilter dan sesudah di filter. Perubahan yang seknifikan terlihat pada nilai sensor turbidity mengalami penurunan, ini dikarenakan filter yang digunakan memiliki pori-pori yang sangat kecil sehingga dapat menyaring partikel-partikel pada air limbah tahu. Sedangkan nilai pada sensor mq-135 dan sensor pH terdapat perubahan tetapi tidak seknifikan. Untuk nilai PPM mengalami penurunan dikarenakan filter yang digunakan menggunakan karbon aktif yang dapat mengikat kandungan Co2 pada air limbah tahu sehingga nilainya mengalami penurunan. Untuk nilai pH ada kenaikan dikarenakan nilai netral pH adalah 7 semakin kecil nilai pH semakin asam, dengan difilternya air limbah tahu zat asamnya juga semakin berkurang dan nilai mengaami kenaikan. Dengan demikian filter yang digunakan efektif untuk menyaring kekeruhan pada air.



Gambar 16. Perbedaan air filterisasi

Pada Gambar 16 dapat dilihat perbedaan air limbah tahu yang belum difilter dan air limbah tahu yang sudah difilter. Pada air limbah tahu yang belum di filter (kiri) terdapat kandungan kekeruhan air kurang lebih sebesar 700 NTU, pH kurang lebih sebesar 3.5, Co2 kurang lebih sebesar 150 PPM. Sedangkan pada air limbah tahu yang sudah difilter (kanan) terdapat perubahan nilai kandungan pada air yaitu kekeruhan air sebesar kurang lebih 150 NTU, pH kurang lebih sebesar 4.0, CO₂ kuranglebih sebesar 75 PPM.



Gambar 17. Tampilan hasil LCD

Pada gambar 17 dapat disimpulkan bahwa alat yang telah dibuat memiliki kelebihan dan kekurangan. Untuk kelebihan yang dapat dilihat dari alat tersebut ialah sangat efektif dalam menyaring tingkat kekeruhan pada limbah air tahu, pembacaan dari setiap sensor dapat bekerja dengan baik dan nilai yang didapat mendekati nilai alat yang sudah terstandarisasi. Untuk kekurangan dari alat ini adalah kurang efisien untuk menurunkan kandungan nilai pH.

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang di dapat adalah sebagai berikut:

- Pengujian sensor turbidity dan sensor pH dapat mendeteksi sesuai dengan yang diharapkan, dimana setiap sensor dapat melakukan pembacaan dengan hasil yang baik. Sensor turbidity dapat bekerja dengan mendeteksi partikel dan kotoran pada air. Sensor pH dapat bekerja dengan mendeteksi kadar keasaan atau basa pada air. Setiap sensor dapat menampilkan nilai kadar kekeruhan air dan keasaman pada air limbah tahu.
- Sensor MQ-135 dapat bekerja dengan mendeteksi kandungan gas pada CO₂ pada udara sebagai *input* dan diproses oleh mikrokontroler arduino mega dan *outputnya* akan ditampilkan ke LCD.
- Filter tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Untuk air limbah tahu yang telah difilter terdapat perubahan kadar dari tingkat keasaman, kekeruhan dan gas CO₂ yang di keluarkan. Namun penurunan yang signifikan terdapat pada kekeruhan air limbah tahu. Yaitu dari nilai kurang-lebih 700 NTU dapat turun hingga kurang-lebih 150 NTU. Sedangkan untuk keasaman terdapat perubahan yaitu dari kurang-lebih 3.50 menjadi kurang-lebih 4.0, perubahan ini tidak terlalu signifikan. Untuk gas CO₂ yang di keluarkan terdapat penurunan yaitu dari kurang-lebih 150 ppm turun hingga kurang-lebih 75 ppm.

Berdasarkan pengalaman dan hasil yang telah didapat selama penelitian terdapat kekurangan. Oleh sebab itu penulis memberikan saran sebagai berikut:

- Pembacaan gas untuk pendeteksi bau pada air limbah tahu dapat memakai acuan Hidrogen Sulfida atau H₂S.
- Disarankan untuk menggunakan filter yang berbeda atau menambahkan bahan-bahan kimia tertentu jika ditujukan untuk menetralkan kadar pH dari air limbah tahu.

REFERENSI

- [1] R. Sikanna, "Analisis Kualitatif Kandungan Formalin Pada Tahu Yang Dijual Dibeberapa Pasar Di Kota Palu," *Kovalen*, vol. 2, no. 2, hal. 85–90, 2016.
- [2] C. H. Purnama, D. Rochdiani, dan Sudradjat, "Analisis usaha agroindustri tahu (Studi Kasus Di Kelurahan Indihiang Kecamatan Indihiang Kota Tasikmalaya).," *J. Ilm. Mhs. Agroinfo Galuh*, vol. 4, no. 2, hal. 198–205, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.unigal.ac.id/index.php/agroinfoGaluh/article/view/716>.
- [3] F. Kaswinarni, "Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu," Universitas Diponegoro, 2007.
- [4] F. Sayow, B. V. J. Polii, W. Tilaar, dan K. D. Augustine, "Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa," *Agri-Sosioekonomi*, vol. 16, no. 2, hal. 245, 2020.
- [5] S. Triyono, A. Haryanto, dan M. Silviana, "Filtrasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Media Partikel Batuan Fosfat (Filtration Of Whey Using Rock Phosphate)," in *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*, 2015, no. September, hal. 258–263.
- [6] T. Rahajoeningroem dan A. S. Mardika, "Sistem Kendali dan Monitoring Parameter Limbah Cair Tahu sebagai Larutan Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 9, no. 1, hal. 48–59, 2021.
- [7] G. F. Arafat, A. Wijayanto, dan N. A. Prasetyo, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengolahan Limbah Cair Tahu Di Kabupaten Purbalingga Berbasis Internet of Things," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 3, hal. 1329, 2022,.
- [8] C. Y. W. Kartiria Kartiria, Erhaneli Erhaneli, "Penerapan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai Monitoring pada Pembacaan Arus 3 Phasa di Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, hal. 37–45, 2021.
- [9] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, dan N. S. Tulung, "Rancang Bangun Catu Daya Dc Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, hal. 135–142, 2018.
- [10] R. Hamdani, I. H. Puspita, dan B. D. R. W. Wildan, "Pembuatan Sistem Pengamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Radio Frequency Identification (Rfid)," *Indept*, vol. 8, no. 2, hal. 56–63, 2019.
- [11] M. Sochib dan A. R. Hidayatulloh, "Perancangan instalasi pompa air dari mata air danau ngipik ke tandon penampung perumahan kapasitas 900 L/jam," *J. Keilmuan dan Terap. Tek.*, vol. 07, no. 02, hal. 164–173, 2018.
- [12] R. Ramadani, S. Samsunar, dan M. Utami, "Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biologycal Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo," *Indones. J. Chem. Res.*, vol. 6, no. 2, hal. 12–22, 2021, doi: 10.20885/ijcr.vol6.iss1.art2.

- [13] T. Darmana, M. N. Qosim, S. Hidayat, dan Ariman, "Sistem Deteksi Kejernihan Air dengan Menggunakan LoRa," in *Prosiding Seminar Nasional Energi*, 2022, vol. 13, hal. 2022.
- [14] A. Muliawan dan F. Amalinda, "Efektivitas Pemakaian Filter Berpori Dan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Dalam Menurunkan Polutan Air PDAM," *Promot. J. Kesehat. Masyarakat*, vol. 8, no. 1, hal. 47–55, 2018.
- [15] R. Mardiati, F. Ashadi, dan G. F. Sugihara, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 2, no. 1, hal. 53–61, 2016.