

# ANALISIS PERFORMANSI ALAT OTOMASI PENYARINGAN AIR SISA PENCUCIAN SURIMI: STUDI KASUS

Hollanda Arief Kusuma<sup>1</sup>, Unai Sunardi<sup>2</sup>, Sapta Nugraha<sup>3</sup>, Dwi Eny Djoko Setyono<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang

<sup>4</sup>Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Wonosari

<sup>1</sup>[hollandakusuma@umrah.ac.id](mailto:hollandakusuma@umrah.ac.id), <sup>2</sup>[160120201027@student.umrah.ac.id](mailto:160120201027@student.umrah.ac.id),

<sup>3</sup>[saptanugraha@umrah.ac.id](mailto:saptanugraha@umrah.ac.id), <sup>4</sup>[setdwi@yahoo.co.nz](mailto:setdwi@yahoo.co.nz),

Diterima pada 26 November 2022; disetujui pada 30 Januari 2023; dan diterbitkan pada 3 Maret 2023.

---

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sebuah instrumen otomatis untuk menyaring air limbah pencucian surimi. Alat ini terdiri dari sistem pengisapan air, sistem penyaringan dengan menggunakan jaring plankton, serta sensor suhu DS18B20 dan sensor jarak JSN-SRT04. Hasil penelitian menunjukkan bahwa instrumen otomatis penyaringan air limbah pencucian surimi berhasil dikembangkan dan mampu menghasilkan 343 gram dan 199 gram daging yang terfiltrasi dari 1 kg daging dalam dua kali percobaan. Data kekeruhan air sebelum dan setelah proses penyaringan juga menunjukkan bahwa instrumen ini mampu mengurangi kekeruhan sebesar 88% sehingga air limbah pencucian dapat digunakan kembali. Hal ini menunjukkan bahwa pengurangan limbah dapat diterapkan pada alat ini. Data dari sensor suhu DS18B20 dan sensor jarak JSN-SRT04 juga menunjukkan pola data yang cukup akurat dan presisi. Kalibrasi sensor suhu DS18B20 menunjukkan error rata-rata 2,51%, RMSE 1,47°C, dan standar deviasi 0,7 °C. Sedangkan, kalibrasi sensor jarak JSN-SRT04 menunjukkan error rata-rata 3,07 %, RMSE 1,99 cm, dan standar deviasi 0,45 cm. Oleh karena itu, alat otomatis penyaringan air limbah pencucian surimi merupakan solusi yang efektif dalam memanfaatkan air limbah pencucian surimi sekaligus mengurangi limbah cair. Implementasi alat ini akan sangat bermanfaat bagi industri pengolahan surimi untuk mengurangi limbah dan menjaga lingkungan. Alat ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan alat otomatis lain dalam bidang pengolahan limbah air.

**Kata Kunci:** Surimi, bebas sampah, sensor akustik, sensor suhu Kelulusan mahasiswa

---

## Abstract

*The aim of this research is to develop an automated instrument for filtering surimi washing wastewater. The tool consists of a water suction system, a filtration system using a plankton net, and temperature sensors DS18B20 and distance sensors JSN-SRT04. The results show that the automated surimi washing wastewater filtering instrument has been successfully developed and can produce 343 grams and 199 grams of filtered meat from 1 kg of meat in two trials. The water turbidity data before and after the filtration process also shows that the instrument can reduce turbidity by 88% allowing the surimi washing wastewater to be reused. This demonstrates that waste reduction can be applied to this instrument. Data from DS18B20 temperature sensor and JSN-SRT04 distance sensor also show accurate and precise data patterns. DS18B20 calibration shows average error by 2.51%, RMSE by 1.47 °C, and standard deviation by 0,7 °C. JSN-SRT04 calibration shows average error by 3.07%, RMSE by 1.99 cm, and standard deviation by 0.45 cm. Therefore, the automated surimi washing wastewater filtering instrument is an effective solution for utilizing surimi washing wastewater and reducing liquid waste. The implementation of this tool would be very beneficial to the surimi processing industry in reducing waste and preserving the environment. This instrument can also be used as a reference for developing other automated instruments in the field of wastewater treatment.*

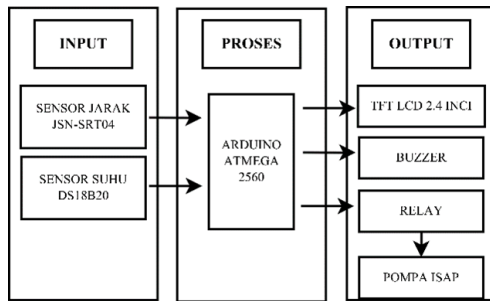
**Key Words:** Surimi, zero waste, acoustic sensor, temperature sensor

---

## 1. Pendahuluan

Sektor perikanan merupakan salah satu sumber pangan utama di Indonesia, di mana ikan sebagai sumber protein dianggap sebagai "functional food" karena

kandungan asam lemak, vitamin, mineral makro dan mikro yang penting bagi kesehatan [1]. Namun, proses pengolahan ikan juga menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan baik.



Gambar 1. Diagram sistem yang dirancang

Salah satu contohnya adalah limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan surimi, produk olahan daging ikan yang memiliki nilai ekonomi tinggi [2]. Limbah cair ini mengandung nutrien, minyak, darah, dan lemak yang tinggi, terutama dari penyiangan usus dan isi perut serta pengepresan [3]. Jika limbah cair ini tidak diolah dengan baik sebelum dibuang ke lingkungan, maka akan menimbulkan dampak buruk, seperti bau yang menyengat, eutrofikasi perairan, dan pendangkalan.

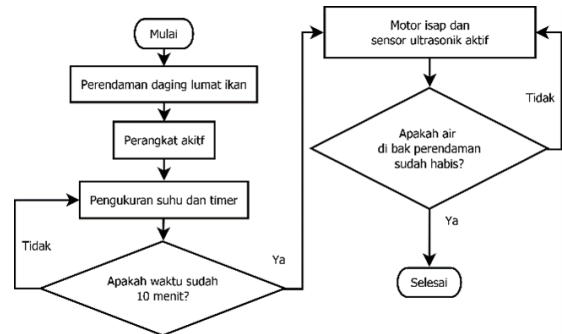
Banyak perusahaan pengolahan surimi sudah melakukan penanganan limbah, tetapi masih banyak pengolah tradisional yang belum melakukan penanganan limbah sebelum membuang air pencucian surimi [4]. Limbah biasanya langsung dibuang ke perairan sehingga perlu ada upaya untuk mengatasi masalah ini dan mencegah pencemaran lingkungan. Salah satu konsep yang dapat diterapkan adalah konsep *Zero Waste*, yaitu suatu filosofi dan metode yang bertujuan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan limbah dan memaksimalkan penggunaan sumber daya secara efisien [5].

Dalam konteks pengolahan surimi, konsep *Zero Waste* dapat diimplementasikan dengan cara mengolah kembali limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan surimi. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat penyaringan dan pencucian sisa perendaman surimi secara otomatis sehingga limbah cair dapat diolah kembali dan tidak perlu dibuang ke lingkungan. Dalam hal ini, diciptakan instrumen otomatis penyaringan air sisa pencucian surimi berbasis mikrokontroler yang dapat memisahkan air sisa pencucian secara otomatis. Dengan menerapkan konsep *Zero Waste*, diharapkan pengolahan surimi dapat menjadi lebih efisien dan ramah lingkungan.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Perancangan perangkat

Perangkat otomatis penyaringan air sisa cucian surimi terdiri dari Arduino Mega 2560, sensor jarak *ultrasonic waterproof JSN-SR04T*, sensor suhu DS18B20, pompa isap, LCD TFT 2.4, *relay*, *power supply 10A* dan *buzzer*. Gambar 1 menunjukkan diagram sistem yang dirancang.



Gambar 2. Diagram sistem yang dirancang

Proses kerja instrumen ini dimulai dengan proses perendaman ikan pada bak perendaman selama 10 menit. Selama perendaman dilakukan pengukuran suhu air untuk mengetahui adanya peningkatan suhu atau tidak. Hal ini dilakukan karena perubahan suhu akan mempengaruhi tekstur surimi. Pembacaan suhu air menggunakan sensor DS18B20. Selanjutnya, perangkat akan mengaktifkan sensor jarak *ultrasonic waterproof JSN-SR04T* untuk memantau ketinggian air dan mengaktifkan *relay 2 channel* untuk menyalakan pompa isap.

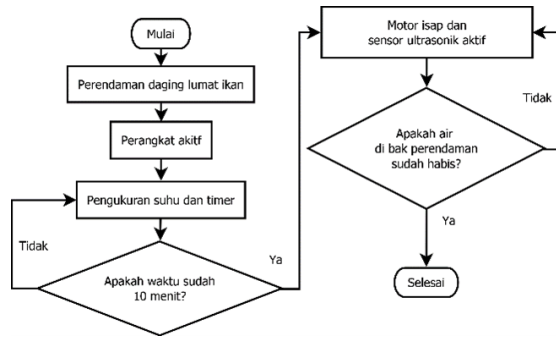
Pompa isap akan memindahkan air dari tabung perendaman ke tabung penyaringan, sementara LCD TFT akan menampilkan waktu dan grafik air. Sebelum proses penyaringan, persentase sisa air akan ditampilkan pada LCD TFT. Setelah penyaringan selesai, LCD TFT akan menampilkan "Penyaringan Selesai" dan *buzzer* akan berbunyi. Diagram alir kerja perangkat dapat dilihat pada Gambar 2.

2.2 Perancangan perangkat keras

Setelah melakukan perancangan sistem, langkah selanjutnya adalah proses perancangan perangkat keras. Perancangan perangkat keras diperlukan untuk menentukan penempatan komponen yang akan digunakan dalam instrumen. Selain itu, perancangan casing juga diperlukan untuk memperlihatkan bagaimana instrumen yang akan dibuat. Perangkat ini dibuat dari modifikasi mesin cuci 2 tabung. Tabung 1 digunakan untuk perendaman surimi. Tabung 2 digunakan untuk penyaringan sisa perendaman surimi. Bentuk sketsa 3D dari alat terlihat pada Gambar 3.

2.3 Analisis Data

Diperlukan kalibrasi dalam proses pengaturan akurasi dari alat ukur. Metode kalibrasi dilakukan dengan membandingkan sensor yang digunakan terhadap alat ukur lain. Alat ukur baku yang digunakan ialah termometer air raksa untuk membandingkan suhu dan meteran untuk membandingkan jarak. Nilai perbandingan didapat dalam bentuk persamaan linear yang dapat dilihat pada persamaan 1 [6].



Gambar 3. Desain 3D alat pada SketchUp

$$y = ax + b \tag{1}$$

Di mana :

- $x$  = nilai sensor
- $y$  = nilai kalibrator
- $a$  = slope
- $b$  = intersep

Dari nilai hasil persamaan linier sensor dan kalibrator yang telah didapatkan, diperlukan selisih kedua nilai tersebut. Selisih kedua nilai ini dimaksudkan untuk mencari persentase kesalahan dari pembacaan sensor yang digunakan. Selisih tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Error = \frac{Data\ kalibrator - Data\ sensor}{Data\ kalibrator} * 100\% \tag{2}$$

Untuk mengetahui akurasi dan presisi perangkat, diperlukan perhitungan akar kesalahan kuadrat rata-rata (*Root Mean Square Error*) dan deviasi standar. Semakin kecil nilai RMSE, semakin akurat dan semakin rendah deviasi standar [7]. Nilai RMSE dan standar deviasi dapat dihitung dengan rumus:

$$RMSE = \sqrt{\frac{(data\ kalibrator - data\ sensor)^2}{n}} \tag{3}$$

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \tag{4}$$

Di mana :

- $n$  = Banyaknya data
- $\bar{x}$  = Rata-rata
- $x_i$  = Nilai  $x_{ke - i}$
- $S$  = Deviasi standar

Sampel air sebelum dan sesudah filtrasi dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kekeruhan dan efisiensi perubahan air. Efisiensi proses adalah nilai yang menunjukkan perbandingan antara besarnya nilai parameter yang masuk ke suatu proses dengan nilai yang keluar dari proses tersebut [8]. Efisiensi proses dinyatakan dalam persentase dengan rumus:



Gambar 4. Tampilan penyaringan air

$$Ef = \frac{Co - Ci}{Co} \times 100\% \tag{5}$$

Dimana:

- $Ef$  = Efisiensi proses penurunan parameter (%)
- $Co$  = Konsentrasi kekeruhan air saat masuk ke proses
- $Ci$  = Konsentrasi kekeruhan air saat keluar dari proses.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Perakitan perangkat keras

Alat ini memiliki dimensi panjang 110 cm, tinggi 95 cm, dan lebar 25 cm. Ukuran ini disesuaikan dengan mesin cuci 2 tabung yang sudah dimodifikasi. Kerangka alat terbuat dari besi siku sebanyak 4 batang, masing-masing memiliki panjang 3 meter. Casing luar alat dibuat dari bahan plastik agar mudah dibentuk dan menghemat biaya. Tampilan akhir dari perakitan dapat dilihat pada Gambar 4.

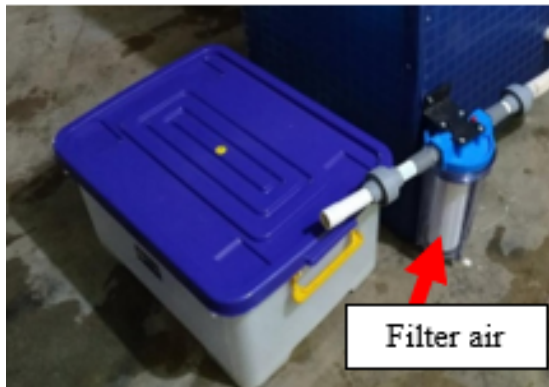
Penambahan filter pada alat berguna untuk memfilter air setelah penyaringan agar tidak menimbulkan bau dan air sedikit lebih bersih, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Alat ini memiliki 2 tabung, yaitu tabung pertama untuk sisa air pencucian dan tabung kedua untuk penyaringan. Pada tabung kedua terdapat jaring plankton untuk menyaring air sisa cucian. Kedua tabung dapat dilihat pada Gambar 6.

#### 3.2 Integrasi komponen elektronik

Integrasi komponen dilakukan untuk menyatukan komponen elektronik menjadi sebuah rangkaian terpadu. Tampilan hasil integrasi dapat dilihat pada Gambar 7. Protoboard Mega 2560 digunakan sebagai pengganti PCB untuk meletakkan komponen yang tersambung dengan kabel.

#### 3.3 Kalibrasi sensor jarak JSN-SR04T

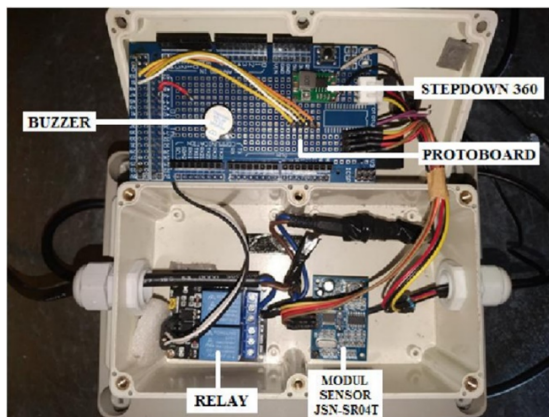
Sensor ultrasonik JSN-SR04T dikalibrasi dengan membandingkan hasil pembacaan dengan penggaris 1



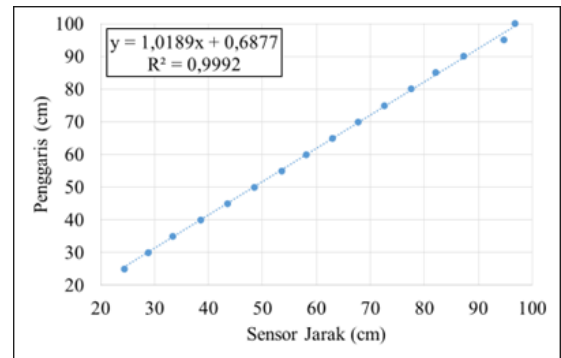
Gambar 5. Filter air sisa penyaringan surimi



Gambar 6. Penampakan tabung dari atas



Gambar 7. Penampakan tabung dari atas



Gambar 8. Penampakan tabung dari atas

meter. Jarak minimum pada saat kalibrasi adalah 25 cm dan dilakukan pengukuran setiap 5 cm. Tampilan hasil kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil kalibrasi mendapatkan persamaan regresi linier berikut

$$y = 1,0189x + 0,6877$$

Hasil kalibrasi menunjukkan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,99, didapatkan dari koefisien determinasi (R<sup>2</sup>). Nilai eror rata-rata sebesar 3,07% menunjukkan akurasi sensor sebesar 96,93%. Nilai RMSE diperoleh sebesar 1,99 cm. Dari ketiga nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor jarak JSN-SR04T memiliki akurasi yang baik dalam mengukur jarak.

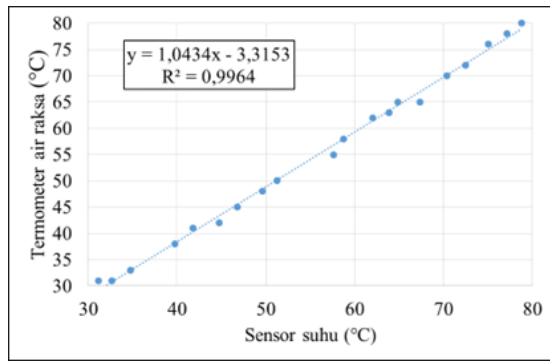
### 3.4 Kalibrasi sensor suhu DS18B20

Kalibrasi sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan termometer air raksa. Kalibrasi dilakukan dengan menyiapkan air yang sudah dipanaskan, lalu dimasukkan es batu sehingga air menjadi dingin secara cepat. Kemudian, termometer dan sensor suhu DS18B20 dimasukkan ke dalam air dan data suhu dicatat setiap 5 detik. Hasil kalibrasi menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,99, eror rata-rata sebesar 2,51%, dan RMSE sebesar 1,47 °C. Ini menunjukkan bahwa sensor suhu DS18B20 memiliki akurasi yang baik dalam mengukur suhu. Hasil kalibrasi sensor suhu DS18B20 dapat dilihat pada Gambar 9. Rumus kalibrasi sensor yang diperoleh dapat dilihat sebagai berikut.

### 3.5 Uji keseluruhan sistem

Uji keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah alat berfungsi sesuai dengan yang diprogram. Dalam pengujian, digunakan air dingin sebanyak 38 liter atau setara dengan 2 galon. Pada Gambar 10 dapat dilihat kondisi alat sebelum penyaringan. Pada tampilan awal (Gambar 11), logo Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) dan nama alat ditampilkan. Tampilan kedua menampilkan logo alat, nama alat, dan logo UMRAH, serta proses perendaman yang menunjukkan suhu air dan waktu perendaman (Gambar 12). Tampilan





Gambar 9. Penampakan tabung dari atas



Gambar 10. Kondisi alat sebelum penyaringan

ketiga adalah proses penyaringan sisa air dengan satuan persentase (%) dan waktu selama penyaringan (Gambar 13). Pada saat penyaringan dimulai, pompa isap akan menyala dan proses penyaringan dapat dilihat pada Gambar 14. Setelah penyaringan selesai, yaitu saat persentase mencapai 0%, maka pompa isap akan mati dan buzzer akan berbunyi sebanyak 10 kali sebagai pemberitahuan.

### 3.6 Uji perangkat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performansi alat otomatis penyaringan air sisa pencucian surimi. Ikan Tenggiri seberat 2 kg dipakai sebagai sampel. Pada



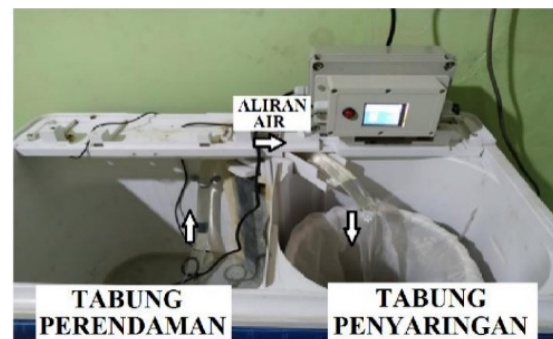
Gambar 12. Tampilan utama LCD



Gambar 13. Tampilan LCD saat penyaringan



Gambar 11. Tampilan awal LCD



Gambar 14. Proses penyaringan



**Gambar 15. a). Ikan seberat 2 kg. b). Daging ikan yang telah digiling**



**Gambar 16. a). Proses pencucian. b). Air dingin**

daging ikan yang telah digiling dilakukan proses pencucian dengan air dingin sebanyak 1 galon. Kemudian, proses perendaman dan penyaringan dilakukan dengan alat otomatis. Sensor suhu DS18B20 mendeteksi suhu air selama perendaman, buzzer berbunyi 5 kali saat perendaman selesai.

Sensor jarak JSN-SR04T mendeteksi tinggi air saat penyaringan dan ditampilkan pada LCD TFT dalam persentase. Air disaring dengan memindahkan dari tabung perendaman ke tabung penyaringan dan melewati jaring plankton ukuran 500 mesh 25 mikron. Hasil air filtrasi cukup jernih, meskipun sedikit keruh karena tekanan air rendah dan adanya lemak ikan yang lolos dan tersangkut pada filter. Waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan air 100 detik karena tegangan arus pompa isap hanya 10 V.

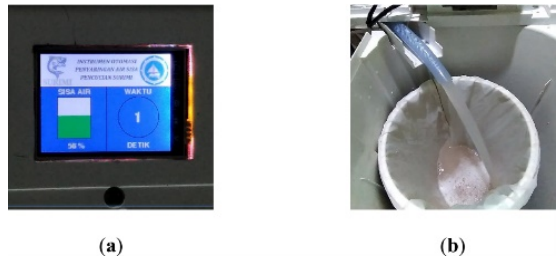
Gambar 15a menunjukkan ikan seberat 2 kg, Gambar 15b menunjukkan daging ikan yang telah digiling, Gambar 16a dan Gambar 16b menunjukkan proses pencucian, Gambar 17a dan Gambar 17b menunjukkan proses perendaman, Gambar 18a dan Gambar 18b menunjukkan tampilan LCD TFT saat penyaringan, Gambar 18a dan Gambar 18b menunjukkan filter dan tempat penampung air, Gambar 19a dan Gambar 19b menunjukkan kondisi tabung setelah penyaringan, serta Gambar 21a dan Gambar 21b menunjukkan air sebelum penyaringan.

**3.7 Analisis perendaman dan penyaringan**

Dalam subbab ini, dilaporkan hasil analisis dari tiga hal, yaitu suhu perendaman, waktu perendaman, dan hasil penyaringan. Pada analisis suhu perendaman, didapatkan bahwa nilai suhu cukup stabil selama 10



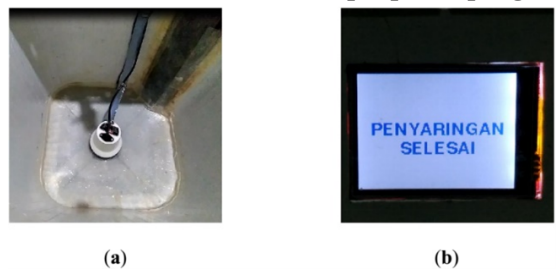
**Gambar 17. a). Proses perendaman. b). Tampilan LCD TFT pada saat perendaman**



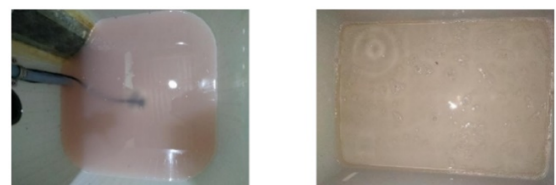
**Gambar 18. a). Tampilan LCD TFT. b). Proses penyaringan**



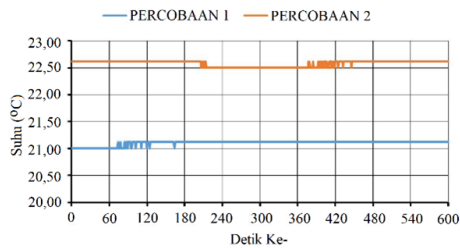
**Gambar 19. a). Filter; b). Tempat penampung air**



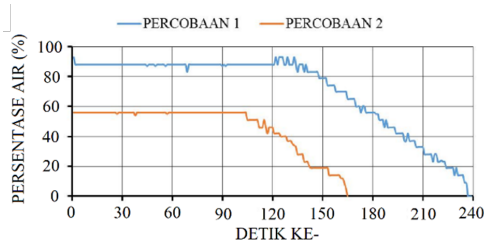
**Gambar 20. a). Kondisi tabung setelah penyaringan. b). Tampilan LCD TFT**



**Gambar 21. a). Air sebelum penyaringan; b). air sesudah penyaringan**



Gambar 22. Pola suhu perendaman



Gambar 23. Pola waktu penyaringan terhadap persentase air di dalam tabung perendaman

menit perendaman pada pengulangan 1 dan 2. Namun, perbedaan terlihat pada nilai suhu air dari pengulangan 1 dan 2 karena air dingin pada pengulangan 2 mengalami peningkatan suhu. Gambar 22 menunjukkan pola suhu perendaman.

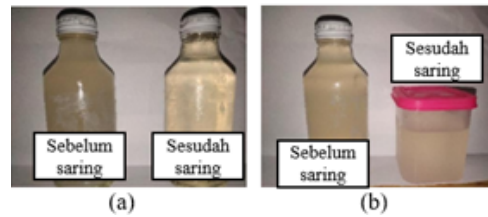
Pada analisis waktu perendaman, didapatkan bahwa pola dari waktu penyaringan pada percobaan ke-1 dan percobaan ke-2 berbeda. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan jumlah air yang digunakan pada kedua percobaan. Pola grafik dapat dilihat pada Gambar 23.

Hasil dari pengujian bobot daging tersaring didapatkan dari pengujian yang dilakukan pada daging ikan seberat 2 kg dengan 2 kali pengulangan. Pada perulangan pertama, bobot daging ikan yang tersaring di jaring plankton seberat 343 gram dengan sisa daging ikan seberat 765 gram. Pada pengulangan kedua, 199 gram daging ikan tersaring di jaring plankton dan 800 gram daging ikan tidak larut air.

Hasil dari uji kekeruhan air sebelum dan sesudah penyaringan menunjukkan bahwa nilai kekeruhan sebelum penyaringan pada percobaan pertama adalah 297 NTU dan 281 NTU pada percobaan kedua. Setelah penyaringan dengan jaring plankton dan filter, nilai kekeruhan menjadi 34,9 NTU dan 44,1 NTU untuk percobaan 1 dan percobaan 2. Efisiensi penyaringan sebesar 88,24% dan 84,30% dari percobaan 1 dan percobaan 2. Gambar 24 menunjukkan sampel air dari kedua percobaan.

3.8 Pembahasan

Surimi adalah produk yang diperoleh dari proses pencincangan daging ikan, pencucian, penirisan, dan pemurnian [9]. Salah satu inovasi dalam pengolahan



Gambar 24. a). Sampel air percobaan 1; b). Sampel air percobaan 2

surimi adalah mesin pemisah daging dan tulang ikan bernama Suritech<sup>TM</sup> [10]. Dari perangkat ini perlu adanya perangkat yang digunakan untuk mencuci dan merendam daging ikan yang telah dicincang. Oleh karena itu, perangkat dalam penelitian ini dibuat.

Hasil pengembangan perangkat ini menunjukkan performansi yang baik dalam menyaring air dari proses perendaman. Perangkat ini dilengkapi dengan sensor suhu dan jarak yang telah dikalibrasi untuk meningkatkan akurasi. Nilai akurasi dapat diukur melalui koefisien determinasi, persentase error, dan RMSE [7], [11]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan nilai koefisien determinasi yang mendekati 1, persentase eror dan RMSE yang mendekati nol.

Dalam proses penyaringan, terdapat sisa daging yang tertahan oleh jaring plankton. Sisa daging ini berisi lemak, protein sarkoplasmik, dan bahan-bahan campuran yang tidak dibutuhkan dalam pembuatan surimi [9]. Sisa ini biasanya digunakan sebagai pakan ikan [12] atau dapat dimanfaatkan sebagai fish jelly atau pupuk cair [4], [13].

Perangkat pengolahan surimi yang dikembangkan mampu memberikan efisiensi sebesar 80% dalam mengurangi kekeruhan air dan menahan polutan berupa daging, lemak, dan darah yang larut. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, ambang baku mutu kekeruhan air sebesar 25 NTU [14]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa air hasil penyaringan masih di bawah ambang baku mutu sehingga dapat digunakan kembali, namun hanya sekali pengulangan.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa Alat Otomasi Penyaringan Air Sisa Pencucian Surimi telah sukses dikembangkan. Instrumen ini terdiri dari komponen-komponen, yaitu mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor jarak ultrasonic waterproof JSN-SR04T, sensor suhu DS18B20, pompa isap, TFT LCD 2.4, relay, power supply 10A, dan buzzer. Perangkat ini memiliki kemampuan untuk mengisap air dan menyaringnya menggunakan jaring plankton, dengan bobot daging hasil penyaringan sebesar 343 gram

dan 199 gram dari total 1 kg daging setelah 2 kali pengulangan. Kepekatan air yang keruh sebelum proses penyaringan sebesar 297 NTU dan 281 NTU, dan setelah penyaringan sebesar 35 NTU dan 44 NTU. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat ini mampu mengurangi tingkat kekeruhan sebesar 88% sehingga air sisa dapat digunakan kembali, sejalan dengan konsep Zero Waste. Data dari sensor suhu DS18B20 dan sensor jarak JSNSR04 juga menunjukkan hasil yang akurat dan presisi. Kalibrasi sensor suhu DS18B20 menunjukkan error rata-rata 2,51%, RMSE 1,47 °C, dan standar deviasi 0,7 °C. Sedangkan, kalibrasi sensor jarak JSN-SRT04 menunjukkan error rata-rata 3,07%, RMSE 1,99 cm, dan standar deviasi 0,45 cm.

#### Daftar Pustaka

- [1] F. Saliada, H. Onibala, N. Taher, S. D. Harikedua, and E. V. Pandey, "Karakteristik surimi yang dibuat dari hasil pencucian daging ikan cakalang (*katsuwonus pelamis* l) dengan air dingin ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ )," *Media Teknologi Hasil Perikanan*, vol. 5, no. 2, pp. 54–57, 2017.
- [2] A. Wawasto, J. Santoso, and M. Nurilmala, "Karakteristik surimi basah dan kering dari ikan baronang (*siganus* sp.)," *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, vol. 21, no. 2, pp. 367–376, 2018.
- [3] A. Moniharapon, "Teknologi surimi dan produk olahannya," *Majalah Biam*, vol. 10, no. 1, pp. 16–30, 2014.
- [4] D. A. Oktavia, D. Mangunwidjaja, S. Wibowo, T. C. Sunarti, and M. Rahayuningsih, "Pengolahan limbah cair perikanan menggunakan konsorsiummikroba indigenous proteolitik dan lipolitik," *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 6, no. 2, pp. 65–71, 2012.
- [5] A. U. Zaman, "A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines," *Journal of Cleaner Production*, vol. 91, pp. 12–25, 2015.
- [6] W. Mendenhall, R. J. Beaver, and B. M. Beaver, *Introduction to probability and statistics*. Cengage Learning, 2012.
- [7] T. Chai and R. R. Draxler, "Root mean square error (rmse) or mean absolute error (mae)?—arguments against avoiding rmse in the literature," *Geoscientific model development*, vol. 7, no. 3, pp. 1247–1250, 2014.
- [8] R. I. Prasetyo, A. Mashadi, and M. Amin, "Pengaruh filtrasi dengan metode up flow terhadap kekeruhan, besi (fe) dan daerajat keasaman (ph)," *World of Civil and Enviromental Engineering*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [9] K. Elavarasan and M. D. Hanjabam, "Surimi products," n.d., accessed 2019. [https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/34118/1/13\\_SurimiProducts.pdf](https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/34118/1/13_SurimiProducts.pdf).
- [10] A. Purbayanto, J. Santoso, M. Riyanto, A. Purnomo, B. Pramono, and A. Susanto, "Uji kinerja mesin pemisah daging dan tulang ikan untuk pemanfaatan by-catch di atas kapal pukat udang."
- [11] R. Sedha, *Electronic Measurements and Instrumentation*. S. Chand Publishing, 2013.
- [12] J. Stine, L. Pedersen, S. Smiley, and P. Bechtel, "Recovery and utilization of protein derived from surimi wash-water," *Journal of Food Quality*, vol. 35, no. 1, pp. 43–50, 2012.
- [13] I. Rostini, "Pemanfaatan daging limbah filet ikan kakap merah sebagai bahan baku surimi untuk produk perikanan," *Jurnal Akuatika*, vol. 4, no. 2, 2013.
- [14] S. P. AQUA, "Peraturan menteri kesehatan republik indonesia nomor 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang," 2017.