

# Rancang Bangun Alat Pengolah Limbah Ikan Menjadi Pakan Ikan dengan Metode RND sebagai Pencegahan Pencemaran Lingkungan

Deni Tri Laksono<sup>1</sup>, M. Rizky Agustino<sup>2</sup>, Miftachul Ulum<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

E-mail: <sup>1</sup>[deni.laksono@trunojoyo.ac.id](mailto:deni.laksono@trunojoyo.ac.id), <sup>2</sup>[rizkyagustino16@gmail.com](mailto:rizkyagustino16@gmail.com), <sup>3</sup>[miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id](mailto:miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.52620/sainsdata.v2i2.126>

## Abstrak

Desa Lumpur merupakan desa di kabupaten Gresik dengan masyarakat yang bermata pencaharian sebagai nelayan sehingga identik dengan limbah ikan yang tidak dimanfaatkan dengan baik. Sehingga menimbulkan bau tidak sedap, sarang lalat dan sumber penyakit, serta mencemari lingkungan. Oleh karena itu, dibuatlah alat yang dapat mengolah limbah ikan menjadi pakan ikan atau palet. Alat pengolah limbah ikan dilengkapi sensor flame detector untuk mendeteksi api, sensor suhu DS 18B20 untuk mendeteksi suhu pada tong, water valve electric untuk mengeluarkan air dari tong, gear box untuk menurunkan dan menaikkan tong, pencacah otomatis untuk menghancurkan limbah ikan, katup bahan dan load cell penimbang bahan otomatis, mixer pencampur bahan otomatis, dan pencetak otomatis. Penelitian ini menggunakan metode RND untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Proses yang dilakukan berdasarkan metode RND tersebut yaitu analisis potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk dan validasi desain, uji coba pemakaian, revisi produk dan ujicoba produk. Berdasarkan hasil pengujian alat didapatkan hasil bahwa pada proses pemasakan, pencacah, penakar, pencampur, dan pencetak bekerja maksimal dengan persentase error 0,159% dan persentase keberhasilan 99,841%. Akan tetapi, pada ujicoba pertama menghasilkan output palet yang tidak sesuai dengan palet yang dijual di pasaran. Setelah dilakukan revisi produk dan ujicoba berdasarkan validasi berupa wawancara, maka didapatkan adonan palet yang kalis dan dapat dibentuk sehingga hasil palet sesuai dengan yang dijual di pasaran. Penelitian ini dapat mengelola limbah ikan menjadi pakan ikan yang memiliki nilai ekonomis dan menjadi nilai tambah bagi masyarakat serta tidak mencemari lingkungan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan metode RND pada penelitian ini dapat menghasilkan produk yang maksimal.

**Kata Kunci:** Limbah Ikan, Alat Pengolah Limbah Ikan, Pakan Ikan, Metode RND

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah di era globalisasi seperti sekarang ini kurang mendapat perhatian dari masyarakat, terutama permasalahan limbah di lingkungan sekitar. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam memanfaatkan limbah disebabkan kurangnya pengetahuan masyarakat tentang bahaya kandungan yang terdapat di dalam limbah. [1]. Limbah memiliki beberapa jenis yaitu padat, limbah cair, maupun limbah gas. Salah satu jenis limbah yang banyak ditemukan khususnya di daerah yang mayoritas bermata pencaharian sebagai nelayan adalah limbah ikan. Limbah ikan pada umumnya tidak memiliki nilai ekonomis apabila tidak dikelola dengan baik. Seperti yang terjadi di desa Lumpur, kabupaten Gresik [2]. Padahal apabila dilakukan pengelolaan dengan baik, limbah tersebut dapat dijadikan sebagai usaha dan nilai tambah bagi masyarakat. Pengelolaan yang dapat dilakukan dengan memanfaatkan limbah ikan misalnya seperti mengolahnya menjadi pakan ikan.

Alat pengolah limbah ikan dirancang dengan konsep modern sehingga proses pengolahan limbah ikan akan lebih mudah dan praktis. Untuk mendukung pembuatan alat pengolah limbah ikan



digunakan microcontroller dan beberapa komponen seperti sensor api, sensor timbangan (load cell), servo, motor DC dan motor AC. Sensor api digunakan untuk mendeteksi suhu dan kondisi lingkungan di sekitar alat. Sensor timbangan (load cell) merupakan komponen yang digunakan untuk melakukan pengukuran berat limbah ikan yang akan diproses. Pengukuran tersebut bertujuan untuk mengetahui jumlah bahan baku yang masuk dan diolah. Selain itu, alat pengolahan limbah ikan juga menggunakan servo, motor DC, dan motor AC. Servo untuk mengontrol pintu, sedangkan motor DC untuk mengontrol katup keluranya bahan, dan motor AC untuk menggerakkan pengaduk dan pencacah..

Pada proses pembuatan alat pengolah limbah ikan ini digunakan metode Research and Development atau yang lebih dikenal dengan metode RND. Metode RND merupakan metode untuk mendapatkan suatu produk baru atau mengembangkan serta menyempurnakan produk yang sudah ada [3]. Alat pengolah limbah ikan yang dibuat merupakan suatu alat yang menerapkan prinsip otomatisasi dari produk sebelumnya yang masih manual. Pada proses pengolahan oleh masyarakat sebelumnya untuk melakukan pengecekan suhu masih digunakan pengukuran secara manual, sehingga terdapat banyak kesalahan dalam melakukan pengecekan suhu. Selain itu, untuk melakukan penimbangan juga masih digunakan penimbangan secara manual sehingga kurang efektif apabila digunakan untuk jumlah yang banyak atau produksi masal. Penggunaan metode RND dinilai sesuai apabila diterapkan pada proses pembuatan alat pengolah limbah ikan. Hal tersebut disebabkan dengan penggunaan metode RND akan didapatkan hasil alat yang bermanfaat, efisien, praktis dan hasil produk yang maksimal. Hasil dari pembuatan alat pengolahan limbah ikan yaitu berupa pakan ikan. Penggunaan limbah ikan sebagai pakan ikan dapat mengurangi penggunaan bahan pakan yang berasal dari sumber daya alam lain yang terbatas [4]. Penelitian ini, diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif dalam pengelolaan limbah ikan dan masyarakat dapat mengelola limbah ikan dengan lebih baik dan menghasilkan produk yang bernilai tambah serta dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Limbah Ikan**

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan perikanan merupakan jenis limbah buangan yang tidak diinginkan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Ketika limbah tersebut mencapai jumlah atau konsentrasi tertentu, maka dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan. Indonesia merupakan sebuah wilayah yang kaya akan sumber daya laut, sehingga banyak nelayan yang mendapatkan hasil tangkapan ikan melimpah. Hal ini juga berdampak pada meningkatnya jumlah limbah ikan ketika adanya industri makanan berbahan dasar ikan. Oleh sebab itu, diperlukan usaha untuk mengatasi masalah jumlah limbah ikan agar tidak menimbulkan bau busuk yang dapat menyebabkan pencemaran udara dan adanya pertumbuhan bakteri [7].

### **Research and Development**

Metode RND membahas tentang pengkajian sistematis terhadap desain, pengembangan, evaluasi program, proses, dan produk pembelajaran dengan tujuan untuk memenuhi kriteria validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Selain itu, metode RND memiliki dua tujuan utama yaitu pengembangan prototype produk dan perumusan saran metodologis untuk desain dan evaluasi prototype produk tersebut. Metode RND memiliki dua tipe penelitian, yaitu tipe yang difokuskan pada desain dan evaluasi produk serta pengkajian terhadap program pengembangan. Sedangkan pada tipe kedua fokus pada pengkajian terhadap program pengembangan yang dilakukan sebelumnya, dengan tujuan memperoleh gambaran prosedur desain dan evaluasi yang efektif [18]. Proses pada metode RND adalah mencari potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk,

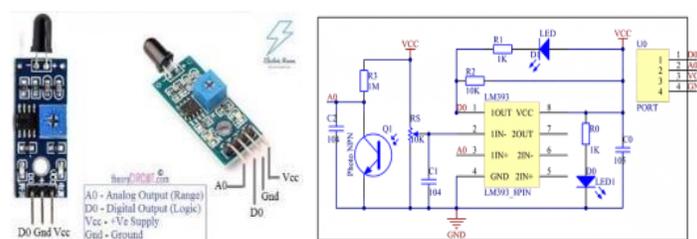
validasi desain, ujicoba pemakaian, revisi produk, ujicoba produk, revisi desain, revisi produk, dan produksi masal.

### Sensor Api

Sensor api atau yang dikenal sebagai flame sensor merupakan modul yang digunakan untuk mendeteksi nyala api dengan panjang gelombang antara 760 nm hingga 1.100 nm. Sensor api menggunakan transduser infrared dalam proses pendeteksian nyala api. Cara kerja dari sensor api yaitu dengan memanfaatkan metode optik. Optik tersebut mencakup infrared (IR), ultraviolet (UV), atau pencitraan visual API untuk mendeteksi percikan awal kebakaran. Ketika terdeteksi adanya nyala api didekatnya, maka sensor akan mendeteksi adanya perubahan dalam penyerapan cahaya pada rentang gelombang yang ditentukan [12]. Pada sensor flame detector untuk mengetahui besar output dapat dicari dengan rumus pada Persamaan 1.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

Sensor api pada penelitian ini digunakan untuk pendeteksi nyala api kompor saat proses pemasakan limbah ikan. Adapun komponen sensor api atau flame sensor dan skema dari *flame* sensor adalah yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor *Flame Detector*

### Sensor Load Cell

*Load cell* atau sensor beban merupakan sensor berat. Ketika *load cell* diberi beban, nilai resistansinya akan berubah secara otomatis. Sensor *load cell* mempunyai empat kabel, dua kabel berfungsi sebagai pembaca tegangan eksistensi dan dua kabel lainnya berfungsi sebagai sinyal keluaran. Sensor *load cells* sering digunakan pada timbangan elektronik dengan prinsip tekanan menggunakan sensor *strain gauge* [17]. Pada sensor *load cell* terdapat *wheatstone bridge* yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan resistansi kecil akibat *strain*. Rumus mengetahui tegangan *output* dari *wheatstone bridge* dan melakukan kalibrasi *load cell* ditunjukkan Persamaan 2 dan 3.

$$V_{out} = V_{ex} \times \left( \frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (2)$$

$$F = k \times V_{out} \quad (3)$$

Pada penelitian ini sensor *load cell* digunakan untuk menimbang limbah ikan dan bahan baku campuran untuk membuat palet. Adapun *load cell* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Load Cell

### Sensor Suhu

Sensor suhu DS 18B20 merupakan sensor yang memiliki 12 bit ADC *internal*. Sensor suhu DS 18B20 memiliki karakteristik yang *linier* dengan perubahan suhu, sehingga memberikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan dan akan bekerja dalam tegangan 5 *vol*. Sensor ini dapat merasakan perubahan suhu terkecil minus 10 derajat celsius hingga suhu terbesar 85 derajat celsius [23]. Rumus kalibrasi sensor suhu ke dalam celsius ditunjukkan Persamaan 4.

$$Temperature = \frac{Data}{16} \quad (4)$$

Pada penelitian ini sensor suhu digunakan untuk mendeteksi suhu tabung pemasakan. Berikut komponen sensor suhu DS 1820B yang ditunjukkan pada Gambar 3.

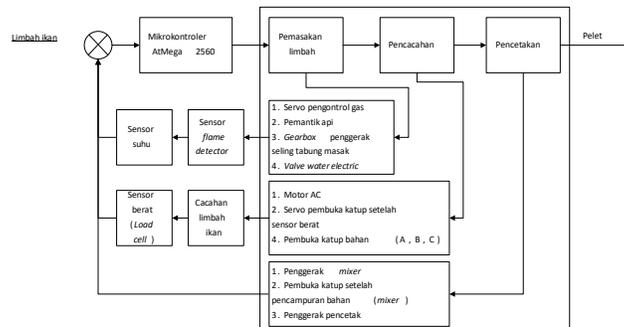


Gambar 3. Sensor Suhu DS 18B20

## PERANCANGAN SISTEM

### Diagram Alir Sistem

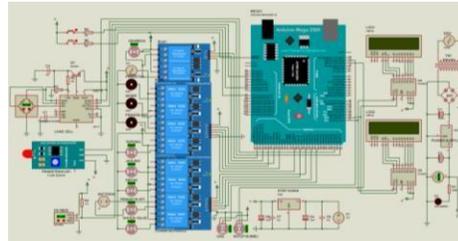
Berikut adalah blok diagram yang menggambarkan hubungan antara komponen-komponen yang digunakan untuk membuat alat pengolah limbah ikan menjadi pakan ikan. Adapun blok diagram pada alat pengolah limbah tersebut antara lain adalah yang akan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem

### Rancangan Hardware

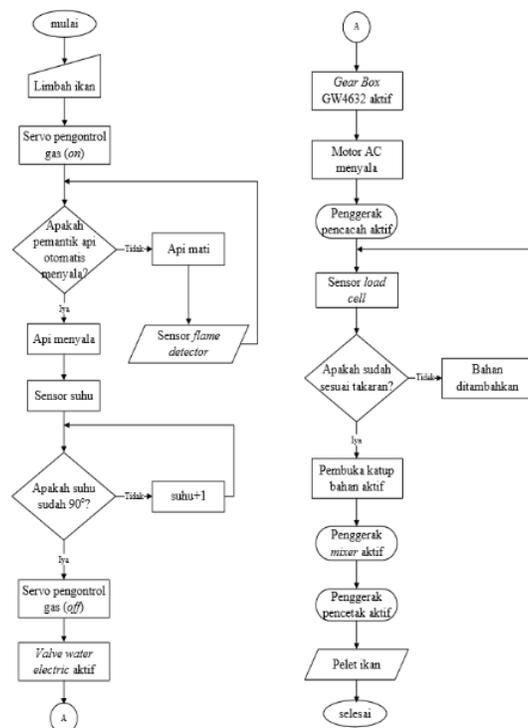
Pada perancangan *hardware*, digunakan ATmega2560 sebagai *microcontroller*, sensor api, sensor suhu, dan *load cell* sebagai *input* dan sepuluh *relay*. Perancangan *hardware* merupakan perancangan jalur atau sambungan antara komponen yang digunakan pada alat pengolah limbah ikan menjadi pakan ikan. Perancangan *hardware* pada alat pengolah limbah ikan menjadi pakan ikan yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan *Hardware* Sistem

### Perancangan Software

Perancangan *software* merupakan sebuah rancangan program yang terdiri dari program inisialisasi, pembacaan sensor suhu, pembacaan sensor api, dan pembacaan sensor berat (*load cell*). Program inisialisasi adalah program yang pertama kali dijalankan oleh *microcontroller*. Seluruh mode komunikasi data dari modul yang terhubung dengan *microcontroller* harus melalui proses inisialisasi agar bisa berkomunikasi dan bertukar data satu sama lain. Perancangan *software* yang digunakan pada alat ini ditunjukkan pada sebuah *flowchart* di Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan *Software* Sistem

## Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik yang dibuat untuk alat pengolah limbah ikan menjadi pakan ikan dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu bagian pemasak, pencacah, penakar, pencampur dan pencetak yang ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Rancangan Mekanik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Potensi dan Masalah serta Pengumpulan Data

Desa Lumpur merupakan salah satu desa di kabupaten Gresik dengan mayoritas masyarakat bermata pencaharian nelayan. Salah satu jenis limbah yang banyak ditemukan di daerah mayoritas bermata pencaharian nelayan adalah limbah ikan. Limbah ikan merupakan limbah yang tidak memiliki nilai ekonomis. Apabila tidak dikelola dengan baik akan mencemari lingkungan dan menjadi sumber penyakit, seperti yang terjadi di desa Lumpur, kabupaten Gresik [2]. Data hasil wawancara mengenai permasalahan limbah ikan di desa Lumpur kabupaten Gresik ditunjukkan pada Lampiran 2. Berdasarkan data hasil wawancara dapat disimpulkan di desa Lumpur kabupaten Gresik terdapat permasalahan banyaknya limbah ikan yang tidak dimanfaatkan dengan baik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibuatlah alat pengolah limbah ikan untuk menghasilkan pakan ikan menggunakan bahan limbah ikan.

### Desain Produk dan Validasi Desain

Setelah membuat desain produk, maka dilakukan validasi desain mengenai kelayakan dan keefektifan desain yang telah dibuat. Validasi desain tersebut dilakukan dengan melakukan wawancara kepada warga desa Lumpur kabupaten Gresik. Adapun data hasil wawancara mengenai validasi terhadap desain ditunjukkan pada Lampiran 3. Berdasarkan hasil wawancara, desain yang dibuat telah sesuai. Akan tetapi, terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Peletakkan tabung LPG lebih jauh dari kompor untuk menghindari ketika terjadinya kebocoran gas.
2. Penambahan pisau pemotong kecil untuk memotong hasil palet agar menjadi potongan-potongan kecil.
3. Perbaiki mekanik pada proses pencampuran bahan agar bahan tidak jatuh dan dapat tercampur rata.

Berikut ini merupakan hasil dari desain yang telah dibuat sebelumnya yaitu ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Realisasi Desain

Berdasarkan Gambar 8. hasil alat pengolah limbah ikan menjadi pakan ikan dibuat menjadi beberapa bagian.

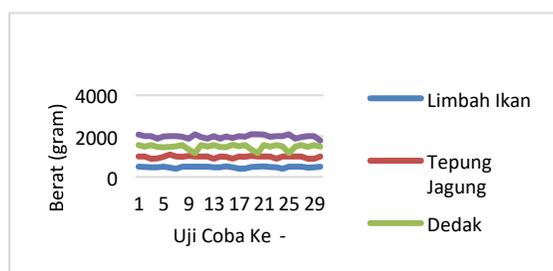
Bagian-bagian tersebut antara lain adalah:

1. Bagian pemasak limbah ikan.
2. Bagian pencacah limbah ikan yang telah dimasak.
3. Bagian alat penakar bahan untuk membuat pakan ikan.
4. Bagian alat pencampur untuk membuat pakan ikan.
5. Bagian alat pencetak limbah ikan.

### Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan melakukan ujicoba sensor *flame detector*, sensor suhu DS 18B20 dan *water valve electric*, dan *load cell*. Pada pengujian sensor *flame detector* didapatkan hasil sensor dapat bekerja dengan baik sehingga dapat mendeteksi nyala api secara akurat. Pada pengujian sensor suhu DS 18B20 dan *water valve electric* didapatkan hasil sensor suhu dapat membaca suhu ketika proses pemasakan limbah yaitu 86,87 – 88,90 derajat celcius dan *water valve electric* mampu mengeluarkan air. Hasil pengujian penimbangan ditunjukkan pada grafik Gambar 9.

Grafik Hasil Uji Coba



Gambar 9. Grafik Hasil Penimbangan *Load Cell*

### Ujicoba Pemakaian

Setelah melakukan pengujian pada *flame detector*, sensor suhu DS 18B20, *water valve electric*, dan *load cell*, maka dilakukan pengujian keseluruhan. Pada pengujian keseluruhan dilakukan ujicoba cara kerja proses pemasakan, pencacahan, penakar, pencampuran, dan pencetakan. Berikut hasil ujicoba keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 1.

TABLE I. HASIL UJICоба KESELURAHAN

No	Pemasak (C)		Pencacah (D)		Penakar (D)		Pencampu (D)		Pencetak (D)	
	SP	SM	SP	SM	SP	SM	SP	SM	SP	SM
1	90	86,9	240	239	120	120	120	120	3.600	3.599
2	90	90	240	240	120	119	120	119	3.600	3.600
3	90	86,9	240	238	120	120	120	119	3.600	3.598
4	90	90	240	236	120	120	120	120	3.600	3.600
5	90	90	240	240	120	119	120	119	3.600	3.498
6	90	90	240	237	120	118	120	120	3.600	3.599
7	90	86,1	240	238	120	120	120	120	3.600	3.600
8	90	87	240	239	120	119	120	119	3.600	3.598
9	90	90	240	238	120	119	120	118	3.600	3.600
10	90	90	240	240	120	120	120	120	3.600	3.600
Tot	900	886,87	2400	2385	1200	1194	1200	1194	36000	35892

Berdasarkan hasil pada Tabel 1. didapatkan persentase nilai *error* ujicoba sistem secara keseluruhan yang dapat dicari menggunakan Persamaan 7 berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persen Error} &= \frac{\text{selisih}}{\text{Total set point}} \times 100\% \\
 &= \frac{(13,13)+(15)+(6)+6+(108)}{(93000)} \times 100\% \\
 &= 0,159\%
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan persentase *error* sistem, maka dilakukan perhitungan persentase keberhasilan berdasarkan Persamaan 8 berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keberhasilan} &= 100\% - \text{Persentase nilai error} \\
 &= 100\% - 0,159\% \\
 &= 99,841\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil ujicoba sistem dan perhitungan, maka didapatkan kesimpulan bahwa sistem berhasil dengan nilai persentase *error* sebesar 0,159% dan persentase keberhasilan sebesar 99,841%. Akan tetapi, pada ujicoba pertama menghasilkan *output* palet yang tidak sesuai dengan yang diinginkan atau tidak sesuai dengan hasil palet yang dijual di pasaran. Adapun hasil dari ujicoba pertama, hasil palet cenderung encer dan tidak dapat dibentuk. Gambar 10 merupakan perbandingan hasil ujicoba pertama dan palet yang dijual di pasaran.



Gambar 10. Perbandingan Hasil Ujicoba Palet

### Revisi Produk dan Ujicoba Produk

Setelah dilakukan ujicoba pemakaian sistem secara keseluruhan dan didapatkan hasil dari ujicoba tersebut, maka dilakukan tahapan revisi produk dengan melakukan wawancara kepada warga desa Lumpur kabupaten Gresik. Berdasarkan hasil wawancara tersebut, sistem yang dibuat telah sesuai. Akan tetapi, terdapat beberapa saran mengenai *output* atau hasil palet yaitu sebagai berikut:

1. Pengubahan komposisi limbah ikan dan bahan pencampur dengan perbandingan 2:1:1:1.
2. Penambahan sedikit air pada proses pencampuran atau *mixer* limbah ikan dengan bahan campuran.
3. Penambahan durasi atau lama waktu pada proses pencampuran limbah ikan dengan bahan campuran.

Setelah didapatkan beberapa saran, maka dilakukan realisasi revisi sesuai dengan saran yang telah didapatkan. Adapun hasil dari revisi produk sesuai saran tersebut adalah hasil palet cenderung kalis dan dapat dibentuk sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Pakan Ikan Atau Palet

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data hasil wawancara di desa Lumpur kabupaten Gresik dapat disimpulkan bahwa di desa tersebut terdapat limbah ikan yang tidak dimanfaatkan dengan baik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibuatlah alat pengolah limbah ikan menjadi pakan ikan atau pelet dengan bahan dasar limbah ikan.
2. Desain alat pengolah limbah ikan dibuat menggunakan software blender. Alat dilengkapi sensor untuk melakukan otomatisasi pada sistem. Pada pengujian flame detector didapatkan hasil sensor dapat bekerja dengan baik sehingga sensor dapat mendeteksi nyala api secara akurat. Pada

pengujian sensor suhu DS 18B20 dan water valve electric didapatkan hasil sensor suhu dapat membaca suhu tong kn yaitu berkisar 86,87 – 88,90 derajat celcius dan water valve electric mampu mengeluarkan air. Pada pengujian sensor load cell untuk menimbang limbah ikan didapatkan keakuratan 95,923%, pada campuran jagung keakuratan 98,11%, pada campuran dedak keakuratan 98,113%, dan pada campuran tepung terigu keakuratan 98,393%.

3. Pada pengujian keseluruhan dilakukan 10 kali percobaan didapatkan hasil bahwa pada proses pemasakan, pencacah, penakar, pencampur, dan pencetak dapat bekerja dengan baik dengan nilai persentase keberhasilan 99,841%. Akan tetapi, pada ujicoba pertama menghasilkan output palet yang tidak sesuai.
4. Setelah dilakukan revisi produk dan ujicoba produk berdasarkan validasi berupa wawancara maka didapatkan produk yang sesuai dengan saran tersebut yaitu hasil palet cenderung kalis dan dapat dibentuk sehingga hasil palet sesuai.
5. Penelitian ini menggunakan metode RND untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Tahap pengumpulan data dan validasi desain dilakukan dengan wawancara kepada masyarakat desa Lumpur kabupaten Gresik dan validasi alat dilakukan berdasarkan kalibrasi sensor serta perhitungan persentase error dan keberhasilan.

## REFERENSI

- [1] Huwaidi, N., Panggabean L, E., dan Apriliya, I. 2021. “Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Pengolahan Limbah Ikan kepada Kelompok Nelayan Tradisional secara Daring di Belawan, Sumatera Utara”. JPKMI (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Indonesia). 2, 3: 191-201.
- [2] Bagus M, P, I., Nisa, I., dkk. 2021. “Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Usus Ikan) di Kelurahan Lumpur sebagai Pakan Ikan (Pelet Ikan)”. Fatimatul Khikmiyah, DedikasiMU (Journal of Community Service). 3, 2: 869-876.
- [3] Betty, M., Khairun, K., Agus, M., dan Rendi, A., 2023. “Pengembangan Prototipe Pengolahan Air Limbah Dapur di Gedung Hadiwinarso dan MES Taruna Akademi Angkatan Laut. Saintek”. Jurnal Sains Teknologi dan Profesi Akademi Angkatan Laut. 16, 1: 29-35.
- [4] Laila, F., Herman, S., Husin, B., Budi, S., Ranto, Riyadi, M., 2023. “Penerapan Teknologi Pencacah Multi Blade pada Proses Pengolahan Limbah Ikan sebagai Upaya Pemberdayaan Nelayan di Desa Berahan Kulon, Kecamatan Wedung Kabupaten Demak”. Jurnal SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni bagi Masyarakat). 12, 1:1 -7
- [5] Kurniawan, Ipung., Girawan, Bayu Aji., Muasih, Imam., dan Susanto, Yosep., 2020. “Rancang Bangun Alat Pemanas Induksi Proses Perlakuan Panas”. Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science 1, 1: 21-3.
- [6] Saputro, E, B., Adriana, M., dan Angkasa, A., 2021. “Rancang Bangun Alat Pencetak Pelet Apung Pakan Ternak di Desa Bluru Kabupaten Tanah Laut”. Jurnal Teknik Mesin. 8, 1: 22-29.
- [7] Sahubawa, Latif., dan Puspita, Indun Dewi., 2021. Manajemen Limbah Industri Perikanan. Jogjakarta: Andi.
- [8] Dewantoro, R.A. 2003. “Pengolahan Limbah Cair pada Usaha Pembekuan Ikan di PT. ILUFA Pasuruan Jawa Timur. Karya Ilmiah Praktek Akhir. 2, 10: 2-7.
- [9] Van Den Akker J., dkk. 2006. Educational Design Research. London and New York: Routledge.

- [10] Emma, Z. 2006. Pembuatan Pakan Ikan dari Campuran Ampas Tahu, Ampas Ikan, Darah Sapi Potong, dan Daun Keladi yang Disesuaikan dengan Standar Mutu Pakan Ikan. *Jurnal Sains Kimia* 10: 40-45.
- [11] Abdul Kadir. 2016. *Simulasi Arduino*. Jakarta: PT. Elek Media Komputindo.
- [12] Elga Aris Prastyo, "Penjelasan tentang Sensor Api (Flame Sensor)," *www.arduinoindonesia.id*, 2023. diakses pada 11 Agustus 2023.
- [13] Sumanto. 1995. *Mesin Arus Searah*. Yogyakarta: Andi
- [14] Siti, Sendari, I Made, W., dan Mokhammad, N., 2021. *Sensor Tranduser*. Malang: Ahlimedia Press.
- [15] Firoozian, R. 2008. *Servo Motors and Industrial Control Theory*. Belanda: Springer US.
- [16] Pramono, Catur. 2018. *Buku Ajar Elemen Mesin (Jilid 2)*. Magelang: Penerbit Pustaka Rumah C1nta
- [17] Nehru, Kurniawan, W., dan Riantoni, C., 2023. *Komponen-komponen Elektronika: Pengenalan, Jenis, dan Aplikasi*. Pekalongan: Penerbit NEM.
- [18] Daryanto. 2023. *Teori Umum Teknik Elektronika*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [19] Naim, Muhammad. 2022. *Buku Ajar Teori Dasar Listrik dan Elektronika*. Pekalongan: Penerbit NEM.
- [20] Telaumbanua, M. 2022. *Buku Ajar Listrik dan Elektronika Dasar Teknik Pertanian*. Pekalongan: Penerbit NEM.
- [21] Husen, Z., dan Surbakti, S., 2022. *Aplikasi Mekatronika: Desain dan Simulasi Rangkaian Elektropneumatik dengan FESTO FluidSIM*. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- [22] Supriyanti, Etik., 2022. "Kendali Kompor Gas dengan Pemantik dan Timer Otomatis berbasis Arduino." *Repository Universitas Sanata Dharma*. 2, 2: 1 – 5.
- [23] Syarief, Ivany. 2022. *Buku Ajar Dasar-dasar Teknik Pengukuran Besaran Listrik*. Bandung: Kaizen Media Publishing.
- [24] Daryanto. 2021. *Pengetahuan Komponen Mobil: Edisi Revisi*. Jakarta: Bumi Aksara.