

Pengembangan Desain dan Fabrikasi Mesin Pencacah Es Balok

Rahmat PS¹, Mu'tasim², Abdul Salam^{3*} dan Uswatul Hasanah Mihdar⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*E-mail korespondensi: abdsalam@poliupg.ac.id

Abstract: Based on observations conducted at several fish auction sites and fish vendors around fish markets, it was found that these locations require approximately 40 blocks of ice per day for fish preservation. Several limitations of the existing block ice crushing machines include the high workload required to insert ice blocks into the machine inlet and the production of only one type of crushed ice, namely a mixture of fine and coarse fragments. This applied design research aims to develop a block ice crushing machine capable of producing two types of crushed ice, namely fine and coarse fragments with more uniform particle sizes, and to evaluate the machine performance based on rotational speed variations in terms of crushed ice quality and production capacity. The research methodology consisted of several stages, including designing the machine structure with a foldable inlet channel, detachable crushing rods on the crushing drum, and a more practical construction design. The subsequent stages involved machine fabrication, machine performance testing at various rotational speeds, and the calculation of manufacturing costs. The results show that the best performance for fine ice crushing was achieved at a machine speed of 1100 rpm with particle sizes ranging from 0.5–2 cm, while coarse crushing was optimal at 900 rpm with particle sizes ranging from 5–8 cm. The manufacturing cost for producing this block ice crushing machine was Rp 5,253,438.

Keywords: Machine, Block Ice, Crushing, Fine, Coarse

Abstrak: Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di beberapa tempat pelelangan ikan dan pengusaha ikan di sekitar pasar penjual ikan, diperoleh informasi bahwa setiap harinya tempat-tempat tersebut membutuhkan pendinginan ikan menggunakan es balok sekitar 40 buah. Beberapa kekurangan mesin pencacah es balok yang digunakan saat ini adalah tingginya beban kerja saat memasukkan es balok ke saluran masuk mesin serta hanya mampu menghasilkan satu jenis cacahan, yaitu cacahan halus yang bercampur dengan cacahan kasar. Penelitian rancang bangun terapan ini bertujuan untuk mengembangkan mesin pencacah es balok yang mampu menghasilkan dua jenis cacahan, yaitu cacahan halus dan cacahan kasar dengan ukuran butiran yang lebih seragam serta mengetahui kinerja mesin berdasarkan variasi putaran terhadap kualitas cacahan dan kapasitas produksi. Metodologi penelitian meliputi tahap perancangan konstruksi mesin dengan saluran masuk yang dapat diteuk, penggunaan batang pencacah pada teromol yang dapat dilepas-pasang, proses fabrikasi mesin, pengujian kinerja mesin pada variasi putaran, serta perhitungan biaya manufaktur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa cacahan es halus terbaik diperoleh pada putaran mesin 1100 rpm dengan ukuran butiran rata-rata 0,5–2 cm, sedangkan cacahan es kasar optimal diperoleh pada putaran 900 rpm dengan ukuran butiran 5–8 cm. Biaya manufaktur pembuatan mesin pencacah es balok ini adalah sebesar Rp 5.253.438.

Kata Kunci: Mesin, Es balok, Cacahan, Halus, Kasar

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan potensi sumber daya perikanan yang besar dan berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan serta perekonomian nasional [1]. Dalam rantai distribusi hasil perikanan, suhu produk harus dijaga tetap rendah agar laju penurunan mutu dapat diperlambat. Penggunaan es sebagai media pendingin masih menjadi metode yang paling banyak digunakan karena relatif mudah diperoleh, murah, dan sesuai untuk penanganan ikan di tempat pelelangan maupun unit usaha skala kecil [2], [3], [4].

Di berbagai tempat pelelangan ikan dan usaha perdagangan ikan, es balok digunakan untuk mempertahankan kesegaran ikan selama penyimpanan sementara, transportasi, dan pemasaran. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan di beberapa tempat pelelangan ikan dan pelaku usaha perikanan di Makassar, Sulawesi Selatan [5], kebutuhan es balok untuk pendinginan ikan dapat mencapai sekitar 40 balok per hari. Kebutuhan tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan es cacahan dalam jumlah yang cukup dan ukuran yang sesuai sangat penting untuk menunjang efektivitas penanganan ikan [6], [7].

Namun, proses pencacahan es balok di lapangan masih menghadapi beberapa kendala. Pada

sebagian lokasi, pencacahan masih dilakukan secara manual dengan memukul es balok. Metode ini memerlukan tenaga kerja yang besar, membutuhkan waktu relatif lama, berisiko menimbulkan cedera kerja, dan menghasilkan ukuran cacahan yang tidak seragam [8], [9] Ukuran cacahan yang tidak merata dapat menurunkan efisiensi pendinginan karena distribusi kontak antara es dan permukaan ikan menjadi tidak optimal [10].

Penggunaan mesin pencacah es balok menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi kerja dan memperbaiki mutu hasil cacahan. Mesin pencacah es dapat mempercepat proses kerja serta menghasilkan ukuran cacahan yang lebih terkontrol dibandingkan metode manual [11]. Meskipun demikian, sebagian mesin yang telah digunakan umumnya hanya menghasilkan satu jenis cacahan, sedangkan kebutuhan penanganan ikan di lapangan tidak selalu sama. Pada kondisi tertentu, pengguna memerlukan cacahan halus untuk mempercepat proses penurunan suhu ikan, sementara pada kondisi lain diperlukan cacahan kasar yang lebih lambat mencair agar efek pendinginan dapat bertahan lebih lama [8], [12], [13].

Ukuran cacahan es berkaitan langsung dengan tujuan penggunaannya, dimana cacahan es berukuran kecil memiliki luas permukaan kontak yang lebih besar sehingga mampu mempercepat perpindahan panas dari tubuh ikan ke media pendingin. Sebaliknya, cacahan es berukuran lebih besar umumnya memiliki laju pencairan yang lebih lambat sehingga sesuai untuk kebutuhan distribusi atau penyimpanan dengan durasi lebih panjang [12], [14]. Dengan demikian, mesin pencacah es balok yang mampu menghasilkan lebih dari satu jenis ukuran cacahan akan lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna di sektor perikanan [5].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan mesin pencacah es balok dengan pendekatan yang berbeda. Didit Sumardiyanto et al. 2025 [15] mengembangkan mesin pencacah es batu dengan posisi mata pisau diagonal yang mampu menghasilkan kapasitas pencacahan sebesar 7,2–7,9 kg/menit. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa modifikasi posisi mata pisau dapat meningkatkan proses pencacahan. Namun, mesin yang dikembangkan masih berfokus pada satu konfigurasi pencacahan dan belum mengakomodasi pengaturan variasi ukuran cacahan sesuai kebutuhan pengguna. Selain itu, dimensi alat yang relatif besar menunjukkan bahwa aspek kepraktisan dan portabilitas masih perlu ditingkatkan.

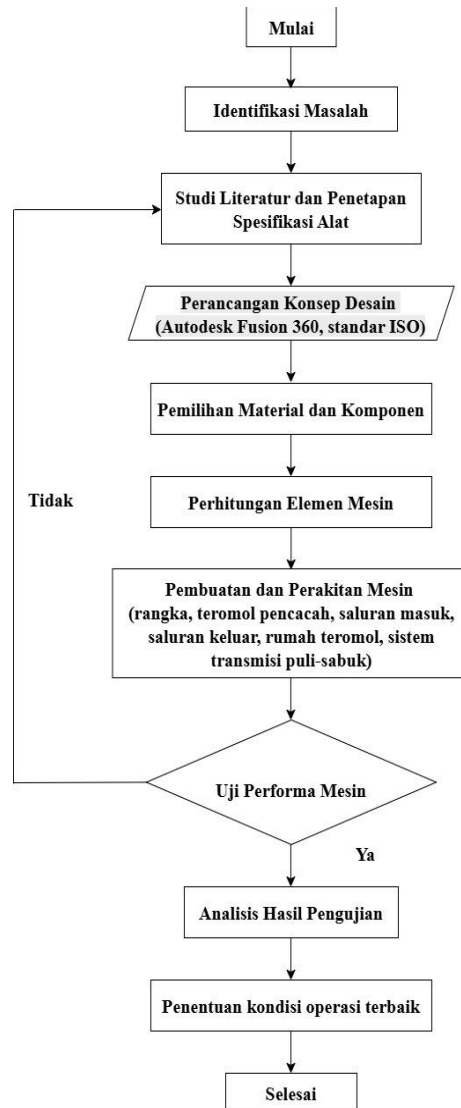
Pada pengembangan yang lebih mutakhir, Setiawan et al. 2025 [16] merancang mesin ice crusher untuk skala usaha kecil dengan kapasitas 1/2 kg es menjadi 6 cup es serut. Mesin tersebut bekerja pada putaran 1200 rpm dengan mekanisme 6 bilah pisau dan mampu menghasilkan tekstur es yang halus dan relatif konsisten. Meskipun demikian, penelitian tersebut lebih ditujukan untuk kebutuhan industri minuman skala kecil, sehingga kapasitas pencacahan, ukuran bahan baku es, dan karakteristik hasil cacahan belum dirancang untuk memenuhi kebutuhan penanganan ikan di lapangan. Dengan demikian, mesin tersebut masih memiliki keterbatasan dari sisi fleksibilitas penggunaan untuk menghasilkan variasi cacahan yang sesuai dengan kebutuhan pendinginan ikan.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian terdahulu tersebut, masih diperlukan pengembangan mesin pencacah es balok yang tidak hanya mampu menghasilkan cacahan dengan kualitas yang lebih seragam, tetapi juga mudah dioperasikan, fleksibel dalam menghasilkan lebih dari satu jenis cacahan, memiliki konstruksi yang lebih sederhana, serta memenuhi aspek ergonomi penggunaan. Oleh karena itu, penelitian yang dilaksanakan mengembangkan desain konstruksi mesin pencacah es balok yang mampu menghasilkan dua jenis cacahan, yaitu halus dan kasar dengan ukuran butiran yang relatif seragam sesuai kebutuhan pelanggan ikan. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengevaluasi kinerja mesin pada range variasi putaran 700–1100 rpm; (2) menentukan putaran optimum untuk menghasilkan cacahan halus berukuran 0,5–2 cm dan cacahan kasar berukuran 5–8 cm; (3) menentukan kapasitas produksi cacahan halus dan kasar; serta (4) mendeskripsikan keunggulan fungsional desain saluran masuk yang dapat diteukuk untuk memudahkan pemasukan es balok ke dalam mesin.

II. METODE PENELITIAN

Rancang bangun mesin pencacah es balok dilaksanakan di Bengkel Mekanik dan Bengkel Las

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Setelah proses fabrikasi selesai, dilakukan pengujian kinerja mesin, dan penyempurnaan konstruksi. Tahapan penelitian meliputi perancangan, pembuatan komponen, perakitan, pengujian kinerja, dan analisis biaya manufaktur.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

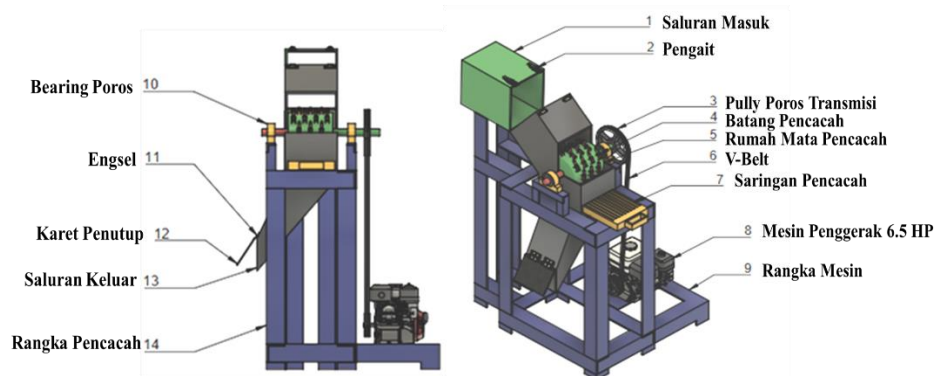
Metode pelaksanaan pengembangan mesin ini terbagi atas beberapa tahapan, secara garis besar pada umumnya meliputi Perancangan (Design & Drawing), Pembuatan komponen (manufacturing process), Proses Assembly, dan Pengujian Mesin. Metode pelaksanaan mengikuti prosedur langkah-langkah proses rancangbangun secara umum sebagai berikut.

1. Perancangan (Design & Drawing) dalam pembuatan rancang bangun digunakan dasar gambar desain mesin, dimana perancangan menggunakan software Autodesk Fusion 360 [17]. Selanjutnya dibuat gambar kerja yang sesuai dengan standar ISO.
2. Proses Manufaktur (Manufacturing Process) Komponen-komponen utama yang dibuat dari rancang bangun ini, yaitu rangka mesin, teromol pencacah, batang-batang pencacah, saluran masuk dan saluran keluar, rumah teromol pencacah, dan sistem transmisi puli-sabuk [18].
3. Proses Assembly pada tahap ini dilakukan perakitan komponen yang telah dibuat termasuk penambahan pengunci saluran masuk pada saat memasukkan es balok.

4. Pengujian kinerja dilakukan menggunakan es balok berukuran 20 × 20 × 50 cm. Parameter pengujian meliputi: (1) putaran mesin, yaitu 700–1100 rpm; (2) jenis cacahan yang dihasilkan, yaitu cacahan halus dan cacahan kasar; (3) ukuran butiran cacahan; (4) waktu pencacahan; dan (5) kapasitas produksi. Untuk pengujian cacahan halus, seluruh batang pencacah dipasang dan saringan halus ditempatkan di bawah teromol pencacah. Untuk pengujian cacahan kasar, sebagian batang pencacah dilepas dan saringan kasar dipasang di bawah teromol pencacah.
5. Menghitung dan menganalisis biaya manufaktur untuk merancang dan membangun suatu mesin pencacah es balok.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan konsep pengembangan konstruksi mesin pencacah es balok ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan hasil fabrikasi mesin ditunjukkan pada Gambar 3. Pengembangan utama pada mesin ini terletak pada mekanisme teromol pencacah, penggunaan saringan untuk menghasilkan dua kategori ukuran cacahan, dan saluran masuk yang dapat ditebuk untuk memudahkan pengumpanan es balok.



Gambar 2. Konsep desain mesin pencacah es balok



Gambar 3. Pengembangan perancangan desain mesin pencacah es balok

A. Perhitungan Puli

Pada perancangan ini digunakan dua puli alur-V, yaitu puli penggerak pada poros motor berdiameter 3 inci dan puli pada poros silinder berdiameter 12 inci. Putaran motor penggerak sebesar 3000 rpm. Massa puli dihitung menggunakan persamaan: $W \text{ puli} = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \cdot \rho$ dengan W puli adalah berat puli (kg), d adalah diameter puli (mm), t adalah tebal puli (mm), dan ρ adalah massa jenis bahan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa massa puli diperoleh 0,31 kg.

B. Perhitungan Daya Motor

Perhitungan daya motor didasarkan pada putaran poros rencana sebesar 750 rpm. Daya motor dihitung menggunakan persamaan: $P = F_{\text{tot}} \cdot V_c$, dimana $F_{\text{tot}} = M_{\text{tot}} \cdot g$, P adalah daya motor (W), F_{tot}

adalah gaya total (N), V_c adalah kecepatan linier poros (m/s), M_{tot} adalah massa total (kg), dan g adalah percepatan gravitasi. Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan daya sebesar 3,03 kW atau sekitar 4 HP. Setelah dikalikan faktor koreksi 1,5 maka daya rencana menjadi 6 HP. Berdasarkan pertimbangan penggunaan dan ketersediaan, digunakan motor bensin 6,5 HP yang tersedia di pasaran.

C. Perhitungan Panjang Sabuk

Pada sistem transmisi digunakan sabuk yang sesuai dengan jenis puli. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa panjang sabuk yang dibutuhkan adalah 1724 mm atau sekitar 68 inci.

D. Perhitungan poros

Bahan poros yang digunakan adalah St 42 dengan tegangan tarik 420 kg/mm². Beban yang bekerja pada poros meliputi beban lentur dan puntir. Hasil perhitungan menunjukkan momen puntir sebesar 112,5 Nm, momen lentur sebesar 104,31 Nm, dan diameter poros minimum 26,35 mm. Untuk meningkatkan faktor keamanan, digunakan poros berdiameter 35 mm.

E. Perhitungan Sambungan Las

Bagian kritis pada perancangan ini adalah batang pencacah es. Elektroda yang digunakan adalah E6013 dengan kekuatan tarik maksimum 414 N/mm². Hasil perhitungan menunjukkan tegangan geser sambungan las sebesar 24,399 N/mm², sehingga nilainya masih berada di bawah kekuatan bahan las. Dengan demikian, sambungan las dinyatakan aman untuk kondisi operasi yang dirancang.

F. Hasil Pengujian

Pengujian kinerja mesin dilakukan pada rentang putaran 700–1100 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk menghasilkan cacahan kasar yang relatif merata, kondisi terbaik diperoleh pada putaran 900 rpm dengan ukuran cacahan rata-rata 5–8 cm. Kondisi ini dicapai dengan memasang saringan kasar di bawah teromol pencacah. Pada pengujian cacahan halus dengan rentang putaran yang sama, hasil terbaik diperoleh pada putaran 1100 rpm dengan ukuran butiran rata-rata 0,5–2 cm. Kondisi tersebut dicapai dengan memasang saringan halus di bawah teromol pencacah. Penentuan kapasitas produksi dilakukan dengan menghitung waktu yang diperlukan untuk mencacah es balok berukuran 20 × 20 × 50 cm per satuan waktu.

Tabel 1. Data Pengujian Mesin Pencacah Es Balok Menggunakan Saringan Kasar

No	Putaran Poros (rpm)	Volume Es Balok	Waktu (detik)	Keterangan Hasil Cacahan
1	700	20 × 20 × 50 cm	38	Sangat kasar, tidak merata
2	900	20 × 20 × 50 cm	30	Kasar merata
3	1100	20 × 20 × 50 cm	29	Sedikit kasar, dominan halus

Tabel 2. Data Pengujian Mesin Pencacah Es Balok Menggunakan Saringan Halus

No	Putaran Poros (rpm)	Volume Es Balok	Waktu (detik)	Keterangan Hasil Cacahan
1	700	20 × 20 × 50 cm	46	Sangat kasar, ukuran cacahan besar, tidak merata
2	900	20 × 20 × 50 cm	43	Ukuran cacahan sedang, namun belum merata
3	1100	20 × 20 × 50 cm	38	Halus merata

F. Pembahasan

Pada pengujian menggunakan saringan kasar, variasi putaran poros menunjukkan perbedaan nyata pada ukuran dan keseragaman hasil cacahan ditunjukkan Tabel 1. Pada putaran 700 rpm, mesin menghasilkan cacahan yang sangat kasar dan tidak merata dengan waktu pencacahan 38 detik. Ketika putaran dinaikkan menjadi 900 rpm, hasil cacahan menjadi kasar dan lebih merata dengan waktu pencacahan 30 detik. Pada putaran 1100 rpm, waktu pencacahan menjadi lebih singkat, yaitu 29 detik, tetapi hasil cacahan cenderung bergeser menjadi sedikit kasar dan dominan halus. Temuan ini

menunjukkan bahwa peningkatan putaran tidak selalu menghasilkan kualitas cacahan kasar yang lebih baik, karena ukuran partikel juga dipengaruhi oleh interaksi antara kecepatan putar dan saringan yang digunakan [9]. Hasil ini sejalan dengan kajian sebelumnya yang menyatakan bahwa variasi putaran mesin berpengaruh terhadap unjuk kerja pencacahan, sedangkan sistem penyaringan berperan dalam mengendalikan distribusi ukuran partikel hasil cacahan [19]. Pada mesin penghancur atau pencacah, ukuran bukan saringan dan parameter operasi juga diketahui memengaruhi distribusi ukuran partikel dan efisiensi proses [20].

Sementara Tabel 2. menunjukkan hasil pengujian menggunakan saringan halus, putaran 700 rpm menghasilkan cacahan yang sangat kasar, berukuran besar, dan tidak merata dengan waktu pencacahan 46 detik. Pada putaran 900 rpm, ukuran cacahan menjadi sedang, tetapi distribusinya masih belum merata, dengan waktu pencacahan 43 detik. Hasil terbaik diperoleh pada putaran 1100 rpm, di mana mesin mampu menghasilkan cacahan halus dan merata dengan waktu pencacahan 38 detik. Kondisi ini menunjukkan bahwa putaran yang lebih tinggi diperlukan agar es yang tertahan di atas saringan mengalami pencacahan berulang hingga lolos sebagai partikel yang lebih kecil. Pola tersebut konsisten dengan laporan penelitian terdahulu pada mesin pencacah es balok yang menunjukkan bahwa putaran 900 rpm lebih sesuai untuk cacahan kasar, sedangkan 1100 rpm lebih efektif untuk menghasilkan cacahan halus yang lebih merata [10].

Dari sudut pandang aplikasinya pada penanganan ikan, hasil ini juga relevan secara praktis. Cacahan es yang lebih kecil (halus) dan merata cenderung memberikan area permukaan yang lebih besar, sehingga proses pendinginan ikan berlangsung lebih cepat [11], [21]. Sebaliknya, es dengan partikel lebih besar (kasar) cenderung mencair lebih lambat sehingga lebih sesuai untuk mempertahankan efek pendinginan selama distribusi yang lebih lama. Prinsip ini sejalan dengan berbagai studi tentang slurry ice atau media pendingin dengan partikel es kecil [22], yang menunjukkan pendinginan lebih cepat, distribusi dingin lebih merata, dan potensi mempertahankan mutu ikan lebih baik dibanding media es konvensional yang partikelnya lebih besar.

IV. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengujian, mesin pencacah es balok yang dikembangkan mampu menghasilkan dua jenis cacahan sesuai tujuan penelitian, yaitu cacahan halus dan cacahan kasar dengan ukuran yang relatif seragam. Kondisi terbaik untuk menghasilkan cacahan halus diperoleh pada putaran 1100 rpm dengan ukuran butiran 0,5–2 cm dan kapasitas produksi sekitar 31,6 liter/menit. Kondisi terbaik untuk menghasilkan cacahan kasar diperoleh pada putaran 900 rpm dengan ukuran butiran 5–8 cm dan kapasitas produksi sekitar 40 liter/menit.
2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi putaran mesin, konfigurasi batang pencacah, dan penggunaan saringan berpengaruh terhadap ukuran cacahan dan kapasitas produksi. Selain itu, pengembangan saluran masuk yang dapat ditekuk memberikan keuntungan operasional karena memudahkan pemasukan es balok ke dalam mesin dan berpotensi mengurangi beban kerja operator.
3. Mesin pencacah es balok yang telah dikembangkan desain konstruksinya tidak hanya mampu memenuhi target teknis berupa dua jenis cacahan dengan ukuran berbeda, tetapi juga memiliki keunggulan fungsional dari aspek kemudahan penggunaan. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap konsumsi energi, tingkat kebisingan, umur pakai komponen pencacah, serta pengaruh penggunaan cacahan halus dan kasar terhadap mutu ikan selama penyimpanan..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] [1] H. Latuconsina, K. Amri, and R. Triyanti, *Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Laut Berkelanjutan*. Penerbit BRIN, 2023, ch. “Peran Penting Pengelolaan Perikanan Laut Berkelanjutan bagi Kelestarian Habitat dan Kemanfaatan Sumber Daya,” doi: 10.55981/brin.908.c751.
- [2] D. Kotadiya and J. Solanki, “Ice crusher machine use in fish-landing centre,” *Journal of*

- Experimental Zoology India*, vol. 25, no. 2, pp. 1435–1437, 2022. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/379308144>
- [3] M. A. Rabbani *et al.*, “Development of a low-cost ice crusher for raw fish storage,” *Journal of Science, Technology and Environment Informatics*, vol. 11, no. 1, pp. 727–735, Mar. 2021, doi: 10.18801/jstei.110121.73.
- [4] R. Yulianto *et al.*, “Inovasi ice crusher machine sebagai upaya efisiensi proses pengawetan bebek di rumah potong unggas Desa Sukonatar,” *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, vol. 4, no. 2, pp. 1549–1558, 2023, doi: 10.46306/jabb.v4i2.
- [5] D. Kurniawan, “Pendugaan stok ikan selar (*Atule mate*) di perairan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan,” *Jurnal Akuatiklestari*, vol. 3, no. 2, pp. 35–42, May 2020, doi: 10.31629/akuatiklestari.v3i2.3035.
- [6] A. Amar and I. F. Nugraha, “Potensi pelelangan ikan di Kabupaten Barru sebagai upaya dalam mendorong pertumbuhan ekonomi maritim,” *Journal of Creative Student Research*, vol. 2, no. 6, pp. 85–105, Dec. 2024, doi: 10.55606/jcsr-politama.v2i6.4581.
- [7] S. Sundara, “Pembuatan mekanisme pengangkat es balok,” Politeknik Negeri Bali, 2023.
- [8] A. Kim, M. Doudkin, A. Ermilov, G. Kustarev, M. Sakimov, and M. Mlynczak, “Analysis of vibroexciters working process of the improved efficiency for ice breaking, construction and road machines,” *Journal of Vibroengineering*, vol. 22, no. 3, pp. 465–485, May 2020, doi: 10.21595/jve.2020.20446.
- [9] A. R. Nuardi, I. Qiram, and A. Muktar, “Pengaruh variasi putaran mesin terhadap unjuk kerja mesin pencacah,” *Journal V-Mac*, vol. 4, no. 1, pp. 10–12, 2019.
- [10] Y. Basongan *et al.*, “Rancang bangun mesin pencacah es balok dengan variasi ukuran cacahan halus dan kasar,” in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, State Polytechnic of Ujung Pandang, 2025, p. 20.
- [11] Q. Rizkyana, T. P. Pramudantoro, and R. Muliawan, “Rancang bangun sistem brine cooling yang dilengkapi liquid suction heat exchanger untuk pembuatan es balok,” in *Proc. 14th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2023, pp. 291–296.
- [12] F. Ahmad, A. Wiranata, J. Nur, and S. Muzakir, “Rancang bangun mesin penyerut es batu,” *Piston: Jurnal Teknologi*, vol. 8, no. 2, pp. 1–5, Dec. 2023, doi: 10.55679/pistonjt.v8i2.43.
- [13] F. Imansyah *et al.*, “Kaji terap mesin penghancur es balok (crusher) untuk pendingin ikan,” *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 6, no. 3, pp. 589–603, 2023, doi: 10.24198/kumawula.v6i3.48571.
- [14] A. Giovanni, W. H. Mitrakusuma, and B. Y. Prasetyo, “Rancang bangun ice block machine dengan kapasitas 12 kg menggunakan calcium chloride sebagai refrigeran sekunder,” in *Proc. 14th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2023, pp. 159–163.
- [15] I. D. Sumardiyanto, I. S. E. Susilowati, and K. S. Septyantoro, “Rancang bangun mesin pencacah es batu dengan posisi mata pisau diagonal,” in *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi (SNARS-TEK)*, 2025, pp. 92–98.
- [16] A. Setiawan *et al.*, “Rancang bangun mesin ice crusher dengan kapasitas es ½ kg menjadi 6 cup,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, 2025.
- [17] N. Syamsir *et al.*, “Analyzing and modelling gripper arm using shape optimization of Fusion 360 and 3D printing of polylactic acid,” in *AIP Conference Proceedings*, Nov. 2022, doi: 10.1063/5.0094739.
- [18] N. Rusdi and M. A. Suyuti, *Perancangan Mesin-Mesin Industri*. Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [19] J. I. Orisaleye *et al.*, “Effect of screen size on particle size distribution and performance of a small-scale design for a combined chopping and milling machine,” *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 7, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.clet.2022.100426.
- [20] H. Rahma and M. Irwansyah, “Rancangan bangun mesin penghancur es balok,” Makassar, 2019.
- [21] V. Dixit, “Review on design and fabrication of can crushing machine,” in *Proc. Conference on Advances on Trends in Engineering Projects*, 2019.