

Pengembangan Alat Vakum Kemasan Hasil Perikanan Dengan Pemanfaatan Limbah Mesin Pendingin Sebagai Bahan Baku

I Made Adi Wirawan^{1,*}, Gede Widayana², I Gede Wiratmaja³, Nyoman Pasek Nugraha⁴, Edi Elisa⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha, Jalan Udayana Nomor 11, Singaraja, Bali Kode Pos 81116, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 3 Agustus 2026

Diterima setelah direvisi 4 September 2026

Disetujui 10 September 2026

Kata kunci:

Pengemasan Vakum

Limbah Mesin Pendingin

Teknologi Tepat Guna

Abstract- This study aims to investigate the process of developing a vakum packaging machine for fishery products using waste from refrigeration units; to determine the feasibility of the developed vakum packaging machine for fishery products; and to assess the practicality of the vakum packaging machine for fishery products based on evaluations by small and large groups. This study employed a research and development (R&D) approach using the 4D development model, which consists of the Define, Design, Develop, and Disseminate stages. The product developed is a vakum packaging device for the fisheries industry that utilizes a waste compressor from a refrigeration unit as a vakum pump and is equipped with supporting components such as a filter, check valve, vakum hose, and a heated sealer. The research data were obtained through validation by product design experts, validation by manufacturing experts, and usability tests conducted on small and large groups. The results of the study indicate that the developed vakum packaging device for seafood achieved a feasibility rating of 86.6% on average based on the assessment by product design experts and 88% based on the assessment by manufacturing experts, thereby falling into the "highly feasible" category. The practicality test results yielded an average percentage of 88.3% for the small group and 89.2% for the large group, placing them in the "highly practical" category. Based on these results, the vacuum packaging device for fishery products that utilizes waste heat from refrigeration systems is deemed highly feasible and highly practical for use as an appropriate technology alternative to support the packaging process of fishery products.

Intisari- Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pengembangan alat vakum kemasan produk perikanan dengan memanfaatkan limbah mesin pendingin, mengetahui tingkat kelayakan alat vakum kemasan produk perikanan yang dikembangkan; dan mengetahui tingkat kepraktisan alat vakum kemasan produk perikanan berdasarkan penilaian kelompok kecil dan kelompok besar. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development) dengan model pengembangan 4D yang terdiri atas tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate. Produk yang dikembangkan berupa alat vacuum kemasan perikanan dengan memanfaatkan kompresor limbah mesin pendingin sebagai pompa vakum serta dilengkapi dengan komponen pendukung berupa filter, check valve, selang vakuum, dan sealer pemanas. Data penelitian diperoleh melalui validasi ahli desain produk, validasi ahli manufaktur, serta uji kepraktisan pada kelompok kecil dan kelompok besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat vakum kemasan perikanan yang dikembangkan memperoleh tingkat kelayakan dengan persentase rata-rata 86,6% berdasarkan penilaian ahli desain produk dan 88% berdasarkan penilaian ahli manufaktur, sehingga termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil uji kepraktisan memperoleh persentase rata-rata 88,3% pada kelompok kecil dan 89,2% pada kelompok besar, sehingga termasuk dalam kategori sangat praktis. Berdasarkan hasil tersebut, alat vakum kemasan perikanan dengan pemanfaatan limbah mesin pendingin dinyatakan sangat layak dan sangat praktis untuk digunakan sebagai alternatif teknologi tepat guna dan mendukung proses pengemasan produk perikanan.

1. Pendahuluan

Hasil perikanan memiliki nilai ekonomi dan gizi yang tinggi, tetapi sifat biologisnya membuat produk cepat menurun mutunya setelah penangkapan atau pengolahan. Kandungan air dan protein yang tinggi mendukung aktivitas mikroorganisme, reaksi enzimatik, perubahan aroma, serta kerusakan tekstur. Kondisi tersebut menuntut proses penanganan yang mampu membatasi kontak produk dengan udara, menjaga kebersihan, dan mempertahankan bentuk kemasan selama

distribusi. Pengemasan bukan sekadar tahap akhir produksi, melainkan bagian dari pengendalian mutu yang memengaruhi penerimaan konsumen dan jangkauan pemasaran. Teknologi vakum seal telah diterapkan untuk membantu peningkatan daya tahan produk olahan ikan dan memperbaiki kerapian kemasan [1]. Introduksi teknologi serupa bagi usaha kuliner juga menunjukkan manfaat berupa kemasan yang lebih rapat, bersih, dan sesuai untuk penyimpanan dingin [2].

Pengemasan vakum bekerja melalui pengeluaran sebagian besar udara dari kantong sebelum bagian mulut kemasan disegel. Pengurangan

* Corresponding Author:

E-mail: adiwirawan46@gmail.com (I Made Adi Wirawan)

oksigen menekan oksidasi dan membatasi pertumbuhan mikroorganisme aerob, meskipun efektivitasnya tetap dipengaruhi jenis produk, suhu, sanitasi, dan bahan kemasan. Pemanfaatan vakum sealer dalam komunitas usaha frozen food dilaporkan membantu peningkatan kualitas packing dan memberi tampilan produk yang lebih seragam [3]. Kajian terhadap ikan asap memperlihatkan bahwa kombinasi vakum dan penyimpanan dingin memberi masa simpan yang lebih baik dibandingkan kemasan tanpa vakum [4]. Ulasan mengenai produk ikan juga menegaskan bahwa vakum packaging dapat membantu mempertahankan mutu, tetapi hasil akhir bergantung terhadap kendali suhu dan kondisi awal bahan [5]. Bukti tersebut menempatkan alat vakum sebagai sarana pendukung, bukan pengganti prinsip higiene dan rantai dingin.

Pelaku usaha perikanan skala kecil belum selalu memiliki akses terhadap mesin vakum komersial. Harga peralatan, kebutuhan perawatan, ketersediaan suku cadang, serta keterampilan operator dapat membatasi penerapan. Sebagian nelayan dan pengolah hasil tangkapan masih memakai kantong plastik biasa, ikatan manual, pengeringan, atau pengasapan sederhana. Cara tersebut mudah dilakukan, namun mutu kemasan sering tidak seragam dan udara masih tertinggal di dalam kantong. Program pemberdayaan masyarakat pesisir menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan pengolahan perlu disertai peralatan yang sesuai dengan kapasitas usaha dan kondisi setempat [6]. Rancangan alat yang terlalu rumit dapat meningkatkan beban operasional, sedangkan alat yang terlalu sederhana berisiko menghasilkan sambungan bocor, sistem listrik kurang aman, atau kevakuman yang tidak stabil.

Sumber komponen alternatif tersedia melalui limbah mesin pendingin rumah tangga. Kompresor kulkas bekas sering tidak digunakan lagi setelah unit mengalami kerusakan, walaupun kompresor tertentu masih mampu menghasilkan tekanan hisap. Pemanfaatan ulang memerlukan pemeriksaan kondisi motor, terminal listrik, saluran hisap, saluran tekan, kebocoran, serta sisa oli. Rancang bangun kompresor udara berbahan komponen mesin pendingin membuktikan bahwa kompresor bekas dapat diberi fungsi baru melalui penyesuaian rangkaian dan perlindungan sistem [7]. Pemanfaatan komponen serupa sebagai alat bantu penggantian oli juga memperlihatkan peluang pengalihan fungsi limbah mesin pendingin menjadi peralatan bengkel yang berguna [8]. Dua kajian tersebut menegaskan potensi teknis kompresor bekas, tetapi tujuan penggunaan, arah aliran, kebersihan saluran, dan risiko operasinya perlu disesuaikan dengan kebutuhan pengemasan pangan.

Sistem pembangkit vakum skala kecil dapat disusun dari pompa, saluran, katup, penutup, serta ruang tertutup. Kinerja sistem sangat dipengaruhi kerapatan sambungan dan kemampuan pompa menurunkan tekanan di dalam ruang atau kantong [9]. Kompresor kulkas yang dialihkan menjadi sumber hisap memerlukan filter untuk mengurangi risiko partikel atau oli terbawa menuju saluran vacuum. Check valve membantu menahan aliran balik, sedangkan selang dan sambungan harus cukup kaku agar tidak mudah mengempis. Sealer pemanas tetap diperlukan karena kevakuman hanya bertahan bila mulut kemasan tertutup rapat. Integrasi komponen tersebut menjadi tantangan utama dalam pengembangan alat murah. Desain juga perlu memperhatikan posisi kerja, akses saklar, stabilitas rangka, perlindungan kabel, serta kemudahan pembersihan.

Kajian terdahulu banyak membahas penggunaan vakum sealer untuk peningkatan mutu kemasan [1]–[5] atau pemanfaatan kompresor bekas untuk fungsi mekanis lain [7], [8]. Kajian yang menghubungkan dua bidang tersebut masih terbatas, khususnya rancangan alat vakum kemasan hasil perikanan yang memanfaatkan kompresor limbah mesin pendingin dan diuji melalui penilaian desain, manufaktur, serta pengalaman pengguna. Kekurangan informasi tersebut penting karena keberhasilan prototipe tidak cukup dinilai dari kemampuan menyedot udara. Produk juga harus memiliki konstruksi aman, mudah dipakai, sesuai dengan kondisi nelayan, dan memungkinkan perawatan sederhana. Penilaian multidimensi diperlukan agar keputusan kelayakan tidak hanya bersumber dari pembuat alat.

Survei kebutuhan di Desa Pengastulan, Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng, menunjukkan bahwa kegiatan pengemasan hasil perikanan masih banyak dilakukan melalui cara sederhana. Nelayan membutuhkan alat yang mudah dipahami, tidak memakan ruang besar, memakai komponen yang tersedia, dan mampu membantu pembentukan kemasan rapat. Situasi tersebut menjadi dasar pengembangan prototipe yang menggabungkan kompresor kulkas 1/8 HP, *filter dryer*, *check valve*, pipa tembaga, selang manifold, penjepit plastik, sealer pemanas manual, rangka besi *hollow*, dan meja kerja. Pilihan tersebut mempertimbangkan

fungsi, biaya, kemudahan perakitan, serta peluang pemanfaatan komponen bekas yang masih layak.

Tujuan penelitian ialah menghasilkan konfigurasi prototipe yang dapat digunakan untuk pengemasan hasil perikanan, mengukur kelayakan desain dan manufaktur, serta menilai kemudahan penggunaan melalui uji lapangan. Kontribusi penelitian mencakup rancangan teknologi tepat guna berbasis pemanfaatan ulang komponen, bukti penilaian ahli, dan bukti penerimaan pengguna. Hasil pengembangan diharapkan membantu kegiatan pengemasan skala kecil sekaligus memberi dasar bagi penyempurnaan teknis, bukan untuk menyatakan peningkatan masa simpan tanpa pengujian mutu pangan.

Integritas kemasan dipengaruhi oleh kualitas bahan plastik, bentuk produk, sisa cairan, garis segel, dan tekanan sisa di dalam kantong. Kantong yang terlihat menempel terhadap produk belum selalu memiliki tingkat vakum yang memadai. Lipatan kecil di area sealer dapat membentuk jalur kebocoran, sedangkan cairan atau minyak dapat mengurangi kekuatan segel. Produk perikanan juga sering memiliki bagian tajam yang dapat merusak kantong. Rancangan alat perlu membantu operator mengatur posisi kemasan, mempertahankan mulut kantong tetap rata, dan menghentikan proses sebelum cairan masuk ke saluran. Aspek tersebut menjelaskan alasan penggunaan meja kerja, penjepit, filter, dan katup satu arah dalam prototipe.

Pemanfaatan limbah kompresor tidak otomatis menghasilkan teknologi ramah lingkungan. Manfaat baru muncul bila komponen bekas lolos pemeriksaan, berumur pakai cukup panjang, tidak menimbulkan bahaya listrik, serta mengurangi kebutuhan komponen baru. Kompresor yang rusak berat dapat meningkatkan konsumsi energi, menghasilkan panas berlebihan, atau mengalami kebocoran oli. Pendekatan pemanfaatan ulang harus memuat seleksi, pembersihan, pengujian, perawatan, dan rencana penghentian penggunaan. Prinsip ini membedakan pemanfaatan ulang yang bertanggung jawab dari penggunaan barang bekas tanpa kendali mutu.

Kelayakan produk teknis perlu dinilai melalui hubungan antara fungsi, keselamatan, kemudahan manufaktur, dan pengalaman pengguna. Skor desain yang tinggi tidak cukup bila sambungan mudah bocor, sedangkan konstruksi kuat tidak cukup bila operator sulit menjangkau sealer. Pengujian ahli memberi penilaian berdasarkan kompetensi teknis, sementara uji pengguna memberi informasi mengenai kenyamanan dan kesesuaian kerja. Kombinasi dua sumber data tersebut memperkuat keputusan pengembangan karena setiap kelompok menilai aspek berbeda. Penelitian ini memakai pendekatan tersebut agar prototipe tidak dinilai hanya dari tampilan akhir.

Posisi penelitian terletak di antara kajian pengemasan hasil perikanan dan kajian pemanfaatan komponen mesin pendingin. Studi vakum packaging memberi dasar mengenai kebutuhan pengurangan oksigen dan penyegelan [1]–[5]. Studi pemanfaatan kompresor memberi dasar mengenai kemungkinan perubahan fungsi komponen [7], [8]. Sistem vakum skala kecil memberi dasar mengenai pentingnya saluran rapat dan pengendalian tekanan [9]. Gabungan dasar tersebut menghasilkan rancangan yang berorientasi terhadap kebutuhan nelayan.

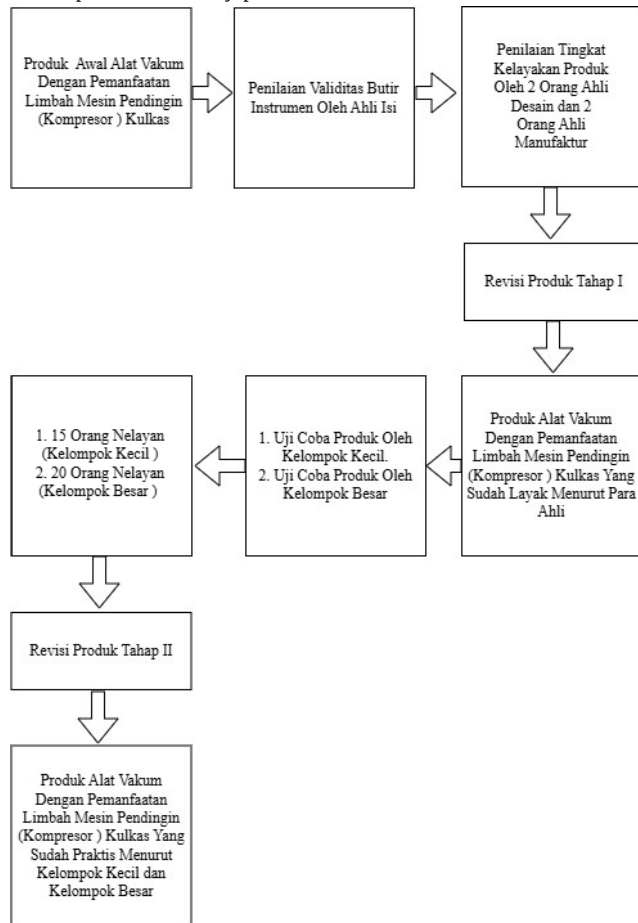
2. Metodologi

2.1 Jenis dan model pengembangan

Penelitian memakai pendekatan Research and Development untuk menghasilkan produk sekaligus memperoleh bukti awal mengenai kelayakan dan kepraktisannya. Pendekatan tersebut sesuai bagi penelitian yang memadukan analisis kebutuhan, perancangan, pembuatan prototipe, evaluasi, dan revisi [10], [11]. Model 4D dipilih karena menyediakan alur *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate* yang mudah diterapkan dalam pengembangan perangkat teknis [12]. Implementasi empiris berfokus hingga tahap *develop*, sedangkan *disseminate* dibatasi dalam bentuk pengenalan alat, demonstrasi penggunaan, dan penyusunan dokumentasi. Pembatasan ini menjaga ruang lingkup penelitian agar penilaian tetap terpusat terhadap kualitas prototipe dan pengalaman pengguna awal.

Tahap *define* memuat survei kebutuhan, identifikasi cara pengemasan, pemetaan keterbatasan alat, dan analisis potensi kompresor bekas. Tahap *design* menghasilkan sketsa, tata letak komponen, alur udara, rangka, meja kerja, penjepit, dan susunan kelistrikan. Tahap *develop* mencakup manufaktur, perakitan, pemeriksaan fungsi, validasi instrumen, penilaian ahli, uji kelompok kecil, uji kelompok besar, serta penyempurnaan.

Kegiatan diseminasi terbatas dilakukan sesudah prototipe memenuhi kriteria penelitian. Alur uji produk terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengembangan, Penilaian Ahli Desain, Manufaktur, Dan Uji Pengguna Kelompok Kecil dan Kelompok Besar.

2.2 Lokasi dan subjek penelitian

Kegiatan kebutuhan pengguna dan uji kepraktisan dilaksanakan di Desa Pengastulan, Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng, Bali. Lokasi dipilih karena masyarakat setempat memiliki aktivitas perikanan dan menggunakan cara pengemasan sederhana. Subjek evaluasi terdiri atas dua validator isi instrumen, dua ahli desain produk, dua ahli manufaktur, 15 nelayan dalam kelompok kecil, dan 20 nelayan dalam kelompok besar. Ahli desain menilai bentuk, susunan komponen, keamanan, estetika, serta ergonomi. Ahli manufaktur menilai konstruksi rangka, kualitas sambungan, kelayakan bahan bekas, kemudahan operasi, serta aspek perawatan. Nelayan menilai kenyamanan, efektivitas kevakuman, keamanan, penggunaan bahan dan energi, kebutuhan waktu dan tenaga, serta kesesuaian alat dengan kegiatan pengemasan.

Pemilihan subjek memakai pertimbangan kompetensi dan keterlibatan langsung. Validator isi memiliki pengalaman dalam penyusunan instrumen, ahli desain memahami perancangan produk, ahli manufaktur memahami proses perakitan, dan nelayan bertindak sebagai calon pengguna. Data dari setiap kelompok tidak diperlakukan sebagai pengukuran yang sama. Penilaian ahli dipakai untuk menguji kewajaran rancangan dan konstruksi, sedangkan penilaian nelayan dipakai untuk menggambarkan kepraktisan. Pembagian tersebut mengurangi risiko kesimpulan yang hanya bergantung terhadap satu sudut pandang.

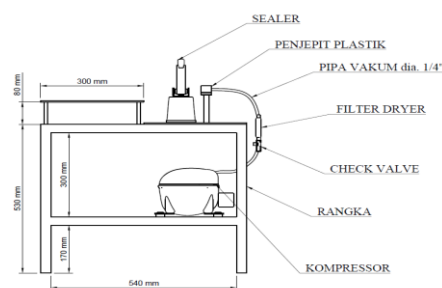
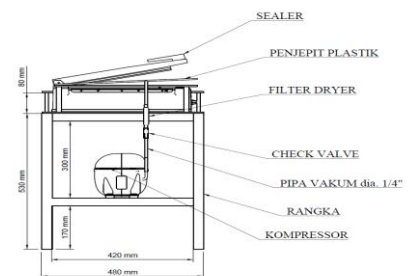
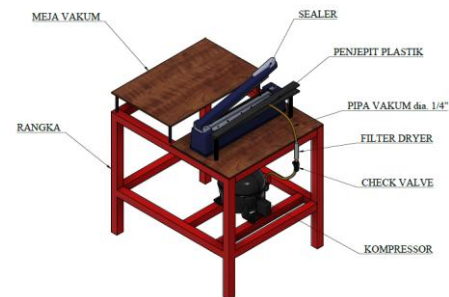
2.3 Perancangan dan prinsip kerja alat

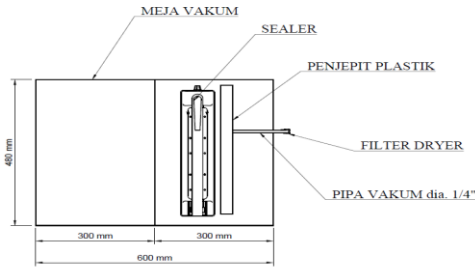
Rancangan prototipe memakai kompresor kulkas satu pintu berdaya 1/8 HP sebagai sumber hisap. Saluran hisap kompresor dihubungkan dengan

filter dryer, *check valve*, pipa tembaga berdiameter 1/4 inci sepanjang sekitar 60 cm, serta selang vakum. Ujung selang ditempatkan di mulut kantong melalui penjepit plastik. Sealer pemanas manual dipasang di atas meja kerja agar proses pengeluaran udara dan penyegelan dapat dilakukan dalam satu area. Komponen ditempatkan di rangka besi hollow untuk menjaga stabilitas. Sketsa isometrik dalam Gambar 2 menunjukkan hubungan kompresor, filter, katup, selang, sealer, penjepit, dan meja vakum.

Prinsip kerja dimulai melalui penempatan produk di dalam kantong yang sesuai. Mulut kantong dijepit dengan menyisakan jalur hisap. Saklar kompresor diaktifkan agar udara bergerak dari kantong menuju selang, melewati *filter dan check valve*, kemudian masuk ke saluran hisap kompresor. Operator mengamati perubahan bentuk kantong serta kerapatan kemasan. Sesudah udara berkurang sesuai kebutuhan, mulut kantong disegel memakai pemanas manual. Kompresor dimatikan dan kantong diperiksa untuk melihat lipatan, kebocoran, serta kestabilan hasil segel. Proses masih bersifat manual sehingga keberhasilan dipengaruhi keterampilan operator, posisi selang, kondisi kantong, dan lama penghisapan.

Karakteristik kompresor mesin pendingin dipahami melalui fungsi asalnya sebagai penggerak sirkulasi refrigeran. Penelitian mengenai peningkatan laju pendinginan dan variasi konfigurasi sistem AC memperlihatkan bahwa performa mesin pendingin berkaitan erat dengan kerja kompresor, kondensor, dan jalur aliran [14], [15]. Pemanfaatan kompresor di luar fungsi asal harus memperhatikan beban kerja, pendinginan motor, kualitas sambungan listrik, serta kebersihan jalur. Penelitian ini tidak mengubah kompresor menjadi peralatan pangan yang bersentuhan langsung dengan produk. Produk tetap berada di dalam kantong, sedangkan saluran alat hanya berhubungan dengan udara dari kemasan.





Gambar 2. Rancangan Isometric, Tampak Depan, Samping, Atas dan Susunan Komponen Alat Vakum.

Tabel 1 Komponen utama dan Fungsi Prototipe

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
Kompresor	Kulkas 1 pintu, 1/8 HP	Sumber hisap
Sealer	Pemanas manual	Menutup mulut kantong
Filter dryer	Tipe saluran pendingin	Menyaring partikel/oli
Check valve	Katup satu arah	Menahan aliran balik
Pipa dan selang	Pipa 1/4 inci; selang manifold	Menyalurkan udara
Penjepit	Besi siku dan karet	Menahan mulut plastik
Rangka dan meja	Besi hollow dan papan	Menopang komponen

Sumber: data penelitian, 2026.

2.4 Instrumen dan pengumpulan data

Data dikumpulkan melalui observasi kebutuhan, wawancara singkat, dokumentasi proses, lembar validasi isi, angket ahli desain, angket ahli manufaktur, dan angket kepraktisan. Penggunaan beberapa teknik membantu peneliti memperoleh data kebutuhan, proses pembuatan, serta penilaian produk. Prinsip penyusunan instrumen mengikuti kesesuaian antara indikator, butir pernyataan, dan tujuan pengukuran [13]. Instrumen desain terdiri atas 12 butir yang memuat aspek desain-konstruksi, keamanan, estetika, dan ergonomi. Instrumen manufaktur terdiri atas sembilan butir yang memuat konstruksi, kualitas bahan, kemudahan operasi, serta kesesuaian prosedur perawatan. Instrumen pengguna terdiri atas 19 butir yang memuat enam aspek kepraktisan.

Setiap butir penilaian memakai skala lima, mulai dari nilai 1 untuk tanggapan terendah hingga nilai 5 untuk tanggapan tertinggi. Validator isi memeriksa relevansi butir sebelum angket digunakan. Ahli memperoleh kesempatan mengamati alat, memeriksa susunan komponen, mencoba fungsi, dan memberi saran. Nelayan memperoleh penjelasan singkat mengenai cara kerja, kemudian menggunakan atau mengamati penggunaan alat sebelum mengisi angket. Uji kelompok kecil bertujuan menemukan kendala awal, sedangkan uji kelompok besar memeriksa kestabilan tanggapan dalam jumlah pengguna yang lebih banyak. Ringkasan subjek dan fokus penilaian tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2 Subjek, Jumlah, dan Fokus Penilaian

Subjek	Jumlah	Fokus penilaian
Validator isi	2	Relevansi instrumen
Ahli desain	2	Desain, keamanan, estetika, ergonomi
Ahli manufaktur	2	Konstruksi, bahan, operasi, perawatan
Kelompok kecil	15	Kepraktisan awal
Kelompok besar	20	Kepraktisan pengguna

Sumber: data penelitian, 2026.

2.5 Teknik analisis data

Validitas isi dianalisis melalui tabulasi silang penilaian dua validator. Koefisien dihitung memakai rasio jumlah butir yang disepakati relevan terhadap jumlah seluruh klasifikasi, sebagaimana persamaan (1). Data kelayakan dan kepraktisan dikonversi menjadi persentase melalui perbandingan skor yang diperoleh terhadap skor maksimum, sebagaimana persamaan (2). Nilai kelompok dihitung melalui rerata persentase subjek, sebagaimana persamaan (3). Keputusan penelitian mengikuti kategori yang digunakan dalam instrumen pengembangan, sedangkan saran terbuka dipakai sebagai bahan penyempurnaan.

$$V = D/(A + B + C + D) \quad (1)$$

$$P = (\Sigma R / (N \times S_{max})) \times 100\% \quad (2)$$

$$P = \Sigma P/n \quad (3)$$

Keterangan simbol meliputi V sebagai koefisien validitas isi; A, B, C, dan D sebagai frekuensi dalam tabulasi silang; P sebagai persentase; ΣR sebagai jumlah skor; N sebagai jumlah butir atau unit penilaian; S_{max} sebagai skor maksimum; serta n sebagai jumlah subjek. Analisis deskriptif dipilih karena penelitian berfokus terhadap pengembangan awal dan penilaian penerimaan, bukan pengujian hubungan sebab-akibat. Hasil kuantitatif ditafsirkan bersama komentar ahli, karakteristik prototipe, serta keterbatasan pengujian.

2.6 Prosedur manufaktur dan uji operasi

Pembuatan alat dimulai melalui seleksi kompresor yang masih dapat hidup dan menghasilkan hisap. Kondisi kabel, terminal, suara, getaran, dan kebocoran diperiksa sebelum kompresor dipasang. Bagian luar dibersihkan agar kotoran tidak berpindah ke area kerja. Rangka besi hollow dipotong sesuai ukuran rancangan, kemudian disambung melalui pengelasan. Permukaan sambungan dirapikan dan rangka diberi lapisan pelindung. Papan meja dipasang sesudah rangka stabil. Urutan tersebut mengurangi risiko komponen listrik terkena panas atau percikan saat proses pengelasan.

Jalur vacuum dirakit melalui sambungan pipa tembaga, *filter dryer*, *check valve*, *manifold*, dan selang. Setiap sambungan diperiksa secara visual dan diuji melalui penghisapan sederhana. Selang dipilih agar tidak mudah mengempis saat tekanan turun. Penempatan *filter* dibuat mudah dijangkau karena komponen tersebut memerlukan inspeksi. Saklar dipasang di area yang dapat dijangkau operator tanpa mendekati bagian bergerak atau terminal terbuka. Sealer manual ditempatkan di permukaan meja dengan ruang yang cukup bagi kantong.

Uji operasi awal dilakukan tanpa produk untuk memeriksa suara, getaran, panas, arah aliran, dan kemungkinan kebocoran. Uji berikutnya memakai kantong kosong, kemudian kantong berisi produk perikanan. Operator mengatur posisi selang, mengaktifkan kompresor, mengamati penyusutan kantong, menutup jalur, dan melakukan penyegelan. Hasil kemasan diperiksa melalui tekanan tangan dan pengamatan perubahan bentuk. Prosedur tersebut belum menghasilkan angka tekanan, tetapi membantu menemukan masalah sambungan, penjepit, dan garis segel sebelum uji pengguna.

Urutan penggunaan disederhanakan menjadi persiapan produk dan kantong, penempatan selang serta penjepit, pengaktifan kompresor, penyegelan, dan pemeriksaan hasil. Gambar 3 menjelaskan urutan tersebut. Penyederhanaan penting agar pengguna memahami batas antara proses vakum dan proses sealing. Kompresor tidak perlu terus hidup sesudah garis segel terbentuk. Operator juga perlu menghentikan penghisapan bila cairan bergerak menuju selang atau kantong mulai terlipat di area pemanas.



Gambar 3. Urutan operasi alat vakum kemasan.

2.7 Kriteria evaluasi dan kendali mutu

Kriteria penerimaan penelitian memakai batas persentase lebih dari 75% untuk kelayakan dan kepraktisan. Batas tersebut berfungsi sebagai keputusan pengembangan, bukan standar keselamatan industri. Produk yang melewati batas masih dapat memiliki kelemahan teknis yang perlu diperbaiki. Persentase dipakai untuk meringkas tanggapan, sedangkan komentar ahli dipakai untuk memahami alasan di balik skor. Keputusan revisi mempertimbangkan dua jenis informasi tersebut.

Kendali mutu prototipe memuat pemeriksaan komponen bekas, kekuatan rangka, sambungan saluran, fungsi katup, kebersihan filter, kondisi kabel, akses saklar, panas sealer, dan hasil garis segel. Setiap elemen memiliki risiko kegagalan yang berbeda. Sambungan bocor menurunkan vakum, filter jenuh mengganggu aliran, kabel terbuka menimbulkan bahaya listrik, dan permukaan meja yang tidak rata menyulitkan penyegelan. Tabel 3 menyajikan hubungan antara elemen, risiko, dan bentuk pemeriksaan.

Evaluasi pengguna dilaksanakan setelah alat dinilai layak oleh ahli. Urutan tersebut mencegah pengguna awal menghadapi prototipe yang belum diperiksa dari sisi desain dan manufaktur. Uji kelompok kecil memberi ruang untuk mengamati kendala, kemudian uji kelompok besar memeriksa konsistensi penerimaan. Hasil dua kelompok dibandingkan melalui persentase dan rerata aspek. Perbedaan kecil ditafsirkan sebagai kestabilan tanggapan, tetapi penelitian tidak memakai uji statistik inferensial.

Tabel 3 Elemen Kendali Mutu Prototipe

Elemen	Risiko	Pemeriksaan
Kompresor	Panas, getaran, isolasi	Uji hidup dan inspeksi
Saluran	Kebocoran	Uji hisap dan sambungan
Filter/katup	Hambatan atau aliran balik	Arah dan kebersihan
Kelistrikan	Kontak terbuka	Terminal dan saklar
Sealer	Segel lemah atau terlalu panas	Garis segel dan waktu
Rangka	Goyang dan korosi	Las, cat, kestabilan

Sumber: rancangan kendali mutu penelitian, 2026.

2.8 Keselamatan, pemeliharaan, dan batas operasi

Keselamatan alat memerlukan pemisahan yang jelas antara bagian listrik, saluran vakum, dan area pengemasan. Terminal kompresor harus tertutup, kabel perlu memiliki isolasi baik, dan sambungan tidak boleh berada di area yang mudah terkena air. Saklar harus memutus aliran secara stabil. Sekering atau miniature circuit breaker dapat ditambahkan untuk membatasi arus ketika terjadi gangguan. Grounding juga diperlukan bila rangka logam berpotensi tersentuh operator. Penilaian ahli memberi gambaran awal, tetapi verifikasi keselamatan listrik memerlukan alat ukur dan prosedur khusus.

Bagian panas berasal dari sealer dan kompresor. Sealer dapat menyebabkan luka bila operator menyentuh elemen pemanas sesudah proses. Kompresor menghasilkan panas selama operasi berulang dan memerlukan ventilasi. Petunjuk penggunaan harus mencantumkan area yang tidak boleh disentuh, durasi kerja yang disarankan, tanda panas berlebih, dan langkah penghentian darurat. Penambahan pelindung fisik tidak boleh menghalangi pendinginan kompresor atau akses perawatan.

Pemeliharaan rutin meliputi pembersihan meja, penjepit, dan sealer; pemeriksaan selang; pengencangan sambungan; inspeksi filter; pemeriksaan kabel; serta pengamatan karat. Selang yang retak atau engeras dapat menyebabkan kebocoran. Filter yang kotor dapat mengurangi aliran. Permukaan sealer yang tertutup sisa plastik dapat menghasilkan garis segel tidak rata. Perawatan sederhana perlu dilakukan sesudah penggunaan, sedangkan pemeriksaan menyeluruh dapat dijadwalkan menurut frekuensi operasi.

Batas operasi harus menyesuaikan karakter prototipe. Produk dengan cairan tinggi memerlukan pengawasan karena cairan dapat bergerak menuju selang. Kantong yang terlalu besar dapat memperpanjang waktu vacuum dan meningkatkan panas kompresor. Produk dengan tulang atau sisi tajam memerlukan pelindung tambahan agar kantong tidak tertusuk.

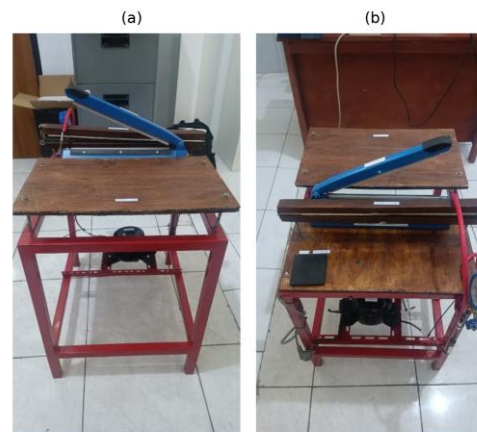
Alat tidak dirancang untuk ruang vakum tertutup bertekanan sangat rendah. Pengguna harus menghentikan alat bila terdengar suara tidak normal, muncul bau terbakar, kabel terasa panas, atau hisap menurun tajam.

Dokumentasi pemeliharaan dapat memakai lembar pemeriksaan sederhana yang memuat tanggal, kondisi kompresor, filter, selang, sealer, kabel, rangka, dan hasil kemasan. Catatan tersebut membantu menemukan penurunan kinerja sebelum alat gagal. Data pemeliharaan juga berguna bagi penelitian berikutnya untuk menghitung umur komponen dan biaya operasi. Prototipe yang dinilai praktis tetap memerlukan disiplin perawatan agar penerimaan pengguna tidak menurun sesudah masa penggunaan awal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil pengembangan prototipe

Proses define menghasilkan kebutuhan utama berupa alat berukuran ringkas, mudah dipindahkan, memakai komponen yang tersedia, dan dapat dioperasikan tanpa sistem kontrol rumit. Kebutuhan tersebut diterjemahkan menjadi konstruksi meja dua tingkat. Tingkat atas dipakai untuk penempatan sealer, penjepit, dan produk, sedangkan tingkat bawah menampung kompresor serta sambungan pendukung. Tata letak tersebut memisahkan area kerja pengemasan dari komponen penggerak. Rangka memakai besi hollow yang dilas, sementara permukaan meja memakai papan yang cukup datar untuk menjaga posisi kantong. Bentuk akhir prototipe terlihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Prototipe Akhir: (a) Tampak Depan; (b) Tampak Atas-Depan.

Komponen yang terpasang meliputi kompresor 1/8 HP, sealer pemanas manual, filter dryer, check valve, manifold atau pressure valve, pipa tembaga 1/4 inci, selang manifold, saklar seri, penjepit plastik, meja kerja, dan rangka. Filter ditempatkan di jalur hisap untuk mengurangi risiko oli atau partikel bergerak menuju kantong. Check valve menahan aliran balik sesudah kompresor berhenti. Penjepit dibuat dari besi siku dan lapisan karet agar mulut kantong tetap berada di posisi yang diinginkan. Rincian fungsi komponen disajikan dalam Tabel 1. Konfigurasi tersebut memperlihatkan bahwa kompresor bekas tidak berdiri sendiri; kualitas alat bergantung terhadap integrasi saluran, katup, penyaring, rangka, dan sealer.

Uji fungsi awal menunjukkan bahwa alat mampu mengurangi udara di dalam kantong hingga kemasan mengikuti bentuk produk. Proses penghisapan membutuhkan pengaturan posisi selang agar jalur tidak tertutup oleh lipatan plastik. Setelah tingkat kerapatan dianggap cukup, sealer menghasilkan garis penutupan yang menahan udara luar. Pemeriksaan visual menunjukkan bahwa kemasan dapat dibuat lebih rapi dibandingkan ikatan manual. Hasil tersebut menjadi dasar pelaksanaan penilaian ahli dan pengguna. Penelitian belum mencatat tekanan akhir, laju aliran, waktu siklus, konsumsi listrik, dan kebocoran terukur sehingga istilah efektif dalam penelitian hanya merujuk terhadap fungsi penghisapan dan tanggapan pengguna, bukan efisiensi teknik yang terukur.

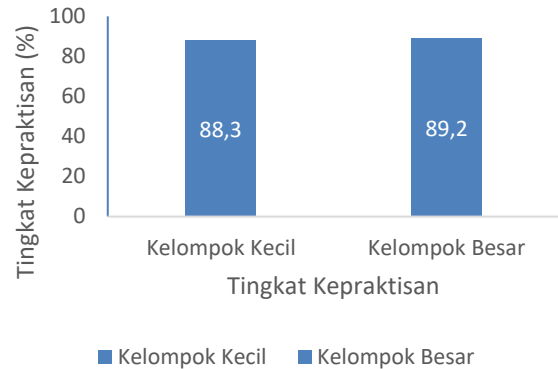
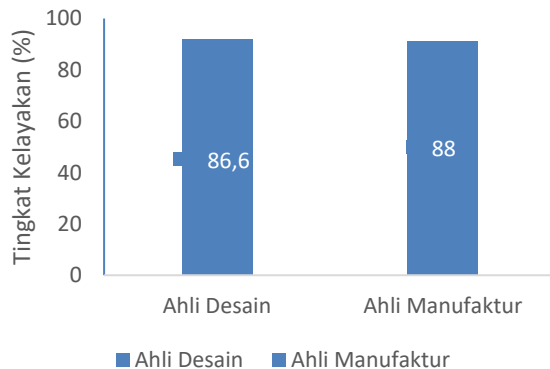
3.2 Validitas instrumen

Pada penelitian ini validasi isi instrumen dilakukan oleh dosen yang terdiri dari 2 orang yang sudah memiliki kompetensi dalam menilai instrumen serta memiliki pengalaman yang relevan. Adapun yang dimaksud sebagai ahli desain produk adalah validator yang memberikan penilaian terkait dengan desain alat vakum kemasan perikanan. Ini terdiri dari 2 orang dosen sebagai validator yang sudah memiliki kompetensi dalam memberikan penilaian. Serta ahli manufaktur dalam penelitian ini adalah validator yang memberikan penilaian pada alat vakum kemasan perikanan yang terdiri dari 2 orang validator yang pertama dari dosen dan kedua guru yang memiliki latar belakang dan kompetensi di bidang teknik mesin/manufaktur dan pengalaman dalam proses pembuatan atau perakitan produk teknologi. Selain itu sasaran uji coba kelompok kecil dan kelompok besar pada penelitian ini yaitu nelayan. Uji coba kelompok kecil terdiri dari 15 orang nelayan uji coba pada kelompok kecil memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan awal alat vakum kemasan perikanan. Nelayan menguji alat lalu memberikan penilaian melalui angket dan memberikan masukan terhadap produk sebagai bahan pertimbangan sebelum uji coba kelompok besar. Adapun jumlah nelayan uji coba pada kelompok besar terdiri dari 25 orang ini tujuannya untuk mengetahui tingkat kepraktisan alat vakum kemasan perikanan setelah produk diuji pada kelompok kecil.

3.3 Kelayakan desain dan manufaktur

Penilaian dua ahli desain yaitu dosen yang memiliki kompetensi dalam penilaian desain serta menghasilkan persentase rata-rata 86,6%, sedangkan penilaian dua ahli yaitu guru yang memiliki keterampilan di bidang manufaktur menghasilkan 88,0%. Keputusan penelitian menempatkan dua hasil tersebut dalam kategori sangat layak. Ringkasan penilaian tercantum dalam Tabel 4 dan divisualisasikan melalui Gambar 5. Nilai desain menunjukkan bahwa bentuk alat, penempatan komponen, keamanan dasar, tampilan, dan ergonomi telah diterima. Nilai manufaktur menunjukkan bahwa rangka, sambungan, bahan, sistem kontrol, dan kemudahan operasi memenuhi kebutuhan prototipe. Selisih 1,4 poin persentase menunjukkan bahwa penilai manufaktur memberi penerimaan sedikit lebih tinggi daripada penilai desain.

Sumber: data penelitian, 2026.



Gambar 5. Perbandingan Hasil Penilaian Ahli dan Pengguna.

Butir desain memperlihatkan perhatian ahli desain dan manufaktur terhadap kerapian tata letak, kekuatan pemasangan, keamanan kelistrikan, estetika, perbedaan visual, dan kesesuaian ukuran dengan postur pengguna. Catatan revisi mengarah terhadap ketelitian butir instrumen, bukan perubahan besar terhadap konstruksi. Hal tersebut mendukung keputusan bahwa prototipe dapat diteruskan menuju uji pengguna. Walaupun skor tinggi, nilai 86,6% belum menunjukkan desain optimum. Posisi sealer, ketinggian meja, akses saklar, perlindungan kabel, dan kemudahan pembersihan masih dapat diuji melalui pengukuran ergonomi serta observasi waktu kerja.

Penilaian manufaktur memberi skor kuat terhadap kekokohan rangka, titik las, pemasangan komponen, dan kemudahan kontrol. Aspek bahan tahan korosi memperoleh perhatian karena alat digunakan di lingkungan pesisir yang lembap dan mengandung garam. Rangka besi yang tidak diberi perlindungan permukaan berisiko mengalami karat, sehingga pengecatan, pelapisan, dan inspeksi berkala tetap diperlukan. Kompresor bekas juga perlu menjalani pemeriksaan isolasi listrik, suara, getaran, suhu kerja, dan kebocoran. Kajian pemanfaatan kompresor bekas untuk kompresor udara serta alat bantu penggantian oli menegaskan bahwa fungsi baru dapat dicapai melalui rekayasa rangkaian [7], [8]. Penelitian ini menambahkan konteks pengemasan, tetapi tuntutan kebersihannya lebih tinggi.

Konstruksi sistem vacuum skala kecil menurut Marzouk et al. memerlukan perhatian terhadap kerapian saluran, instrumen, dan prosedur demonstrasi [9]. Prototipe yang dikembangkan sudah memakai filter serta katup satu arah, namun belum dilengkapi vacuum gauge digital. Ketidadaan alat ukur membatasi pembuktian performa. Dua kemasan yang terlihat rapat belum tentu memiliki tekanan sisa yang sama. Penambahan gauge, sensor tekanan, timer, dan pengaman termal akan memperkuat penilaian teknis. Pengembangan tersebut harus disertai kalibrasi agar angka tekanan tidak hanya menjadi aksesori.

3.4 Kepraktisan menurut pengguna

Uji kelompok kecil yang melibatkan 15 nelayan menghasilkan kepraktisan 88,3%. Uji kelompok besar yang melibatkan 20 nelayan menghasilkan 89,2%. Keputusan penelitian menempatkan dua nilai dalam kategori sangat praktis. Kenaikan 0,9 poin persentase menunjukkan tanggapan yang relatif stabil ketika jumlah pengguna bertambah. Hasil tersebut mendukung kesesuaian rancangan dengan kebutuhan awal di Desa Pengastulan. Pengguna menilai pegangan, posisi tombol, kenyamanan kerja, kemampuan mengeluarkan udara, keamanan, efisiensi energi secara perseptual, kebutuhan tenaga, kecepatan pengemasan, mutu tampilan, serta kemudahan operasi.

Analisis berdasarkan aspek menunjukkan bahwa kelompok kecil memberi nilai tertinggi terhadap kesesuaian kebutuhan sebesar 89,33%, sedangkan kelompok besar memberi nilai tertinggi terhadap keamanan serta bahan dan energi sebesar 90,00%. Nilai terendah kelompok kecil muncul dalam efektivitas kevakuman serta waktu dan tenaga, masing-masing 87,33%. Nilai terendah kelompok besar muncul dalam efektivitas kevakuman sebesar 88,00% dan kesesuaian kebutuhan sebesar 88,67%. Seluruh aspek tetap berada di atas 87%, sebagaimana terlihat dalam Tabel 5 dan Gambar 6. Variasi kecil tersebut menunjukkan bahwa alat diterima,

tetapi kecepatan penghisapan dan konsistensi hasil masih menjadi area yang layak diperbaiki.

Tanggapan tinggi terhadap kenyamanan berkaitan dengan penempatan komponen kerja di atas meja dan pengoperasian melalui saklar sederhana. Tanggapan keamanan yang baik menunjukkan bahwa pengguna tidak merasakan risiko langsung selama uji. Kesimpulan ini harus dibatasi karena angket tidak menggantikan pengujian keselamatan listrik. Pemeriksaan kebocoran arus, grounding, perlindungan terminal, sekring, pelindung bagian panas, serta uji suhu kompresor belum dilaporkan. Pengguna dapat menilai alat nyaman, tetapi bahaya tersembunyi hanya dapat ditemukan melalui pengujian teknik. Penilaian praktis tetap penting karena alat yang aman secara laboratorium belum tentu diterima bila sulit dioperasikan.

Sumber: angket uji pengguna, 2026.

Hasil kepraktisan sejalan dengan kegiatan penerapan vakum seal di sentra olahan ikan dan usaha kuliner yang menekankan kemudahan penggunaan serta perbaikan tampilan kemasan [1], [2]. Penerapan vakum sealer bagi komunitas frozen food juga menunjukkan bahwa alat sederhana dapat membantu standardisasi packing [3]. Kesamaan utama terletak dalam kebutuhan operator terhadap alat yang cepat dipahami. Perbedaan penelitian ini muncul dari sumber vakum yang memakai kompresor bekas dan konstruksi meja rakitan. Perbedaan tersebut memberi keuntungan berupa pemanfaatan komponen, tetapi juga menambah tuntutan inspeksi serta perawatan.

Program pemberdayaan pesisir menempatkan keterampilan pengolahan sebagai bagian dari peningkatan nilai ekonomi [6]. Prototipe dapat mendukung arah tersebut melalui kemasan yang lebih rapi dan memungkinkan produk disiapkan untuk penyimpanan dingin. Klaim peningkatan pendapatan belum dapat dibuat karena penelitian tidak mengukur harga jual, volume produksi, pengurangan kerusakan, atau penerimaan konsumen. Manfaat ekonomi masih berupa potensi yang perlu diuji melalui perbandingan biaya investasi, biaya listrik, biaya perawatan, waktu kerja, dan nilai produk.

3.5 Makna temuan bagi mutu hasil perikanan

Kemampuan alat mengurangi udara dan menyegel kantong menyediakan kondisi awal yang diperlukan untuk vakum packaging. Penelitian Maryati et al. menunjukkan bahwa vakum yang dipadukan dengan penyimpanan dingin memengaruhi masa simpan ikan asap [4]. Rachmawati juga menjelaskan peran vakum packaging dalam menjaga mutu produk ikan [5]. Temuan tersebut mendukung relevansi fungsi alat, tetapi tidak boleh dipakai sebagai bukti langsung bahwa prototipe menghasilkan masa simpan tertentu. Jenis ikan, kadar air, proses pengolahan, kebersihan, suhu, bahan plastik, dan tingkat vakum dapat menghasilkan respons yang berbeda.

Prototipe belum diuji melalui total plate count, pH, kadar air, oksidasi lemak, warna, tekstur, aroma, atau penerimaan sensoris selama penyimpanan. Hasil penelitian terbatas terhadap pengembangan alat dan penilaian pengguna. Kesimpulan yang aman ialah alat mampu membantu pembentukan kemasan lebih rapat serta diterima oleh ahli dan pengguna. Pengaruh terhadap keamanan pangan dan masa simpan harus dibuktikan melalui eksperimen terkontrol. Penelitian lanjutan dapat membandingkan kemasan tanpa vakum dan kemasan vakum dalam suhu ruang, dingin, serta beku, kemudian menentukan batas mutu dan risiko mikrobiologis.

Kebersihan jalur vakum juga perlu ditingkatkan. Produk basah dapat menarik cairan menuju selang dan filter, kemudian menimbulkan kontaminasi atau kerusakan kompresor. Penggunaan perangkat cairan transparan, filter yang mudah dilepas, selang food-grade, dan prosedur sanitasi akan mengurangi risiko. Operator perlu menjaga area sealer bebas dari minyak, air, dan sisa produk agar garis segel tidak gagal. Pengembangan standard operating procedure diperlukan untuk pengoperasian, pembersihan, inspeksi listrik, penggantian filter, serta penyimpanan alat.

3.6 Analisis subsistem dan interaksi komponen

Kompresor menjadi sumber energi utama bagi proses penghisapan. Kapasitas 1/8 HP dipilih karena tersedia dari kulkas satu pintu dan cukup ringkas untuk ditempatkan di bawah meja. Kapasitas kecil memberi keuntungan berupa ukuran dan kebutuhan daya yang relatif rendah, tetapi laju pengeluaran udara dapat lebih lambat dibandingkan pompa vakum khusus. Suhu kompresor dapat meningkat saat digunakan berulang. Jeda

operasi dan ventilasi di sekitar kompresor diperlukan agar panas tidak terperangkap. Penambahan pelindung harus tetap menyisakan aliran udara.

Filter dryer dan check valve membentuk perlindungan dasar bagi jalur vakum. Filter menahan partikel serta sebagian uap atau oli, sedangkan check valve mengurangi aliran balik sesudah motor berhenti. Susunan ini penting karena kompresor kulkas memiliki oli pelumas di dalam rumah kompresor. Arah pemasangan filter dan katup harus benar. Pemeriksaan flare diperlukan karena filter yang jenuh dapat meningkatkan hambatan aliran. Perangkat cairan terpisah masih dibutuhkan bila alat dipakai untuk produk basah.

Pipa tembaga dan selang manifold memengaruhi kehilangan tekanan. Diameter terlalu kecil atau jalur terlalu panjang dapat memperlambat penghisapan. Sambungan yang tidak rapat menghasilkan udara masuk terus-menerus dan membuat kantong sulit mengerut. Penggunaan pipa 1/4 inci sepanjang sekitar 60 cm memberi jalur yang ringkas, tetapi kualitas flare, brazing, atau klem tetap menentukan. Uji kebocoran memakai larutan sabun atau alat ukur vakum dapat ditambahkan dalam pengembangan berikutnya.

Penjepit plastik membantu mempertahankan jalur hisap dan meratakan mulut kantong. Lapisan karet mengurangi risiko kantong bergeser, namun tekanan penjepit harus cukup tanpa merusak plastik. Posisi selang perlu diatur agar tidak tertutup oleh produk atau lipatan. Penggunaan *nozzle* datar dapat memperbaiki aliran di mulut kantong. *Nozzle* yang mudah dilepas juga memudahkan pembersihan. Desain penjepit menjadi bagian penting karena kegagalan sering berasal dari posisi kemasan, bukan dari kompresor.

Sealer pemanas menentukan ketahanan akhir kemasan. Waktu pemanasan yang terlalu singkat menghasilkan sambungan lemah, sedangkan waktu terlalu lama dapat melelehkan plastik. Ketebalan dan jenis bahan kantong memengaruhi pengaturan. Penelitian memakai sealer manual sehingga operator mengendalikan waktu tekan. Penambahan pengatur suhu atau timer dapat meningkatkan konsistensi. Area sealer juga perlu dilindungi agar tangan tidak menyentuh bagian panas.

Rangka dan meja menghubungkan seluruh subsistem. Rangka yang kokoh mengurangi getaran, sementara meja datar membantu penyegelan. Lingkungan pesisir menimbulkan risiko korosi, sehingga lapisan cat dan pemeriksaan karat menjadi bagian perawatan. Penempatan kompresor di tingkat bawah menurunkan pusat massa, tetapi terminal listrik perlu ditutup. Interaksi komponen menjelaskan alasan skor manufaktur tidak boleh ditafsirkan hanya sebagai kualitas las. Kinerja akhir berasal dari hubungan mekanis, aliran udara, listrik, dan tindakan operator.

3.7 Kaitan perbandingan dengan penelitian terdahulu

Penelitian Annisa et al. berfokus terhadap penerapan vakum seal untuk meningkatkan daya tahan produk olahan ikan [1]. Ariyana et al. menekankan introduksi teknologi pengemasan bagi pelaku kuliner [2], sedangkan Hamdan et al. menilai manfaat vakum sealer bagi kualitas packing frozen food [3]. Tiga penelitian tersebut memakai alat vakum sebagai teknologi yang diterapkan. Penelitian ini berbeda karena alat dikembangkan dari kompresor bekas dan dinilai sejak aspek desain hingga pengalaman pengguna.

Kajian Maryati et al. menghubungkan jenis kemasan dan penyimpanan dingin dengan masa simpan ikan asap [4]. Rachmawati membahas pengaruh vakum packaging terhadap produk ikan [5]. Dua sumber tersebut memberi dukungan teoritis mengenai manfaat pengurangan udara. Penelitian ini belum menguji masa simpan sehingga kontribusinya berada di sisi perangkat. Hubungan antara kualitas alat dan kualitas pangan masih memerlukan eksperimen berikutnya.

Sutrisno memanfaatkan limbah mesin pendingin untuk kompresor udara [7], sementara Wiratmaja, Arta, dan Zalukhu mengembangkan alat bantu penggantian oli [8]. Kesamaan terletak dalam perubahan fungsi kompresor bekas. Perbedaan utama berkaitan dengan arah kerja sebagai sumber hisap, kebutuhan jalur bersih, dan kedekatan alat dengan produk pangan. Persyaratan kebersihan membuat filter, perangkat cairan, dan prosedur sanitasi memiliki peran lebih besar.

Marzouk et al. membangun sistem vakum skala kecil untuk tujuan edukasi [9]. Kajian tersebut menunjukkan nilai sistem sederhana untuk memperlihatkan karakteristik vakum. Penelitian ini menggeser tujuan dari demonstrasi menuju bantuan pengemasan. Perubahan tujuan menambah kebutuhan ergonomi, kecepatan kerja, keamanan sealer, dan ketahanan

terhadap lingkungan pesisir. Tabel 7 merangkum perbandingan fokus serta posisi hasil pengembangan.

Tabel 4 Perbandingan fokus penelitian terdahulu dan pengembangan ini

Rujukan	Fokus	Perbedaan utama
Annisa et al. [1]	Penerapan vakum seal ikan	Memakai alat siap guna
Ariyana et al. [2]	Introduksi pengemasan	Berorientasi pelatihan
Hamdan et al. [3]	Packing frozen food	Berorientasi UMKM
Maryati et al. [4]	Masa simpan ikan asap	Menguji mutu penyimpanan
Sutrisno [7]	Kompresor udara bekas	Fungsi tekan
Wiratmaja et al. [8]	Alat penggantian oli	Fungsi bengkel
Marzouk et al. [9]	Sistem vakum edukasi	Fungsi demonstrasi
Penelitian ini	Alat vakum perikanan	Fungsi hisap, validasi, uji pengguna

Sumber: sintesis penelitian, 2026.

Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa prototipe menggabungkan tiga unsur: manfaat vakum packaging, pemanfaatan kompresor bekas, dan evaluasi pengguna. Gabungan itu menjadi nilai tambah penelitian, tetapi tidak menggantikan pengujian performa. Penelitian pengembangan sering menghasilkan penerimaan tinggi karena pengguna menilai kemudahan awal. Pengujian berulang dalam kegiatan produksi diperlukan untuk melihat apakah penerimaan tetap bertahan sesudah alat mengalami panas, getaran, kotoran, dan perawatan.

3.8 Implikasi teknologi tepat guna dan pemanfaatan limbah

Teknologi tepat guna perlu sesuai dengan kebutuhan, kemampuan operator, ketersediaan bahan, biaya perawatan, dan kondisi lingkungan. Prototipe memenuhi sebagian kriteria tersebut melalui komponen yang mudah dikenali dan kontrol sederhana. Bentuk meja membuat proses dapat dilakukan tanpa memegang kompresor atau saluran secara langsung. Pengguna juga tidak memerlukan pengaturan elektronik rumit. Kesesuaian tersebut menjelaskan nilai kepraktisan yang tinggi.

Pemanfaatan kompresor bekas memberi peluang pengurangan limbah dan biaya komponen. Manfaat lingkungan tetap harus dinilai melalui umur pakai dan konsumsi energi. Kompresor yang tidak efisien dapat mengurangi keuntungan pemanfaatan ulang. Seleksi komponen perlu memakai kriteria suara, getaran, suhu, isolasi, kebocoran, dan kemampuan hisap. Komponen yang gagal memenuhi kriteria harus dikelola sebagai limbah elektronik, bukan dipaksakan menjadi alat.

Implikasi sosial berkaitan dengan peningkatan kemampuan nelayan mengelola kemasan. Alat dapat menjadi media pelatihan mengenai vakum, penyegelan, kebersihan, dan perawatan sederhana. Pelatihan perlu menyampaikan batas fungsi alat. Vakum tidak membuat produk aman bila bahan awal tercemar atau rantai dingin terputus. Informasi tersebut mencegah pengguna menganggap kemasan rapat sebagai jaminan mutu.

Implikasi ekonomi belum dapat dihitung, tetapi rancangan membuka ruang produksi lokal melalui bengkel atau laboratorium pendidikan. Pembuatan lokal memungkinkan perbaikan dan modifikasi sesuai kebutuhan. Model kerja sama dapat melibatkan program studi teknik mesin, kelompok nelayan, dan pelaku usaha pengolahan. Validasi biaya, ketersediaan komponen, serta tanggung jawab keselamatan harus disusun sebelum alat diperbanyak.

3.9 Implikasi operasional dan pendidikan teknik

Prototipe memiliki nilai operasional sebagai alat bantu pengemasan dan nilai pendidikan sebagai media pembelajaran sistem vakum. Mahasiswa dapat mempelajari fungsi kompresor, arah aliran, katup satu arah, filter, sambungan pipa, rangka, kelistrikan, dan proses sealing melalui perangkat nyata. Pembelajaran dapat menghubungkan teori mesin pendingin dengan penerapan baru yang berbeda dari fungsi asal. Kegiatan tersebut juga melatih kemampuan membaca gambar, memilih bahan, melakukan

pengelasan, merakit saluran, memeriksa kebocoran, dan menilai keselamatan.

Kegiatan pendidikan harus menghindari anggapan bahwa modifikasi selalu berhasil. Mahasiswa perlu membandingkan kebutuhan desain dengan kondisi komponen bekas. Kompresor yang hidup belum tentu layak, sambungan yang terlihat rapi belum tentu rapat, dan kemasan yang mengerut belum tentu memiliki tekanan stabil. Proses evaluasi dapat memakai lembar pemeriksaan, vakum gauge, clamp meter, termometer, stopwatch, dan uji kebocoran. Pendekatan tersebut mendorong keputusan berbasis data.

Bagi kelompok nelayan, pelatihan dapat difokuskan terhadap persiapan kantong, penempatan selang, pengendalian cairan, waktu sealing, pembersihan, dan deteksi gangguan. Bahasa petunjuk perlu sederhana dan dilengkapi gambar. Demonstrasi singkat dapat diikuti latihan mandiri serta pemeriksaan hasil. Pengguna juga perlu memahami bahwa produk tetap memerlukan penanganan dingin. Kemasan vacuum tidak menggantikan kebersihan tangan, kualitas air, sanitasi meja, atau penyimpanan sesuai suhu.

Penerapan dalam kegiatan produksi memerlukan pembagian tanggung jawab. Operator menjalankan dan membersihkan alat, sedangkan orang yang memahami teknik melakukan pemeriksaan listrik dan kompresor. Komponen pengganti seperti selang, filter, karet penjepit, dan elemen sealer perlu tersedia. Sistem dukungan tersebut menentukan keberlanjutan pemakaian. Tanpa perawatan dan suku cadang, alat yang diterima saat uji awal dapat berhenti digunakan ketika mengalami gangguan kecil.

Model pengembangan dapat direplikasi untuk kebutuhan lain setelah fungsi dan risiko dianalisis kembali. Bahan pangan kering, produk beku, dan hasil olahan memiliki kebutuhan berbeda. Perubahan ukuran kantong, kadar cairan, ketebalan plastik, dan volume produksi memerlukan penyesuaian kapasitas. Replikasi tidak cukup melalui penyalinan rangka; pengembang perlu menghitung kebutuhan hisap, waktu siklus, kemampuan sealer, dan beban kerja operator.

3.10 Keterbatasan dan arah pengembangan

Keterbatasan utama berasal dari operasi manual, kompresor 1/8 HP, ketiadaan pengukuran tekanan digital, dan penilaian yang berpusat terhadap persepsi. Sampel pengguna berasal dari satu desa sehingga hasil belum menggambarkan seluruh nelayan atau pengolah ikan. Penelitian juga tidak membandingkan alat dengan vacuum sealer komersial. Tidak tersedia data biaya pembuatan aktual, konsumsi energi, tingkat kebisingan, waktu siklus, daya tahan sambungan, dan umur kompresor. Keterbatasan tersebut tidak menghapus manfaat prototipe, tetapi membatasi cakupan kesimpulan.

Pengembangan berikutnya dapat memakai kompresor dengan kapasitas yang sesuai, menambah vakum gauge, timer, relay, pengaman termal, sekering, grounding, perangkat cairan, serta rumah pelindung. Rangka perlu memakai bahan atau lapisan yang tahan korosi. Uji teknik dapat memuat tekanan akhir, laju evakuasi, kebocoran, suhu motor, konsumsi listrik, waktu pengemasan, dan uji ketahanan berulang. Uji mutu pangan dapat mengukur perubahan mikrobiologi, kimia, fisik, dan sensoris. Uji ekonomi dapat membandingkan biaya alat rakitan dengan mesin komersial. Rangkaian evaluasi tersebut akan mengubah prototipe awal menjadi produk yang memiliki dasar kinerja lebih kuat.

Skor kepraktisan dapat dipengaruhi efek kebaruan karena pengguna berinteraksi dengan alat yang belum biasa mereka gunakan. Pengamatan jangka pendek belum menunjukkan beban perawatan atau penurunan kinerja. Uji pemakaian selama beberapa minggu diperlukan untuk mencatat gangguan, frekuensi pembersihan, kebutuhan penggantian filter, dan stabilitas hasil segel. Catatan operasi akan memberi bukti yang lebih kuat daripada angket sesaat.

Klasifikasi sangat layak dan sangat praktis mengikuti keputusan penelitian. Interpretasi tersebut perlu disertai angka persentase agar pembaca dapat menilai hasil tanpa hanya bergantung terhadap label. Pengembangan berikutnya juga perlu menjaga konsistensi antara batas kategori, perhitungan skor, dan istilah keputusan. Pelaporan yang transparan akan memperkuat keterlacakan hasil serta memudahkan replikasi..

4. Simpulan

Pengembangan menghasilkan alat vakum kemasan hasil perikanan yang memakai kompresor kulkas bekas 1/8 HP, filter dryer, check valve, selang vacuum, sealer manual, penjepit, meja kerja, dan rangka besi. Proses memakai model 4D dengan pelaksanaan utama hingga tahap develop serta diseminasi terbatas. Kelayakan mencapai 86,6% menurut ahli desain dan 88,0% menurut ahli manufaktur, sedangkan kepraktisan mencapai 88,3% dalam kelompok kecil dan 89,2% dalam kelompok besar. Nilai tersebut menunjukkan penerimaan yang tinggi sebagai teknologi tepat guna untuk kegiatan pengemasan skala kecil. Kesimpulan tidak mencakup peningkatan masa simpan atau keamanan pangan karena tekanan vakum, mutu mikrobiologis, penggunaan energi, waktu siklus, dan ketahanan alat belum diuji. Pengembangan berikutnya perlu menguatkan keselamatan listrik, ketahanan korosi, pengukuran tekanan, kontrol cairan, serta pengujian mutu produk.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha, para ahli yang memberikan penilaian, serta nelayan Desa Pengastulan yang terlibat dalam uji pengguna.

Referensi

- [1] Annisa, A. Daman, W. Hendrowati, A. Kurniawan, and S. Latifah, "Penerapan Teknologi Vacuum Seal untuk Meningkatkan Daya Tahan Produk Olahan Ikan di Sentra Ikan Bulak," vol. 5, 2021, doi: 10.12962/j26139960.v5i3.31.
- [2] M. D. Ariyana et al., "Introduksi Teknologi Pengemasan Vacuum sebagai Upaya untuk Meningkatkan Masa Simpan Produk di Kawasan Wisata Kuliner Sate Kelurahan Rembiga," Alamtana: Jurnal Pengabdian Masyarakat UNW Mataram, vol. 5, no. 3, pp. 146–156, 2024, doi: 10.51673/jaltn.v5i3.2328.
- [3] A. Hamdan, H. Suswanto, A. R. Taufani, A. I. Syah, and R. D. Pratama, "Pemanfaatan Teknologi Vacuum Sealer Sebagai Peningkatan Kualitas Packing Produk Frozen Food Pada Komunitas UMKM Shingkara," vol. 6, no. 1, 2023.
- [4] M. Maryati, M. F. K. Rumatoras, and R. R. Sriwijaya, "Effect of Vacuum and Non-Vacuum Packaging Combined with Cold Storage on the Shelf Life of Smoked Komo Mackerel (*Euthynnus affinis*)," Nekton, vol. 5, no. 2, pp. 142–155, 2025, doi: 10.47767/nekton.v5i2.1040.
- [5] T. Rachmawati, "Effect of Vacuum Packaging on Fish Products," Bulletin of Culinary Art and Hospitality, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.17977/um069v3i12023p1-4.
- [6] M. Yusuf, H. Sa'diyah, S. Husni, M. Nursan, A. F. Utama, and N. M. N. Z. Widiyanti, "Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Pesisir Melalui Peningkatan Keterampilan Pengolahan Hasil Perikanan di Desa Labuan Lombok, Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur," Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA, vol. 5, no. 1, pp. 251–256, 2022, doi: 10.29303/jpmipi.v5i1.1435.
- [7] Sutrisno, "Rancang Bangun Kompresor Udara dengan Pemanfaatan Limbah Mesin Pendingin sebagai Bahan Baku," 2023.
- [8] G. Wiratmaja, E. A. J. Arta, and W. Zalukhu, "Rancang Bangun Pemanfaatan Limbah Mesin Pendingin Sebagai Alat Bantu Proses Penggantian Oli Pada Kendaraan Bermotor," Jurnal INOVATOR, vol. 7, no. 1, pp. 30–35, 2024, doi: 10.37338/inovator.v7i1.303.
- [9] O. A. Marzouk et al., "Construction of a Small-Scale Vacuum Generation System and Using It as an Educational Device to Demonstrate Features of the Vacuum," vol. 1, no. 2, pp. 1–11, 2018, doi: 10.11114/ijce.v1i2.3554.
- [10] M. Waruwu, "Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan," Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.
- [11] Fayrus, S. Abadi, and M. Pd., Model Penelitian Pengembangan (R n D), 2022.
- [12] M. S. Dewy, M. Isnaini, Y. Simamora, A. I. Silitinga, and E. Astrid, "Implementasi Model 4D Dalam Pengembangan Buku Digital Mata Kuliah Elektronika Dasar," Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi Dalam Pendidikan, vol. 10, no. 2, p. 97, 2023, doi: 10.24114/jtikp.v10i2.54009.
- [13] M. Makbul, Metode Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian, 2021.
- [14] G. Wiratmaja, K. R. Dantes, and E. A. J. Artha, "Peningkatan Laju Pendinginan Ruangan Dengan Media Pendingin Kombinasi Udara Dan Air Disisi Kondensor Pada Mesin Pendingin Tipe Split Air Conditioning," Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, vol. 9, no. 1, pp. 50–58, 2021, doi: 10.23887/jptm.v9i1.33220.
- [15] G. Wiratmaja, G. Widayana, and E. Elisa, "Analisis Pengaruh Variasi Jarak Katup Ekspansi Dengan Kondensor Terhadap Laju Pendinginan Ruangan Dan COP Mesin Pengkondisian Udara Tipe Split Air Conditioning," Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, vol. 10, no. 1, pp. 75–85, 2022, doi: 10.23887/jptm.v10i1.45806.