

Perancangan Prototipe Mesin Semprot Hama Pertanian Dengan Bahan Baku Limbah Kompresor Kulkas 1/8 PK

I Made Jiyestha Guna Birawan^{1, *}, I Gede Wiratmaja², Gede Widayana³, Edi Elisa⁴, Edy Agus Juny Artha⁵

^{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 14 Agustus 2026

Diterima setelah direvisi 5 September 2026

Disetujui 10 September 2026

Kata kunci:

Alat Semprot Hama Pertanian

Limbah Mesin Pendingin

Teknologi Tepat Guna

Abstract- This study aims to develop a prototype of an agricultural pest sprayer based on waste from a 1/8 PK refrigeration compressor, to determine the product's feasibility based on expert evaluations, and to assess the device's practicality based on the results of pilot tests conducted with small and large groups of farmers. The method used in this study was Research and Development (R&D) using the 4D development model, which includes the Define, Design, Develop, and Disseminate stages. The resulting product is a portable agricultural pest sprayer that utilizes the system uses waste gas from a refrigerator compressor as its primary pressure source and is equipped with a pesticide tank, a motorcycle battery, an inverter, hoses, wands, and nozzles, as well as a support frame, making it easy to use in agricultural fields. Data collection involved validation by product design experts and manufacturing experts, as well as practicality tests involving farmers. In small and large groups. The research results show that the prototype of the agricultural pest sprayer achieved a feasibility rating of 98,57% based on the assessment by product design experts and 92,30% based on the assessment by manufacturing experts, thus falling into the "highly feasible" category. Meanwhile, the results of the practicality test showed an average percentage of 83,06% in the small group and 84,73% in the large group, which fall into the "highly practical" category. Based on these results, the prototype of an agricultural pest sprayer utilizing waste from a 1/8 PK refrigerator compressor was deemed highly feasible and highly practical for use in the spraying process, with time efficiency operations, as well as supporting the more valuable use of refrigeration equipment waste.

Intisari- Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe alat semprot hama pertanian berbasis limbah kompresor mesin pendingin dengan kapasitas 1/8 PK, mengetahui tingkat kelayakan produk berdasarkan penilaian para ahli, serta mengetahui tingkat kepraktisan alat berdasarkan hasil uji coba pada kelompok kecil dan kelompok besar ke petani. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D yang meliputi tahap *Define, Design, Develop, dan Disseminate*. Produk yang dihasilkan berupa alat semprot hama pertanian yang portabel yang memanfaatkan limbah kompresor kulkas sebagai sumber tekanan utama, dilengkapi dengan tangki pestisida, aki motor, inverter, selang, stik dan *nozzel*, dan rangka penyangga sehingga mudah digunakan di lahan pertanian. Pengumpulan data dilakukan melalui validasi oleh ahli desain produk, ahli manufaktur, serta uji kepraktisan yang melibatkan petani dalam kelompok kecil dan kelompok besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe alat semprot hama pertanian memperoleh tingkat kelayakan sebesar 98,57% berdasarkan penilaian ahli desain produk dan 92,30% berdasarkan penilaian ahli manufaktur, sehingga termasuk dalam kategori sangat layak. Sementara itu, hasil uji kepraktisan menunjukkan persentase rata-rata 83,06% pada kelompok kecil dan pada kelompok besar dengan rata-rata persentase 84,73%, yang termasuk dalam kategori sangat praktis. Berdasarkan hasil tersebut, prototipe alat semprot hama pertanian dengan memanfaatkan limbah kompresor kulkas 1/8 PK dinyatakan sangat layak dan sangat praktis untuk digunakan dalam proses penyemprotan, efisiensi waktu kerja, serta mendukung pemanfaatan limbah mesin pendingin secara lebih bernilai guna.

1. Pendahuluan

Sektor pertanian memiliki peranan penting dalam ketahanan pangan namun para petani mengalami masalah utama yaitu hama, untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan pengendalian serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dan menjaga produktivitas panen. Namun,

sebagian besar petani masih menghadapi kendala operasional penggunaan hand sprayer manual membutuhkan tenaga fisik besar dan menghasilkan tekanan yang tidak stabil, sedangkan alat penyemprot bermesin pabrikan membutuhkan biaya investasi, bahan bakar, dan perawatan yang mahal. Oleh karena itu, diperlukan inovasi alat semprot yang efektif, praktis, bertekanan stabil, serta ekonomis bagi petani [1].

* Corresponding Author:

E-mail: jiyestha@student.undiksha.ac.id (I Made Jiyestha Guna Birawan)

Berdasarkan survey yang dilakukan di Desa Bulian, Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali diperoleh data bahwa di daerah ini masyarakat yang berprofesi sebagai petani bertani di perkebunan buah naga. Dari hasil wawancara didapatkan penggunaan alat semprot hama menjadi salah satu alat bantu yang memiliki peranan penting untuk menyemprotkan pestisida secara merata baik yang manual atau yang modern. Beberapa petani yang sebelumnya menggunakan alat semprot yang manual sudah beralih ke alat semprot hama yang menggunakan mesin bensin mini 2 langkah dari alat semprot yang manual. Namun alat semprot ini memiliki kelebihan dan kekurangannya dimana kelebihan alat ini tekanannya fluidanya tinggi pada saat proses penyemprotan dan kekurangan alat ini jika tangki bensinnya terkena air atau cairan pestisida, maka mesin tidak akan hidup karena bahan bakar tercemar dengan pestisida yang bersifat korosif, sehingga dapat mengganggu proses pembakaran, merusak karburator, dan menurunkan kinerja mesin secara keseluruhan selain itu harga dari alat semprot ini memiliki harga yang relatif mahal.

Salah satu solusi potensial adalah dengan memanfaatkan limbah mesin pendingin kompresor [2] [3]. Dengan menggunakan jenis kompresor kulkas bekas yang masih berfungsi baik sebagai sumber tekanan udara [10]. Alat ini bekerja dengan mengonversi daya aki motor DC (12V) melalui inverter untuk menjalankan kompresor AC, yang kemudian menyuplai udara bertekanan ke dalam tangki guna mendorong cairan pestisida keluar secara merata melalui nozzle. Meskipun pengembangan alat semprot elektrik telah banyak dilakukan [4], studi khusus mengenai pengaplikasian limbah kompresor kulkas sebagai pemompa pada sprayer pertanian masih sangat terbatas [5].

Adapun prinsip kerja alat semprot berbasis kompresor kulkas bekas ini mengandalkan kemampuan kompresor untuk menyuplai udara bertekanan ke dalam tangki penampung atau saluran cairan. Tekanan yang dihasilkan akan mendorong cairan pestisida keluar melalui selang menuju nozzle hingga menjadi butiran halus yang merata. Sistem kelistrikan menghubungkan komponen utama, antara lain kompresor kulkas bekas sebagai sumber tekanan, aki motor DC (12V) sebagai penyimpan energi portabel, inverter untuk mengonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) sesuai daya kerja kompresor [6], check valve, tangki cairan, selang penyalur, serta ujung nozzle semprot.

Proses pemanfaatan limbah kompresor dilakukan secara bertanggung jawab melalui pembersihan, pengujian kebocoran, penggantian pelumas, serta pemasangan katup pengaman. Kelayakan dan kepraktisan alat selanjutnya diuji melalui validasi ahli desain dan manufaktur serta uji coba pengoperasian langsung oleh petani. Melalui pendekatan ini, penelitian memberikan kontribusi nyata dalam menghadirkan teknologi tepat guna daur ulang yang ekonomis, praktis, dan dapat meningkatkan efisiensi penyemprotan di lahan pertanian.

2. Metodologi

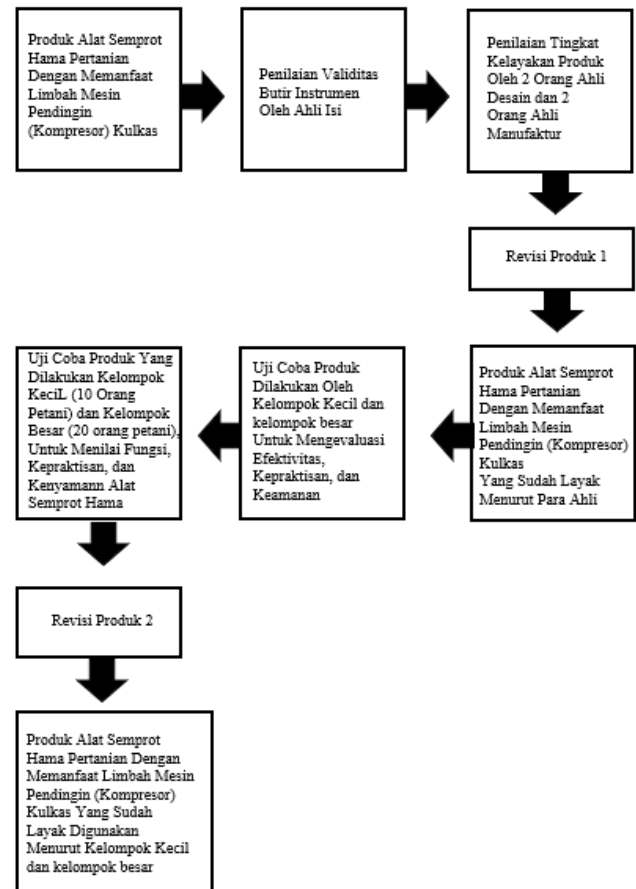
2.1 Jenis dan Model Pengembangan

Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development (R&D)* yang tidak hanya memiliki tujuan untuk menghasilkan suatu produk, tetapi juga memperoleh bukti awal mengenai tingkat kelayakan dan kepraktisan produk yang dikembangkan. Selain itu metode ini mampu mengintegrasikan proses identifikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan prototipe, evaluasi, serta penyempurnaan produk secara sistematis [7], [8]. Penggunaan model pengembangan 4D memiliki tahapan yang terstruktur, yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*, sehingga sesuai untuk pengembangan produk atau perangkat teknis [9].

Pengembangan penelitian ini difokuskan sampai tahap *develop*, sedangkan tahap *disseminate* hanya dilakukan dalam bentuk pengenalan produk, demonstrasi cara penggunaan, dan penyusunan dokumentasi. Pembatasan tersebut dilakukan agar penelitian lebih terarah pada evaluasi mutu prototipe serta penilaian pengguna pada tahap awal.

Tahap *define* diawali dengan analisis kebutuhan melalui survei, identifikasi permasalahan di lapangan terkait penyemprotan, evaluasi keterbatasan alat yang telah ada, serta kajian terhadap potensi pemanfaatan kompresor kulkas bekas sebagai komponen utama. Selanjutnya, tahap *design* meliputi penyusunan rancangan produk berupa sketsa, penempatan komponen, instalasi kelistrikan dan selang udara. Pada tahap *develop*, dilakukan proses pembuatan dan perakitan prototipe, pengujian fungsi, validasi instrumen penelitian, penilaian oleh para ahli, uji coba kelompok

kecil dan kelompok besar, serta perbaikan produk berdasarkan hasil evaluasi. Adapun tahap *disseminate* dilaksanakan secara terbatas setelah prototipe dinyatakan memenuhi kriteria yang telah ditetapkan dalam penelitian. Rangkaian proses pengujian produk disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengembangan, Penilaian Ahli, dan Uji Pengguna.

2.2 Lokasi dan Subjek penelitian

Kegiatan analisis kebutuhan pengguna serta pengujian kepraktisan dilaksanakan di Desa Bulian, Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. Lokasi tersebut dipilih karena sebagian masyarakatnya berprofesi sebagai petani buah naga. Subjek yang terlibat dalam penelitian meliputi dua validator instrumen, dua ahli desain produk, dua ahli manufaktur, 10 petani sebagai peserta uji coba kelompok kecil, serta 20 petani sebagai peserta uji coba kelompok besar. Ahli desain produk memberikan penilaian terkait dengan aspek desain, tata letak komponen, keamanan, estetika, dan ergonomi alat. Sementara itu, ahli manufaktur menilai kualitas konstruksi rangka, kekuatan sambungan, kesesuaian penggunaan bahan daur ulang, kemudahan pengoperasian, serta kemudahan dalam perawatan. Penilaian dari nelayan difokuskan pada tingkat kenyamanan penggunaan, efektifitas semprotan, keamanan saat pengoperasian, serta kesesuaian kebutuhan petani.

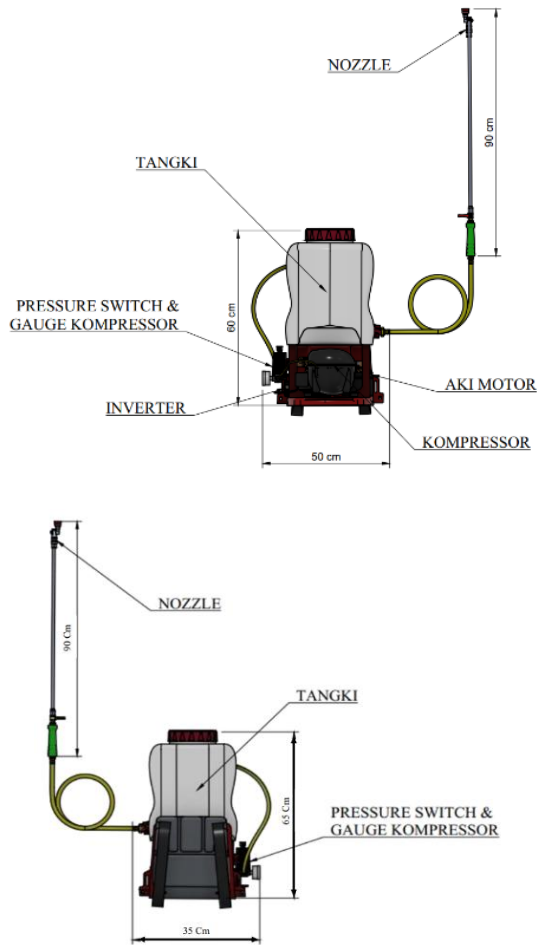
Pemilihan responden dilakukan berdasarkan kompetensi dan keterlibatan masing-masing terhadap produk yang dikembangkan. Validator instrumen dipilih karena memiliki keahlian dalam penyusunan dan validasi instrumen penelitian, sedangkan ahli desain dan ahli manufaktur dipilih sesuai dengan bidang keahlian mereka dalam perancangan produk serta proses manufaktur. Petani dipilih sebagai calon pengguna utama sehingga mampu memberikan penilaian terkait aspek kepraktisan alat. Data yang diperoleh dari setiap kelompok responden dianalisis sesuai dengan tujuan evaluasinya. Penilaian para ahli digunakan

untuk menilai kelayakan desain dan konstruksi produk, sedangkan hasil penilaian petani untuk mengetahui tingkat kepraktisan penggunaan alat.

2.3 Perancangan dan prinsip kerja alat

Rancangan prototipe memakai kompresor kulkas satu pintu berdaya 1/8 PK sebagai sumber penghasil tekanan udara. Saluran tekanan kompresor dihubungkan dengan check valve dengan selang yang memiliki panjang sekitar 80 cm, selang ke 2 dari check valve dihubungkan ke pressure switch dan ujung selang yang terhubung ke check valve dan pressure switch ditambaha klem. untuk instalasi listrik dimulai dari aki dihubungkan ke inverter, kabel dari kompresor dihubungkan ke inverter. pada rangka menggunkan besi hollow untuk menjaga stabilitas. Sketsa tampak depan dalam Gambar 2 menunjuk instalasi komponen alat semprot pertanian.

Prinsip kerja dimulai dari aki motor dengan arus dc dihubungkan ke inverter untuk mengubah arus menjadi ac, kabel dari kompresor dihubungkan ke inverter. Pipa tekanan udara kompresor dihubungkan dengan selang ke check valve yang sudah terpasang di tangki.



Gambar 2. Rancangan Tampak Depan dan Belakang Susunan Komponen Alat Semprot Pertanian.

Tabel 1. Komponen Utama dan Fungsi Prototipe

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
Kompresor	Kulkas 1 pintu, 1/8 PK	Sumber Tekanan
Aki motor	12 Volt, 10 ah	Sumber Listrik
Filter	Hasil Modifikasi	Menyaring uap air/debu
Check valve	Katup satu arah	Menahan aliran balik
Selang	Selang Diameter 8 mm	Menyalurkan udara

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
Stik dan nozzle	Standar	Menyalurkan dan meratakan semprotan
Sefty valve		Menjaga tekanan tidak berlebih
Rangka	Besi hollow	Menopang komponen

Sumber: data penelitian, 2026.

2.4 Instrumen dan pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa teknik, yaitu observasi untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna, wawancara singkat, dokumentasi selama proses pengembangan, lembar validasi isi instrumen, angket penilaian ahli desain, angket penilaian ahli manufaktur, serta angket kepraktisan yang diberikan kepada pengguna. Penerapan berbagai teknik tersebut bertujuan memperoleh informasi yang tepat mengenai kebutuhan pengguna, tahapan pengembangan produk, dan hasil evaluasi terhadap alat yang dikembangkan. Rangkuman mengenai subjek penelitian beserta fokus penilaiannya disajikan pada 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	10	Kepraktisan awal
Kelompok besar	20	Kepraktisan pengguna

Sumber: data penelitian, 2026.

Pada penelitian ini validasi isi instrumen dilakukan oleh dosen Universitas Pendidikan Ganesha 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 semprot hama pertanian. Ini terdiri dari 2 orang dosen Universitas Pendidikan Ganesha sebagai validator yang sudah memiliki kompetensi dalam memberikan penilaian. Serta ahli manufaktur dalam penelitian ini adalah validator yang memberikan penilaian pada alat semprot hama pertanian yang terdiri dari 2 orang validator yang pertama dari dosen Universitas Pendidikan Ganesha dan kedua guru dari SM 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 petani buah naga. Uji coba kelompok kecil terdiri dari 10 orang petani uji coba pada kelompok kecil memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan awal alat semprot hama pertanian. Petani menguji alat lalu memberikan penilaian melalui angket dan memberikan masukan terhadap produk sebagai bahan pertimbangan sebelum uji coba kelompok besar. Adapun jumlah petani uji coba pada kelompok besar terdiri dari 20 orang ini tujuannya untuk mengetahui tingkat kepraktisan alat semprot hama pertanian setelah produk diuji pada kelompok kecil. Petani menggunakan alat secara langsung, kemudian memberikan penilaian melalui angket berdasarkan aspek yang telah ditentukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil pengembangan prototipe

Hasil pengembangan berupa prototipe alat semprot hama pertanian menggunakan limbah kompresor kulkas sebagai sumber tekanan. Alat dirancang dalam bentuk gendong dengan tangki berkapasitas 15 liter sehingga mudah dibawa dan digunakan pada lahan pertanian. Kompresor berfungsi menghasilkan tekanan untuk mendorong cairan dari tangki menuju nozzle sehingga menghasilkan semprotan.

Komponen utama yang digunakan meliputi tangki, kompresor kulkas, aki motor, inverter, selang, pressure switch, nozzle, dan rangka. Seluruh

komponen disusun secara terpadu agar alat dapat berfungsi dengan baik serta mudah dioperasikan. Hasil uji fungsi menunjukkan bahwa prototipe mampu mengalirkan cairan dari tangki dan menghasilkan semprotan melalui *nozzle* gambar akhir prototipe terlihat dalam gambar 4.



Gambar 4. Prototipe Akhir: (a) Tampak Depan; (b) Tampak Samping; (c) Tampak Belakang.

3.2 Validitas instrumen

Validasi isi instrumen dilakukan sebelum instrumen kelayakan dan kepraktisan digunakan pada alat semprot hama pertanian validasi ini digunakan untuk menyesuaikan dan memperjelas indikator dengan pernyataan agar instrumen lebih mudah dipahami oleh ahli maupun petani.

Adapun hasil validasi menunjukkan koefisien 0,928 yang termasuk kategori validitas isi sangat tinggi.

Nilai validitas tersebut menunjukkan kesesuaian isi instrumen berdasarkan penilaian validator, bukan membuktikan bahwa alat telah aman atau efektif secara teknis. Keandalan hasil juga dipengaruhi jumlah validator, petunjuk pengisian, dan konsistensi penggunaan skala. Oleh karena itu, validitas instrumen perlu dibedakan dari validitas teknis prototipe alat semprot.

3.3 Kelayakan desain produk dan manufaktur

a. Ahli desain produk

Tabel 3. Instrumen ahli desain produk

No	Indikator ringkas	Rata-rata
1	Struktur yang jelas mudah dipahami	4,5
2	Komponen utama disusun rapi	4,5
3	Keterpaduan komponen dan kinerja alat	5
4	Kemudahan perakitan dan perawatan bila direalisasikan	5
5	Desain memiliki keamanan pada kelistrikan	5
6	Tata letak komponen aman dari air	5
7	Desain tidak memiliki bagian yang tajam	5
8	Desain dirancang memperhatikan aspek keselamatan	5
9	Desain terlihat menarik	5
10	Visual alat semprot dikenali alat modern	5
11	Fungsi setiap komponden mudah dipahami	5
12	Kenyamanan pengguna	5
13	Sitem kontrol mudah dijangkau	5
14	Bagain selang tidak mengganggu pengguna	5
Total Rata-rata Nilai		69

Sumber: data penelitian, 2026.

Berdasarkan data yang diperoleh maka tahap berikutnya melakukan perhitungan persentase untuk mengetahui kreteria dari uji ahli desain.

$$P = \frac{\sum (\text{Nilai Angket})}{n \times \text{Bobot Tinggi}} \times 100\% \quad (1)$$

$$P = \frac{69}{14 \times 5} \times 100\%$$

$$P = \frac{6900}{70}$$

$$P = 98,57\%$$

Pada hasil perhitungan tingkat kelayakan ahli desain prototipe mesin semprot hama pertanian dengan bahan baku limbah kompresor kulkas 1/8 PK dinyatakan masuk dalam katagori sangat layak oleh ahli manufaktur dengan tingkat kelayakan mencapai 98,57%

b. Ahli manufaktur

Tabel 4. Instrumen Ahli Manufaktur

No	Indikator ringkas	Rata-rata
1	Rangka kuat dan stabil	5
2	Sambungan tidak bocor	4
3	Kontruksi mudah dirakit dan dirawat	4,5
4	Komponen utama mendukung fungsi alat	5
5	Keseimbangan dan kenyamanan saat digunakan	4
6	Ketahanan tangki	5
7	Komponen bekas layak dan aman digunakan	4,5
8	Sambungan las dan baut kuat	5
9	Kualitas bahan	4,5

No	Indikator ringkas	Rata-rata
10	Alat mudah dioperasikan	5
11	Pembuangan dan pengisian sederhana	5
12	Tuas pada stik mudah dioperasikan	4
13	Mudah perawatan	4,5
Total Rata-rata Nilai		60

Sumber: data penelitian, 2026.

Berdasarkan data yang diperoleh maka tahap berikutnya melakukan perhitungan persentase untuk mengetahui kriteria dari uji ahli manufaktur.

$$P = \frac{\sum (\text{Nilai Angket})}{n \times \text{Bobot Tinggi}} \times 100\%$$

$$P = \frac{60}{13 \times 5} \times 100\%$$

$$P = \frac{6000}{65}$$

$$P = 92,30\%$$

Pada hasil perhitungan tingkat kelayakan produk prototipe mesin semprot hama pertanian dengan bahan baku limbah kompresor kulkas 1/8 PK dinyatakan masuk dalam katagori sangat layak oleh ahli manufaktur dengan tingkat kelayakan mencapai 92,30%

c. Uji coba kelompok kecil

Tabel 5. Instrumen Kelompok Kecil

No	Indikator ringkas	KecilRata-rata
1	Nyaman digunakan	3
2	Kebisingan alat	4,6
3	Nyaman digunakan di lahan sempit	3,6
4	Mudah dihidupkan	4,8
5	Semprotan merata	3,7
6	Tekanan semprotan	3,5
7	Mampet pada bagian <i>nozzel</i>	4,6
8	Semprotan stabil	3,8
9	Kebocoran	4,9
10	Paparan panas	4,5
11	Komponen dipasang kuat	5
12	Kebocoran arus listrik	3,6
13	Penampilan alat	4,9
14	Cocok digunakan di kebun atau sawah	4,7
15	Medan lahan	4,5
Total rata-rata		63,7

Sumber: data penelitian, 2026.

Berdasarkan data yang diperoleh maka tahap berikutnya melakukan perhitungan persentase untuk mengetahui kriteria hasil dari uji kelompok kecil.

Perhitungan kelompok kecil.

$$P = \frac{\sum (\text{Nilai Angket})}{n \times \text{Bobot Tinggi}} \times 100\%$$

$$P = \frac{62,3}{15 \times 5} \times 100\%$$

$$P = \frac{6230}{75}$$

$$P = 83,06\%$$

d. Uji kelompok besar

Tabel 6. Instrumen Kelompok Besar

No	Indikator ringkas	BesarRata-rata
1	Nyaman digunakan	3
2	Kebisingan alat	3
3	Nyaman digunakan di lahan sempit	4
4	Mudah dihidupkan	4,8
5	Semprotan merata	4,2
6	Tekanan semprotan	3,6
7	Mampet pada bagian <i>nozzel</i>	4
8	Semprotan stabil	4
9	Kebocoran	4,8
10	Paparan panas	4,7
11	Komponen dipasang kuat	4,7
12	Kebocoran arus listrik	4,6
13	Penampilan alat	4,9
14	Cocok digunakan di kebun atau persawahan	4,7
15	Medan lahan	4,4
Total rata-rata		63,1

Sumber: data penelitian, 2026.

Berdasarkan data yang diperoleh maka tahap berikutnya melakukan perhitungan persentase untuk mengetahui kriteria hasil dari uji kelompok besar.

Perhitungan kelompok besar.

$$P = \frac{\sum (\text{Nilai Angket})}{n \times \text{Bobot Tinggi}} \times 100\%$$

$$P = \frac{63,55}{15 \times 5} \times 100\%$$

$$P = \frac{6355}{75}$$

$$P = 84,73\%$$

Pada hasil perhitungan tingkat kepraktisan produk prototipe mesin semprot hama pertanian dengan bahan baku limbah kompresor kulkas 1/8 PK dinyatakan masuk dalam katagori sangat praktis oleh kelompok kecil dengan tingkat kelayakan mencapai 83,06% dan kelompok besar 84,73%.

3.3 Keterbatasan pengembangan

Pada penelitian alat semprot hama pertanian yang dikembangkan belum bisa dikatakan sempurna masih banyak memiliki kekurangan terkait dengan pengujian belum mencakup ketahanan alat dalam jangka panjang. Keamanan kelistrikan juga belum diuji secara khusus melalui pengujian kebocoran arus dan grounding. Selain itu, pengujian masih dilakukan pada kondisi lahan dan tanaman yang terbatas sehingga belum mewakili seluruh kondisi pertanian. Efektivitas alat dalam mengendalikan hama secara langsung juga belum diukur. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melakukan pengujian kinerja, keamanan, efisiensi energi, serta efektivitas penyemprotan secara lebih menyeluruh.

3.4 Implikasi teknologi tepat guna dan pemanfaatan limbah

Teknologi tepat guna pada alat semprot hama pertanian perlu disesuaikan dengan kebutuhan petani, kemudahan pengoperasian, ketersediaan komponen, biaya perawatan, dan kondisi lahan. Prototipe memenuhi sebagian kriteria tersebut melalui penggunaan komponen yang mudah diperoleh dan sistem pengoperasian sederhana selain itu alat semprot dengan bentuk gendong juga mendukung pengguna saat melakukan penyemprotan di lahan.

Dengan memanfaatkan limbah kompresor kulkas bekas dapat mengurangi limbah elektronik. Namun, sebelum digunakan kompresor perlu diperiksa kondisinya berdasarkan kemampuan tekanan, suara, getaran, suhu. Kompresor yang tidak memenuhi kriteria sebaiknya tidak dipaksakan untuk digunakan dan perlu dikelola sebagai limbah elektronik.

Implikasi sosial berkaitan dengan membantu petani melakukan penyemprotan dengan lebih mudah dan mengurangi penggunaan tenaga secara manual. Selain itu alat ini dapat menjadi media pengenalan dalam pemanfaatan limbah menjadi teknologi tepat guna. Pengguna tetap perlu diberikan pemahaman mengenai cara pengoperasian, perawatan, dan batas kemampuan agar penggunaannya tetap aman.

4. Simpulan

Kesimpulan penelitian mengenai alat semprot hama pertanian yang memanfaatkan kompresor kulkas bekas sebagai sumber tekanan yang dilengkapi tangki, aki, inverter, selang, pressure gauge, nozzle, dan rangka. Proses pengembangan menggunakan model 4D dengan pelaksanaan utama hingga tahap develop serta diseminasi terbatas. Kelayakan alat dinilai berdasarkan hasil validasi ahli desain yang mencapai 98,57% dan ahli manufaktur mencapai 92,30%, sedangkan kepraktisan diperoleh melalui uji kelompok kecil mencapai 83,06% dan kelompok besar mencapai 84,73%. Hasil penilaian menunjukkan penerimaan yang tinggi sehingga alat berpotensi digunakan sebagai teknologi tepat guna dalam kegiatan penyemprotan pertanian.

Ucapan terima kasih

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

Referensi

- [1] Mamo and R. Abadi Slamet, Widiyanto, Eri Utomo, Ulias Uut Fauji, Najmudin Hanifi, “Modifikasi dan Pengujian Sistem Penyemprot Padi dengan Penambahan Pompa Elektrik,” *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.30595/jrst.v4i1.3658.
- [2] I. G. Zalukhu, Warisman, Wiratmaja, E. Agus, and J. Artha, “Rancang Bangun Pemanfaatan Limbah Mesin Pendingin Sebagai Alat Bantu Proses Penggantian Oli Pada Kendaraan Bermotor,” *J. Inov.*, vol. 7, no. 1, pp. 30–35, 2024.
- [3] A. Purnama, H. Istiasih, and A. P. Nevita, “Inovasi Kompresor Menggunakan Mesin Freezer,” *Nusant. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.29407/noe.v6i1.19684.
- [4] G. Triyani *et al.*, “Rancang Bangun Alat Penyemprot Herbisida (Knapsack Sprayer) Elektrik Berbasis Panel Surya 20 Wp Paralel,” *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 20, no. 2, pp. 150–161, 2022, doi: 10.55893/epsilon.v20i2.97.
- [5] A. A. I. M. Dharmadewia and K. Y. Suryatinib, “Potensi Biopestisida Dalam Pengendalian Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Pangan : Suatu Kajian Pustaka,” *SEMBIO Semin. Nas. Biol. dan Pendidik. Biol. 1*, vol. 1, no. 1, pp. 46–52, 2022, doi: 10.5281/zenodo.7112675.
- [6] D. Mahandika, H. Sukma, R. Fikri, and B. Sulaksono, “Perancangan Mesin Penyemprot Pestisida Kapasitas 44 Liter,” *J. Ilm. TEKNOBIZ*, vol. 14, no. 3, pp. 184–192, 2024.
- [7] M. Waruwu, “Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan,” *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.
- [8] Fayrus and A. Slamet, *Model Penelitian Pengembangan (R&D)*. 2022.
- [9] M. S. Dewy, M. Isnaini, Y. Simamora, A. I. Silitinga, and E. Astrid, “Implementasi Model 4D Dalam Pengembangan Buku Digital Mata Kuliah Elektronika Dasar,” *J. Teknol. Inf. Komun. Dalam Pendidik.*, vol. 10, no. 2, p. 97, 2023, doi: 10.24114/jtikp.v10i2.54009.
- [10] Sutrisno, “Rancang Bangun Kompresor Udara dengan Pemanfaatan Limbah Mesin Pendingin sebagai Bahan Baku,” 2023.