

Perancangan Alat Penyemprot Hama Pertanian Otomatis Bertenaga Surya dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (Studi Kasus: Petani Bangkalan Madura)

Andre Ridho Saputro¹, Andhika Cahyono Putra², and Hadi Kusnanto³

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya

E-mail: ¹andre.ridho.saputro@um-surabaya.ac.id

Submitted Date: Juli 27, 2024

Reviewed Date: Agustus 28, 2024

Revised Date: Agustus 29, 2024

Accepted Date: September 1, 2024

Abstract

In the modern era, the application of technology in agriculture (agrotechnology) has become an innovative solution to overcome various agricultural problems, including pest control. Lack of effectiveness in pest control is often a complex problem faced by farmers in Indonesia. One innovation that has attracted attention is the development of automatic pest spraying equipment. This tool is designed to optimize the pest spraying process by utilizing advanced technology such as remote sensors and renewable energy. This research aims to design a pest spraying tool using the Quality Function Deployment (QFD) method to accommodate farmers' needs and the technical responses that will appear in the designed tool. The results of this research are a design for an automatic pest sprayer equipped with a remote sensor that offers several advantages. First, this tool is able to detect the presence of pests or the need for spraying from a distance, allowing for more targeted spraying. Second, the use of solar power as the main energy source makes this tool environmentally friendly and capable of operating independently without requiring an external power source. Third, automation in pest spraying can reduce the need for manual labor and increase the efficiency of pesticide use..

Keywords: QFD, renewable energy, design, pest sprayer, otomation.

Abstrak

Di era modern, penerapan teknologi dalam pertanian (agroteknologi) telah menjadi solusi inovatif untuk mengatasi berbagai masalah pertanian, termasuk pengendalian hama. Kurangnya efektivitas dalam pengendalian hama seringkali menjadi permasalahan kompleks yang dihadapi oleh petani di Indonesia. Salah satu inovasi yang menarik perhatian adalah pengembangan alat penyemprot hama otomatis. Alat ini dirancang untuk mengoptimalkan proses penyemprotan hama dengan memanfaatkan teknologi canggih seperti sensor jarak jauh dan energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan membuat perancangan alat penyemprot hama dengan menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) guna mengakomodasi kebutuhan petani serta respon teknis yang nantinya akan muncul pada alat yang dirancang. Hasil penelitian ini berupa rancangan alat penyemprot hama otomatis yang dilengkapi dengan sensor jarak jauh menawarkan beberapa keunggulan. Pertama, alat ini mampu mendeteksi keberadaan hama atau kebutuhan penyemprotan dari jarak jauh, memungkinkan penyemprotan yang lebih tepat sasaran. Kedua, penggunaan tenaga surya sebagai sumber energi utama membuat alat ini ramah lingkungan dan mampu beroperasi secara mandiri tanpa memerlukan sumber listrik eksternal. Ketiga, otomatisasi dalam penyemprotan hama dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual dan meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida.

Kata kunci: QFD, energi terbarukan, desain, penyemprot hama, otomatisasi.

I. Pendahuluan

Pertanian adalah sektor penting yang mendukung ketahanan pangan di Indonesia. Namun, sektor ini menghadapi berbagai tantangan, termasuk serangan hama yang bisa merusak tanaman dan mengurangi hasil panen. Pengendalian hama yang efektif

menjadi sangat penting untuk memastikan produktivitas pertanian yang optimal. Metode penyemprotan hama secara tradisional sering membutuhkan banyak tenaga kerja, memakan waktu, dan penggunaan pestisida yang kurang efisien. (Saputro, Rohman, & Akbar, 2022)(Krisnawati et al., 2013)

Di era modern, penerapan teknologi dalam pertanian (agroteknologi) telah menjadi solusi inovatif untuk mengatasi berbagai masalah pertanian, termasuk pengendalian hama. Salah satu inovasi yang menarik perhatian adalah pengembangan alat penyemprot hama otomatis. Alat ini dirancang untuk mengoptimalkan proses penyemprotan hama dengan memanfaatkan teknologi canggih seperti sensor jarak jauh dan energi terbarukan. (Inzhagi et al., 2023)

Alat penyemprot hama otomatis yang dilengkapi dengan sensor jarak jauh menawarkan beberapa keunggulan. Pertama, alat ini mampu mendeteksi keberadaan hama atau kebutuhan penyemprotan dari jarak jauh, memungkinkan penyemprotan yang lebih tepat sasaran. Kedua, penggunaan tenaga surya sebagai sumber energi utama membuat alat ini ramah lingkungan dan mampu beroperasi secara mandiri tanpa memerlukan sumber listrik eksternal. Ketiga, otomatisasi dalam penyemprotan hama dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual dan meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida.

Penggunaan sensor jarak jauh memungkinkan deteksi dini terhadap hama, sehingga penyemprotan dapat dilakukan hanya di area yang benar-benar membutuhkan. Ini tidak hanya menghemat penggunaan pestisida, tetapi juga mengurangi dampak negatif pestisida terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Selain itu, pemanfaatan energi tenaga surya mengatasi tantangan keterbatasan energi di daerah-daerah pertanian terpencil yang belum terjangkau listrik konvensional. (Anwar, 2021).

II. Metode Penelitian

Berikut adalah diagram aliran dalam penelitian untuk menentukan kebutuhan pelanggan menggunakan QFD dalam menyelesaikan tantangan yang dihadapi di sektor pertanian.

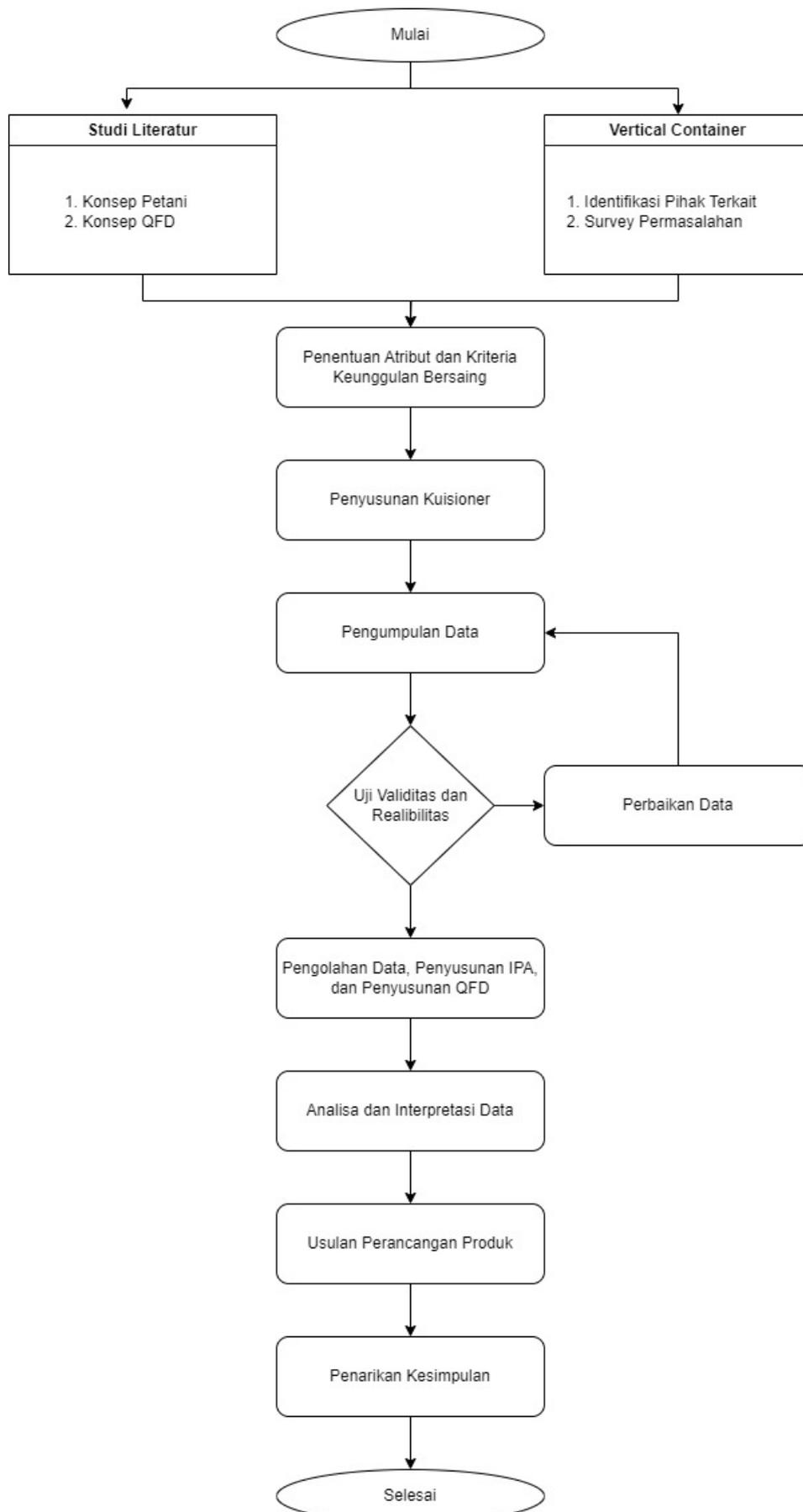
Data diolah menggunakan software Microsoft Excel dan SPSS Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengolahan data-data kualitatif pengolahan data kualitatif didapat dari hasil kuesioner pendahuluan berupa atribut-atribut yang dibutuhkan dan diinginkan responden.

Berikutnya adalah penyusunan Importance Analysis (IPA) IPA adalah prosedur untuk menunjukkan kepentingan *relative* berbagai atribut terhadap kinerja organisasi atau perusahaan. (Saputro, Rohman, & Akbar, 2022)

Langkah dalam pengolahan data berikutnya adalah membangun *House of Quality* Dalam membangun rumah kualitas dibutuhkan data-data berupa *customer needs technical response, planning matrix, technical correlation, relationship matrix, dan technical matrix*. (Saputro & Maftuh, Rancang Bangun Alat Penyimpanan Tempe (Boksterra) dengan Metode QFD Studi Kasus UMKM Pembuat Tempe di Kota Surabaya, 2022)

Tahapan berikutnya adalah tahap interpretasi data, interpretasi akan dilakukan berdasarkan hasil-hasil yang telah dicapai dalam penelitian interpretasi merupakan penterjemah dari setiap nilai yang diperoleh dalam pengolahan data serta deskripsi dari visualisasi QFD dalam bentuk rumah kualitas Analisa dilakukan agar hasil rumah kualitas dapat lebih bernilai dan bermanfaat untuk menjelaskan fenomena yang diamati hasil dari Analisa dijadikan acuan dalam membuat rekomendasi dan sebagai hasil dari penelitian ini adalah berupa usulan perbaikan deskripsi dari respon teknis.

Tahap terakhir dalam penelitian adalah menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis serta saran dalam usulan perancangan alat penyemprot Hama Pertanian Otomatis Dengan Sensor Jarak Jauh Menggunakan Energi Solar.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data penelitian dilakukan melalui penggunaan instrumen penelitian berupa kuisisioner. Sebanyak 30 kuisisioner disebarkan kepada responden atau konsumen untuk menilai tingkat realitas dan harapan terhadap atribut keunggulan bersaing yang berbasis QCDSM. Pengukuran dilakukan menggunakan skala Likert. Selain itu, data respons teknis juga dikumpulkan melalui wawancara dengan pemilik sawah untuk mendapatkan informasi terkait dengan kebutuhan konsumen yang telah diolah.

Quality Function Deployment (QFD) adalah pendekatan yang digunakan untuk mengubah kebutuhan dan preferensi pelanggan (*voice of the customer*) menjadi atribut-atribut teknis (*voice of the engineer*) suatu produk atau layanan. Dalam penggunaan *QFD*, langkah awal melibatkan pengidentifikasian dan pengumpulan data mengenai kebutuhan dan keinginan konsumen. Informasi ini dikumpulkan melalui berbagai metode seperti survei, wawancara, dan observasi. Setelah itu, kebutuhan konsumen diprioritaskan dan dimasukkan ke dalam matriks *QFD*, yang sering disebut sebagai "*House of Quality*". (Putra & Saputro, 2023) Dalam matriks ini, kebutuhan konsumen dihubungkan dengan karakteristik teknis yang relevan, sehingga setiap kebutuhan konsumen dapat diinterpretasikan menjadi spesifikasi teknis yang harus dipenuhi oleh produk atau layanan.

Setelah mengidentifikasi dan memetakan kebutuhan konsumen serta karakteristik teknis, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi hubungan antara keduanya. Proses ini melibatkan penilaian terhadap sejauh mana setiap karakteristik teknis dapat memenuhi kebutuhan konsumen yang teridentifikasi. Bobot diberikan pada setiap hubungan ini

menggunakan skala penilaian, yang membantu dalam menetapkan prioritas dalam pengembangan produk. Analisis ini memungkinkan tim pengembang untuk fokus pada aspek teknis yang paling krusial dan paling berdampak pada kepuasan konsumen. Hasil dari penggunaan *QFD* adalah panduan yang terstruktur dan sistematis untuk pengembangan produk atau layanan, yang sesuai dengan harapan dan kebutuhan konsumen, serta dapat meningkatkan kualitas dan daya saing produk di pasar.

a. Tingkat Kepentingan Petani

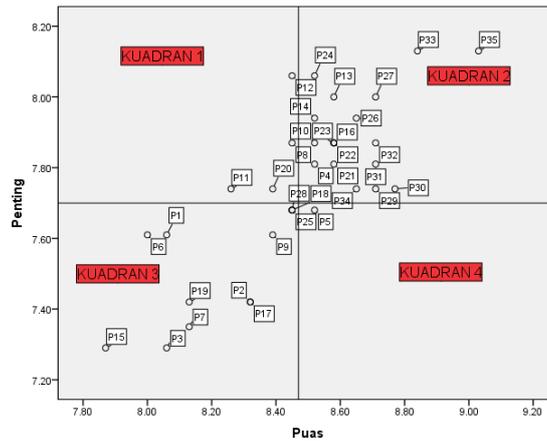
Pada bagian ini akan disajikan tingkat kepentingan pelanggan (*Important to Customer*), Dimana data yang digunakan adalah hasil pengolahan IPA dari nilai kepuasan pelanggan dan nilai kepentingan pelanggan. Penggunaan hasil *Importanct Performance Analysis (IPA)* tersebut bertujuan untuk mengetahui hal-hal apa saja yang berpengaruh dan menjadi harapan utama petani. Berdasarkan hasil kuesioner yang telah disebarkan, diperoleh tingkat kepuasan petani dan tingkat kepentingan pelanggan. Berikut adalah tabel pengolahan IPA dari nilai kepuasan dan kepentingan petani.

Setelah didapatkan hasil rata-rata nilai dari setiap atribut, langkah berikutnya adalah membuat diagram kartesius mengenai posisi penempatan data berdasarkan *Importance-Performance Analysis (IPA)*. Hasil plot dan nilai setiap atribut dalam diagram kartesius pada Gambar 2.

Hasil analisis IPA mengenai kepuasan konsumen yang akan dipetakan kedalam rumah kualitas adalah atribut yang berada di kuadran 2 dan 1 Kuadran 1. Kuadran 1 ini berisikan atribut-atribut yang dianggap kurang penting oleh petani. Kuadran A bila terpenuhi akan dapat meningkatkan berkurang petani terkena bahan kimia. Atribut yang akan diolah dalam rumah kualitas pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Rata-Rata Nilai Kepuasan dan Kepentingan

Pertanyaan	Kepuasan	Kepentingan	Impt.to.cust
P1	8.06	7.61	1.06
P2	8.32	7.42	1.12
P3	8.06	7.29	1.11
P4	8.52	7.81	1.09
P5	8.52	7.68	1.11
P6	8.00	7.61	1.05
P7	8.13	7.35	1.11
P8	8.45	7.87	1.07
P9	8.39	7.61	1.10
P10	8.52	7.87	1.08
P11	8.26	7.74	1.07
P12	8.45	8.06	1.05
P13	8.58	8.00	1.07
P14	8.52	7.94	1.07
P15	7.87	7.29	1.08
P16	8.58	7.87	1.09
P17	8.32	7.42	1.12
P18	8.45	7.68	1.10
P19	8.13	7.42	1.10
P20	8.39	7.74	1.08
P21	8.58	7.81	1.10
P22	8.58	7.87	1.09
P23	8.58	7.87	1.09
P24	8.52	8.06	1.06
P25	8.45	7.68	1.10
P26	8.65	7.94	1.09
P27	8.71	8.00	1.09
P28	8.45	7.68	1.10
P29	8.71	7.74	1.13
P30	8.77	7.74	1.13
P31	8.71	7.81	1.12
P32	8.71	7.87	1.11
P33	8.84	8.13	1.09
P34	8.65	7.74	1.12
P35	9.03	8.13	1.11
Rata-rata	8.47	7.75	



Gambar 2. Diagram Klasifikasi Kepentingan dengan Konsep IPA

Langkah kedua adalah menghitung atau mengolah data customer satisfaction performance tingkat kepuasan alata penyemprot otomatis. Untuk menghitung customer satisfaction performance diperoleh dari data tingkat kepuasan responden terhadap setiap atribut untuk mesin penyemprot hama. Cara perhitungan

customer satisfaction performance adalah dengan mengelompokkan seluruh responden berdasarkan tingkat kepuasannya. Kemudian dihitung bobot performansinya yaitu dengan mengalikan masing-masing tingkat kepuasan dengan jumlah responden yang memilihnya

Tabel 2. Atribut yang akan diolah dalam rumah kualitas

No	Atribut	Kuadran
1	Mengatur tekanan semprotan atau mengontrol pola dan lebar semprotan	2
2	Kapasitas Penyimpanan cairan penyemprotan yang besar	1
3	Menyimpan menampung kapasitas listrik lebih lama	2
4	Sistem penyemprotan dirancang untuk mengurangi resiko paparan langsung peptisida kepada pengguna dan lingkungan	1
5	Tangki	4

Tabel 3. Performansi Tingkat Kepuasan Alat Penyemprot Otomatis

No	Atribut	Tingkat Kepuasan					Jumlah Responden	Bobot Performansi	Performansi Kepuasan
		1	2	3	4	5			
1	Mengatur tekanan semprotan atau mengontrol pola dan lebar semprotan	0	0	1	18	13	30	141	4.70
2	Kapasitas Penyimpanan cairan penyemprotan yang besar	0	0	1	14	10	30	110	3.67
3	Menyimpan menampung kapasitas listrik lebih lama	0	0	2	14	14	30	131	4.37
4	Sistem penyemprotan dirancang untuk mengurangi resiko paparan	0	0	1	17	14	30	142	4.73

	langsung peptisida kepada pengguna dan lingkungan								
5	Tangki	0	0	1	11	16	30	128	4.27

Perhitungan berikutnya adalah Raw Weight dan Normalized Raw Weight terhadap atribut dari Alat Penyemprot Hama Otomatis. Adapun hasil perhitungan dapat terlihat pada Tabel 4.

Selanjutnya dilakukan perhitungan Sales Point dilakukan untuk menentukan nilai jual dari alat penyemprot hama pertanian otomatis, dengan mempertimbangkan keunggulan fitur yang ditawarkan, daya tarik pasar, serta efektivitas penggunaan energi tenaga surya. Adapun hasil perhitungan dapat terlihat pada Tabel 5.

Langkah selanjutnya adalah memunculkan respon teknis untuk setiap atribut sehingga dapat ditemukan bagaimana respon teknis yang tepat untuk setiap kebutuhan responden. Berikut adalah respon teknis untuk setiap atribut Alat Penyemprot Hama.

Langkah berikutnya adalah menghitung matriks hubungan (relationship matrix) antara respon teknis dengan *customer requirement* pada Tabel 7.

Tabel 4. Perhitungan Raw Weight dan Normalized Raw Weight

No	Atribut	Tingkat Kepuasan					Jumlah Responden	Bobot Performansi	Performansi Kepuasan
		1	2	3	4	5			
1	Mengatur tekanan semprotan atau mengontrol pola dan lebar semprotan	0	0	3	24	16	30	117	3.90
2	Kapasitas Penyimpanan cairan penyemprotan yang besar	0	0	5	20	25	30	164	5.47
3	Menyimpan menampung kapasitas listrik lebih lama	0	0	4	26	20	30	142	4.73
4	Sistem penyemprotan dirancang untuk mengurangi resiko paparan langsung peptisida kepada pengguna dan lingkungan	0	0	6	25	23	30	162	5.40
5	Tangki	0	0	5	18	20	30	137	4.57

Tabel 5. Perhitungan Sales Point

No	Atribut	Customer Satisfaction Performance		Goal
		Petani	Serabi Barat	
1	Mengatur tekanan semprotan atau mengontrol pola dan lebar semprotan	4.70	3.90	4.70
2	Kapasitas Penyimpanan cairan penyemprotan yang besar	3.67	5.47	5.47
3	Menyimpan menampung kapasitas listrik lebih lama	4.37	4.73	4.73
4	Sistem penyemprotan dirancang untuk mengurangi resiko paparan langsung peptisida kepada pengguna dan lingkungan	4.73	5.40	5.40
5	Tangki	4.27	4.57	4.57
	Rata-Rata	4.35	4.81	

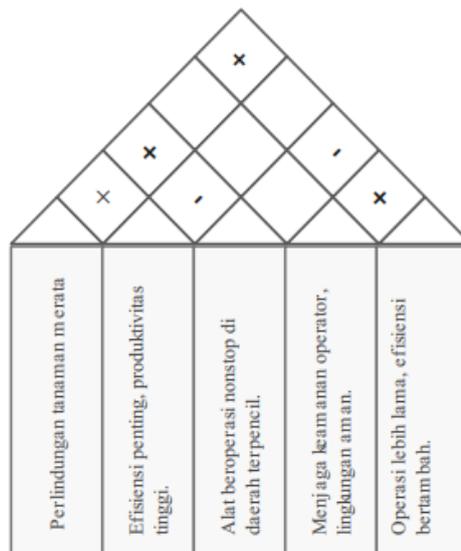
Tabel 6. Respon Teknis

No	Atribut	Respon Teknis
1	Hembusan yang menyebar dan merata	Mengatur bukaan nozzle sesuai kebutuhan semburan
2	Mengukur jarak antara objek dan alat	Mengatur elevasi kemiringan nozzle
3	Mengatur tekanan semprotan atau mengontrol pola dan lebar semprotan	Mengatur tekanan sembur pompa
4	Kapasitas Penyimpanan cairan penyemprotan yang besar	Memilih tangki simpan yang sesuai kebutuhan dan berukuran besar
5	Menyimpan menampung kapasitas listrik lebih lama	Menggunakan aki/ baterai penyimpan daya listrik yang sesuai kebutuhan dan besar
6	Otomatisasi moitoring sistem penyemprotan jarak jauh	Menggunakan komponen elektrik sistem cerdas yang sesuai kebutuhan dan mudah diperbaiki
7	Mendeteksi pergerakan sistem penyemprotan	Memonitor dan mengecek kelembaban area semprot
8	Warna	Menggunakan warna alat yang sesuai dan memudahkan penggunaan
9	Rapi dan terstruktur	Melakukan perawatan dan perbaikan sesuai fungsi sistem
10	Tampilan sistem yang berbentuk jaring laba-laba	Memilih bahan pewarna yang tidak mengandung bahan B3
11	Sistem terpusat memitigasi potensi masalah	Penimbangan bahan baku cat sesuai dengan komposisi dan takarannya

No	Atribut	Respon Teknis
12	Posisi tangki dan sistem yang ergonomis	Mengganti bahan plastik menjadi yang dapat didaur ulang
13	Sistem penyemprotan dirancang untuk mengurangi resiko paparan langsung peptisida kepada pengguna dan lingkungan	Sistem ini dirancang dengan perlindungan tambahan untuk mengurangi risiko paparan langsung terhadap pestisida bagi pengguna dan lingkungan.
14	Solar Cell	Sistem ini dilengkapi dengan sel surya untuk mendukung operasi yang lebih ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada sumber listrik eksternal.
15	Sensor Ultrasonik	Sensor ini digunakan untuk mendeteksi jarak dan memastikan aplikasi cairan yang akurat
16	Sensor Pir	Sensor ini digunakan untuk mendeteksi pergerakan di sekitar area penyemprotan untuk mengoptimalkan operasi otomatis.
17	Nozzle	Nozzle yang dirancang khusus untuk menghasilkan semprotan yang merata dan efisien
18	Tangki	Memilih tangki yang sesuai dengan kebutuhan walaupun rusak bisa diganti
19	Tuas Semprot	Tuas yang ergonomis untuk kontrol manual penyemprotan jika diperlukan
20	Pompa Air	Pompa yang kuat untuk memastikan tekanan semprotan yang konsisten
21	Baterai	Karena baterai sangat penting berfungsi sama alat penyemprot otomatis ini
22	MikroKontroller	Mikrokontroller yang diposisikan dari jangkauan terisolasi
23	Kabel	Kabel berkualitas tinggi untuk memastikan koneksi listrik yang stabil dan aman.
24	Pipa	Pipa yang tahan terhadap tekanan tinggi untuk mengalirkan cairan penyemprotan dari tangki ke nozzle

Tabel 7. Matriks Hubungan Respon Teknis dan Customer

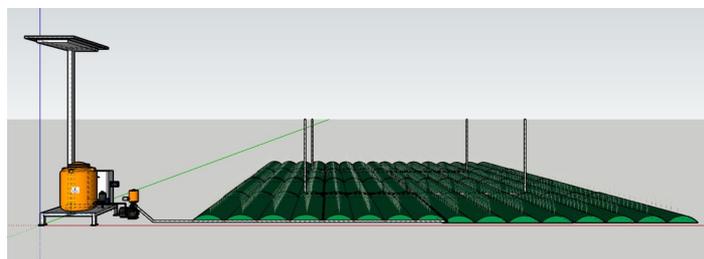
Customer Requirements (Explicit and Implicit)	Functional Requirements				
Untuk memastikan efektifitas dalam perlindungan tanaman dari serangan hama yang merata dan tidak meninggalkan area yang tidak terkena perlindungan					
Memiliki tingkat penting yang sangat signifikan, karena mencakup area yang lebih luas tanpa perlu sering mengisi ulang, meningkatkan efisiensi dan produktifitas dalam penggunaan alat tersebut.					
Alat tetap beroperasi selama periode waktu yang dibutuhkan, terutama di daerah yang mungkin tidak memiliki akses mudah terhadap sumber daya listrik					
Karena membantu menjaga keamanan operator alat penyemprotan dan juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya					
Memungkinkan alat untuk beroperasi dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa perlu pengisian ulang yang sering, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi operasi alat tersebut					
Mengatur tekanan semprotan atau mengontrol pola dan lebar semprotan	▲	▲			▲
Kapasitas Penyimpanan cairan penyemprotan yang besar	◇	▲		▽	◇
Menyimpan menampung kapasitas listrik lebih lama	◇	◇	▲	▽	◇
Sistem penyemprotan dirancang untuk mengurangi resiko paparan langsung peptisida kepada pengguna dan lingkungan	◇	▽	▽	▲	◇
Tangki	◇	▽		▽	▲



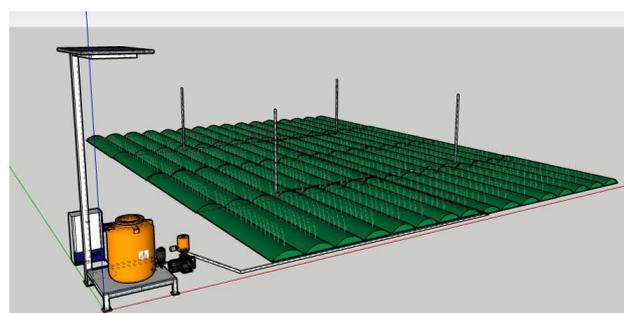
Gambar 3. Bagian Atap Rumah Kualitas (Roof of House Quality)

Demand Quality (aka "Customer Req" or "What")	Quality Characteristics (aka "Functional Req." or "How")					
		Produksi tanaman cepat	Efisiensi penggunaan produktiva spray	Alat beroperasi yang lebih mudah keprakt.	Melaju ke arah operator, kelengkapan akses.	Operasi lebih lama, efisiensi manambah
Mengatur tekanan semprotan atau mengontrol pola dan lebar semprotan		▲	▲			▲
Kapasitas Penyimpanan cairan penyemprotan yang besar		◇	▲		▽	◇
Menyimpan menampung kapasitas listrik lebih lama		◇	◇	▲	▽	◇
Sistem penyemprotan dirancang untuk mengurangi resiko paparan langsung peptisida kepada		◇	▽	▽	▲	◇
Tangki		◇	▽		▽	▲

Gambar 4. Rumah Kualitas



Gambar 5. Tampak Depan Alat Penyemprot Hama



Gambar 6. Tampak Samping Alat Penyemprot Hama

Tahap selanjutnya akan dibuat suatu gambar yang dapat melanjutkan sejauh mana pengaruh hubungan antara respon teknis akan tetapi tidak menunjukkan aliran proses pengerjaannya. Untuk memudahkan dalam penentuan nilai korelasi teknis akan ditentukan berdasarkan jajak pendapat.

Adapun Rumah kualitas yang telah didapatkan setelah semua informasi mengenai rumah kualitas yang diperlukan sudah didapatkan maka langkah berikutnya adalah membuat atau menyusun sebuah rumah kualitas berdasarkan data yang tersedia. Hasil rumah kualitas untuk alat penyemprot hama dapat terlihat pada gambar 4.

Solusi untuk alat penyemprot hama otomatis melibatkan pemanfaatan sensor canggih dan algoritma deteksi real-time guna mendeteksi keberadaan hama dengan tepat serta menyemprotkan pestisida secara terarah hanya pada area yang memerlukan perlindungan.

Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dan optimalisasi hasil pertanian secara menyeluruh. Adapun hasil dari perancangan alat penyemprot hama otomatis berdasarkan kebutuhan pelanggan dapat terlihat pada gambar 5 dan gambar 6.

IV. Kesimpulan

Alat penyemprot hama otomatis dengan sensor canggih dan algoritma deteksi real-time telah terbukti efektif dalam mendeteksi dan menyemprotkan pestisida hanya pada area yang membutuhkan perlindungan. Ini meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Berdasarkan hasil uji validitas dan reliabilitas, data yang diperoleh dari kuisioner menunjukkan bahwa alat ini memenuhi kebutuhan teknis dan operasional petani dengan baik. Tingkat efektivitas alat ini juga didukung oleh hasil analisis House of Quality (HOQ) yang menunjukkan peningkatan performa dibandingkan dengan

target yang diharapkan. Penggunaan alat ini memungkinkan peningkatan efisiensi dan produktivitas pertanian dengan mengurangi kebutuhan pengisian ulang pestisida dan mengoptimalkan waktu operasi alat di lapangan.

Daftar Pustaka

- Anwar, M. S. (2021). Simulasi Sensor Ultrasonik (HC-SR04) Sebagai Pemandu Parkir Otomatis Berbasis Logika Fuzzy. *SinarFe7*, 4(1), 434–436.
- Chen, J. De, Cui, C., Li, Y. Q., Zhou, L., Ou, Q. D., Li, C., Li, Y., & Tang, J. X. (2015). Single-junction polymer solar cells exceeding 10% power conversion efficiency. *Advanced Materials*, 27(6), 1035–1041. <https://doi.org/10.1002/adma.201404535>
- Hakim, V. A. A. H., Wibowo, A., & Wibowo, H. (2019). Analisa pengembangan drone penyemprotan hama tanaman dengan jenis nosel dan ketinggian untuk tanaman dengan jenis nosel dan ketinggian untuk mengetahui luas semprotan. *Engineering : Jurnal Bidang Teknik*, 10(2), 64–69.
- Inzhagi, P. D., Muayyadi, A. A., & Fardan. (2023). Monitoring Sistem Pestisida Otomatis Pada Pertanian Cabai Berbasis Internet Of Things (IoT). *E-Proceeding of Engineering*, 10(5), 4237–4245. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/download/21205/20487>
- Krisnawati, Purwaningsih, N., & Asngari, P. (2013). Persepsi Petani Terhadap Peranan Penyuluh Pertanian Di Desa Sidomulyo dan Muari, Distrik Oransbari, Kabupaten Manokwari Selatan. *Sosio Konsepsia*, 3, 303–314.
- Oktaviani Panjaitan, & Yosef Manik. (2019). Aplikasi Quality Function Deployment (QFD) dalam Mendesain Produk Turunan Andaliman. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 2(3). <https://doi.org/10.32734/ee.v2i3.698>
- Pajić, V., Andrejić, M., & Sternad, M. (2023). FMEA-QFD Approach for Effective Risk Assessment in Distribution Processes. *Journal of Intelligent Management Decision*, 2(2), 46–56. <https://doi.org/10.56578/jimd020201>
- Priyatmoko, A., Widodo, S., & Salahudin, X. (2016). Analisis Tekanan Tangki Sprayer Dengan. *Jurnal Universitas Tidar*, 33–54.
- Putra, A. C., & Saputro, A. R. (2023). Perancangan Mesin Oven Pengerih Berbasis Energi Terbarukan Menggunakan Quality Function Deployment (QFD). *Produktiva*.

- Saputro, A. R., & Maftuh, M. F. (2022). Rancang Bangun Alat Penyimpanan Tempe (Boksterra) dengan Metode QFD Studi Kasus UMKM Pembuat Tempe di Kota Surabaya. *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, 1-13.
- Saputro, A. R., Rohman, A. A., & Akbar, R. (2022). Rancangan Recycle dan Redesign Produk Sepatu Bola Bekas Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Motor Bakar*.
- Somantri, R. U. (2016). Penggunaan Varietas unggul Tahan Hama dan Penyakit Mendukung Peningkatan Produksi Padi Nasional. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 35(1), 25. <https://doi.org/10.21082/jp3.v35n1.2016.p25-36>