



## Rancang Bangun Alat Bioreaktor Anaerob untuk Mempercepat Waktu Fermentasi Nutrisi Organik

Nawang Sonia<sup>1</sup>, Hery Murnawan<sup>2</sup>, Vandi Virnanda<sup>3</sup>,  
Dimas Andrianto Kisworo<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

### Abstract

Received: 03 Januari 2024

Revised : 09 Januari 2024

Accepted: 18 Januari 2024

Bersamaan dengan pertumbuhan potensi sektor pertanian dan perkebunan yang semakin menjanjikan, muncul kekhawatiran yang dialami oleh para petani terkait isu pupuk. Tingginya kebutuhan akan pupuk serta lamanya proses penguraian nutrisi organik yang melalui fermentasi, menjadi sumber kecemasan karena risiko kegagalan fermentasi akibat suhu yang tidak sesuai, perkembangan mikroorganisme yang tidak terkendali, ketidakmampuan bakteri pengurai selama tahap dekomposisi, hingga masalah kebersihan wadah atau tempat fermentasi. Pembuatan alat bioreaktor anaerob dilakukan berdasarkan pertimbangan keinginan para pelanggan terhadap perangkat tersebut, menggunakan pendekatan Quality Function Deployment. Dilakukan pengembangan desain alat bioreaktor anaerob melalui inklusi fitur tambahan seperti elemen pemanas, mekanisme pengaduk, sistem pengatur suhu otomatis, serta pemasangan katup keamanan guna mengurangi tekanan. Melalui implementasi desain tersebut, uji coba alat bioreaktor anaerob menunjukkan kemampuan dalam mempercepat proses fermentasi dari rentang waktu 14-21 hari menjadi hanya 5 hari. Selain itu, alat ini juga berhasil mengurangi risiko kegagalan selama proses fermentasi dan memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan produksi nutrisi organik di Desa Papungan. Tak hanya itu, perangkat ini juga sukses mengurangi potensi kegagalan pada saat fermentasi berlangsung, serta berperan secara positif dalam meningkatkan produksi nutrisi organik di wilayah Desa Papungan.

**Keywords:** Fertilizer, Organic nutrients, Device design, Fermentation, Anaerobic bioreactor, House of Quality, Quality Function Deployment

(\*) Corresponding Author: [1411900122@surel.untag-sby.ac.id](mailto:1411900122@surel.untag-sby.ac.id)

**How to Cite:** Sonia, N., Murnawan, H., Virnanda, V., & Kisworo, D. A. (2024). Rancang Bangun Alat Bioreaktor Anaerob untuk Mempercepat Waktu Fermentasi Nutrisi Organik. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10525277>.

## PENDAHULUAN

Desa Papungan memiliki tanah subur dengan luas 140 Ha yang digunakan untuk sektor pertanian. Wilayah ini terbagi menjadi beberapa bagian, termasuk Dusun Papungan yang mencakup area seluas 46 Ha, Dusun Gajah yang membentang di area 56 Ha, dan juga Dusun Selardangan yang mencakup area seluas 38 Ha. Selain itu, ada pula lahan yang subur seluas 58 Ha yang digunakan untuk keperluan perkebunan.

Sejalan dengan peningkatan potensi sektor pertanian dan perkebunan, timbul kekhawatiran di kalangan petani mengenai tantangan yang dihadapi terkait pasokan pupuk. Pada tahun 2022 Indonesia hanya mampu menyediakan 9 juta ton pupuk kimia dari total 24 juta ton kebutuhan pupuk nasional, hal ini tentunya berdampak pada petani yang kesusahan untuk mendapatkan pupuk kimia bersubsidi maupun non-subsidi. Kelangkaan dan susahny mendapatkan pupuk membuat harga pupuk dipasaran melambung tinggi, sehingga petani harus mencari solusi lain

agar lahan pertanian mereka dapat tetap menghasilkan dengan biaya perawatan yang murah.

Bersama-sama, Desa Papungan dan P4S (Pusat Pelatihan Swadaya Pertanian dan Perdesaan) Alam Lestari yang terletak ditanjung sari bekerja demi mengurangi pemakaian pupuk kimia serta lebih banyak nutrisi organik untuk menggantikan ketergantungannya pada pupuk kimia. P4S Alam Lestari, sebuah fasilitas pelatihan yang didirikan pada tahun 2020, berfokus pada perkebunan dan pertanian selain peternakan. Mengajarkan teknik pengolahan nutrisi organik, yang dianggap unggul karena menggunakan sumber daya yang mudah dan tersedia, adalah salah satu fokus utamanya.

Pembuatan nutrisi organik secara manual melibatkan proses fermentasi yang mengandalkan perkembangan bakteri yang dihasilkan dari seluruh komponen yang dimasukkan ke dalam wadah. Tergantung pada jenis nutrisi organik yang dihasilkan, proses fermentasi, yang berlangsung pada suhu kamar, mungkin memakan waktu antara 14 dan 21 hari. Suhu, efektivitas bakteri pengurai, kecukupan nutrisi bagi bakteri untuk berkembang biak, dan kebersihan drum merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi hasil proses fermentasi nutrisi organik.

Dosis penggunaan pupuk kimia dan unsur hara organik dibandingkan. Untuk tanaman padi, dibutuhkan 600 kg urea, 600 kg NPK, dan 300 kg KCL untuk pupuk kimia selama satu musim tanam. PGPR 20 liter, nutrisi sayuran organik 25 liter, ZPT 50 liter, Jakaba 20 liter, Desoposter nitrobakter 20 liter, NPK Plus 25 liter, pestisida nabati 25 liter, dan fungisida kontak 20 liter adalah jumlah yang lebih sedikit jika menggunakan nutrisi organik untuk tanaman yang sama.

Tanaman yang menggunakan pupuk kimia dan yang menggunakan nutrisi organik menghasilkan hasil yang sangat berbeda. Misalnya, memanen padi dengan menggunakan pupuk kimia menghasilkan 4,8 ton beras, sedangkan memberi nutrisi organik pada tanaman padi menghasilkan 6 ton beras. Para petani tentu saja mendapatkan keuntungan besar dari keuntungan ini, terutama mengingat bahan-bahan yang dibutuhkan untuk memproduksi pangan organik sudah tersedia dan harganya terjangkau. Ini membantu mengurangi biaya yang terkait dengan pembelian pupuk kimia yang mahal.

Wilayah Desa Papungan memiliki kebutuhan nutrisi organik yang sangat tinggi. Misalnya saja pada musim panen, tanaman padi dengan siklus perkembangan hingga 120 hari membutuhkan pupuk organik PGPR sebanyak 8,82 liter. Artinya tanaman padi membutuhkan sekitar 73,5 ml unsur hara organik PGPR per hari.

Sektor pertanian dan perkebunan di Desa Papungan memerlukan 60% dari kebutuhan nutrisi organik mengingat beberapa petani masih menggunakan pupuk kimia dalam praktik pertanian mereka. Dengan luas total lahan pertanian dan perkebunan mencapai 198 Ha, diperlukan kuantitas 1.048 liter nutrisi organik nitrobakter atau setara dengan 8.7 liter per hari selama masa tanam padi, untuk memenuhi keperluan nutrisi organik di daerah tersebut.

Petani kesulitan dengan lamanya proses fermentasi manual, yang bisa memakan waktu 14-21 hari. Pembuatan bioreaktor anaerobik berkapasitas hingga 200 liter berupaya mengatasi tantangan tersebut dengan mempercepat proses fermentasi nutrisi organik menjadi 3-5 hari. Dibutuhkan enam drum untuk

menghasilkan 1.235 liter nutrisi PGPR dalam satu siklus pertumbuhan yang berlangsung kurang dari 30 hari. Hal ini memberikan keuntungan yang sangat besar bagi petani. Hasilnya, petani dapat menurunkan harga pupuk konvensional yang mahal dan mengamankan pasokan nutrisi organik yang konsisten untuk pertanian mereka tanpa harus khawatir akan kekurangan yang disebabkan oleh proses fermentasi yang berlarut-larut.

Bioreaktor merupakan perangkat berubah wadah yang dapat digunakan dalam proses fermentasi, yang bergantung pada enzim dan mikroorganisme yang dihasilkan secara spontan selama fermentasi, baik dengan sirkulasi udara maupun tanpa sirkulasi udara. Bioreaktor memiliki sistem kontrol yang mengelola komponen yang membantu fermentasi, termasuk kontrol pH, elemen pemanas, pengaduk, dan kontrol suhu (Wignyanto & Hidayat, 2017)).

Berdasarkan cara fermentasinya, bioreaktor aerobik dan anaerobik dapat dibedakan satu sama lain. Bioreaktor anaerobik dapat menguraikan zat atau senyawa tanpa memerlukan oksigen, sedangkan bioreaktor aerobik merupakan alat fermentasi yang memerlukan oksigen agar substrat atau senyawa dapat terurai. Tujuannya adalah membangun bioreaktor anaerobik untuk mempercepat fermentasi unsur hara organik di Desa Papungan.

## **LANDASAN TEORI**

### **Perancangan dan Pengembangan Produk**

Dalam tahap menghasilkan suatu produk, proses desain atau design process sangat menentukan. (Wati & Murnawan, 2022), mengklaim bahwa mendesain adalah proses mengubah konsep abstrak menjadi bentuk fisik seperti ilustrasi atau prototipe. Sedangkan tujuan pengembangan produk atau yang kadang disebut dengan inovasi produk adalah untuk meningkatkan pengambilan keputusan pembelian pelanggan melalui berbagai proses yang berinteraksi satu sama lain (Murnawan & Eka Dewi Karunia Wati, 2018)

Lebih lanjut I. D. Widodo (sebagaimana dikutip dalam Murnawan, 2022) menjelaskan bahwa desain dan pengembangan produk adalah hasil atau barang dari metode pembuatan produksi yang bernilai jual serta bermanfaat kepada pemakainya. Desain memerlukan semua tindakan yang diambil untuk menilai, meningkatkan, menganalisis, dan membuat sistem baik dalam dimensi konkret maupun abstrak dengan maksud untuk mencapai hasil terbaik di masa depan. Pengembangan produk, di sisi lain, adalah taktik yang memanfaatkan pintu yang terbuka. Hal ini memerlukan tugas-tugas yang memerlukan bantuan dari semua departemen perusahaan.

Safik & Wati, (2022) menunjukkan bahwa tujuan dari perancangan dan pengembangan produk adalah melakukan restrukturisasi desain yang mampu mengurangi biaya produksi dan menghasilkan produk yang memiliki nilai. Di sisi lain, Wignjosebroto (sebagaimana disebutkan dalam Widiasih & Murnawan, 2016) mengemukakan bahwa untuk menciptakan produk yang memiliki nilai komersial, langkah-langkah perencanaan, perancangan, dan pengembangan produk perlu dilakukan secara berurutan.

### **Quality Function of Deployment**

QFD merupakan suatu proses dimana suara pelanggan ("*voice of customer*") didengarkan, kebutuhan pelanggan diidentifikasi, dan kemudian kebutuhan tersebut

diintegrasikan ke dalam proses desain dan produksi barang atau jasa. Keseluruhan proses ini melibatkan berbagai tahapan dalam rantai pasokan, dengan tujuan menghasilkan barang atau jasa yang sesungguhnya diinginkan oleh pelanggan dan menghadirkan nilai tambah pada produk tersebut (N. Madu, 2019).

Sebuah teknik yang disebut *quality function of deployment* melihat bagaimana memahami harapan konsumen dengan lebih baik dan kemudian menghubungkannya dengan spesifikasi teknis untuk dapat membuat barang maupun jasa yang diperlukan pada setiap tingkat produksi. Untuk membantu bisnis berkonsentrasi pada preferensi klien saat membuat spesifikasi desain dan tahapan produksi, penerapan fungsi kualitas adalah alat perencanaan. (Ginting, 2010).

Lao Cohen (sebagaimana dikutip dalam Murnawan et al., 2016) menjelaskan bahwa penerapan fungsi kualitas adalah suatu teknik yang berfokus pada bagaimana memahami harapan pelanggan dengan lebih baik dan kemudian mengaitkannya dengan persyaratan teknis sebagai tahapan produksi barang dan jasa. Menerapkan fungsi kualitas adalah strategi perencanaan yang memungkinkan perusahaan berkonsentrasi pada preferensi klien ketika mengembangkan spesifikasi desain dan tahapan produksi. Biasanya, QFD digunakan untuk memahami preferensi konsumen terhadap suatu tawaran produk atau layanan, kemudian mengolah preferensi tersebut menjadi suatu kebutuhan yang lebih terdefinisi.

## **METODOLOGI**

Pada penelitian ini, teknik *voice of the customer* digunakan untuk mengetahui apa yang diinginkan dan dibutuhkan pelanggan dari suatu konsep yang dihubungkan dengan produk yang dibuat dengan bioreaktor anaerobik. Dalam tahapan. Dalam tahapan mengenali kebutuhan dan harapan konsumen, ada beberapa langkah yang harus diambil. Pertama, memastikan bahwa produk benar-benar sesuai dengan apa yang konsumen butuhkan. Kedua, memastikan bahwa produk dapat memenuhi kebutuhan yang mungkin tidak tampak secara langsung bagi konsumen. Ketiga, memastikan bahwa fakta-fakta relevan digunakan untuk merumuskan spesifikasi produk. Terakhir, memastikan bahwa pemahaman tentang kebutuhan konsumen disampaikan dengan konsisten pada semua kelompok pembangunan konsep.

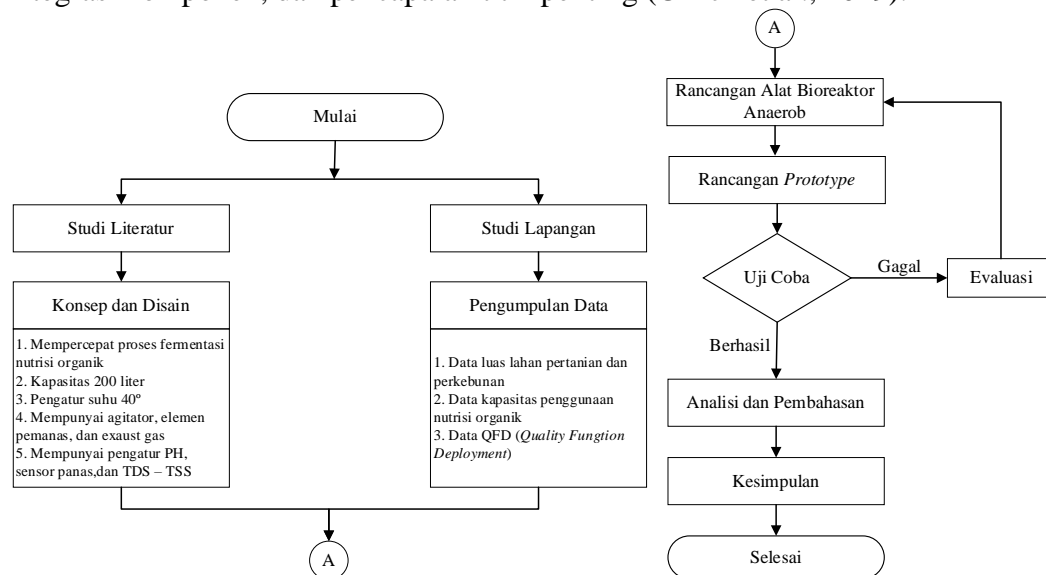
Langkah selanjutnya dalam mengevaluasi kebutuhan dan keinginan pelanggan dapat melibatkan sesi wawancara dan *brainstorming*. Hasilnya diperiksa dan dikumpulkan dalam laporan “suara pelanggan” (VOC). Langkah-langkah berikut, yang memerlukan penentuan kualitas atau fitur yang harus dimiliki suatu produk dan memilih konsep, dapat diterapkan pada teknik penerapan fungsi kualitas (QFD) (Widiasih & Murnawan, 2016).

Hasil survei “suara pelanggan” berhasil dan dimanfaatkan dengan baik dalam proses *Quality Function Deployment* (QFD) untuk membangun struktur “rumah berkualitas” atau “rumah kualitas”.

Gambaran dari pengolahan data *quality function of deployment* yang sudah dilakukan diimplementasikan menjadi desain berbantu komputer atau CAD. Pemanfaatan komputer dalam proses desain produk serta penyusunan dokumen teknis secara interaktif. Penggunaan perangkat lunak CAD melibatkan penggunaan gambar tiga dimensi untuk mengoptimalkan efisiensi waktu dan biaya, mengurangi waktu siklus pengembangan untuk berbagai produk. Kecepatan dan fleksibilitas

yang dapat diakses melalui perangkat CAD memungkinkan pengolahan, analisis, dan modifikasi yang mendalam dari desain yang canggih, yang pada akhirnya memungkinkan eksplorasi berbagai opsi sebelum keputusan akhir diambil (Heizer & Render, 2015).

Langkah akhir dalam proses pembuatan bioreaktor anaerob adalah prototipe yaitu perwujudan ide menjadi bentuk yang lebih nyata, memungkinkan untuk melakukan percobaan guna mengidentifikasi kelemahan dalam konsep yang telah diwujudkan. Prototipe digunakan sebagai alat pembelajaran, sarana komunikasi, integrasi komponen, dan pencapaian titik penting (Ulrich et al., 2019).



Gambar 1. Ddiagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Voice of Customer

Identifikasi kebutuhan pelanggan atau voice of customer dilakukan dengan wawancara secara langsung kepada anggota P4S Alam Lestari. Wawancara ini dilakukan untuk mendapatkan kebutuhan dari pembuatan nutrisi organik secara manual terhadap alat bioreaktor anaerob yang akan dirancang. Hasil pengujian ini dipandang mewakili kebutuhan pengguna. Tabel 1 di bawah menunjukkan bagaimana kebutuhan pengguna diinterpretasikan.

Tabel 1. kebutuhan Pelanggan

Pernyataan Pelanggan	Atribut
Customer menginginkan alat yang bisa dijangkau oleh seluruh kelompok tani	Harga
Customer menginginkan adanya pemanas dengan suhu 35° – 40°C.	Fungsi
Customer memnginginkan alat dengan penambahan safety valve untuk mengurangi tekanan gas	Keamanan
Customer menginginkan alat dengan kapasitas 200 liter	Kapasitas
Customer menginginkan alat dengan daya yang tidak terlalu tinggi	Daya

<b>Customer menginginkan alat yang dapat melakukan pengecekan suhu otomatis</b>	Fungsi
<b>Customer menginginkan adanya tambahan agitator atau pengaduk</b>	Fungsi

Selanjutnya dilakukan penyebaran kuesioner kepada anggota P4S Alam Lestari. Relevansi setiap atribut produk dinilai dengan menggunakan kuesioner. petani menilai pentingnya masing-masing karakteristik ini. Gambar 2 menampilkan hasil rekap penelitian pada level atribut. Setiap modul atribut berfungsi sebagai dasar untuk menghitung indeks kepentingan relatif, atau RII. Tingkat kepentingan, atau RII, dari setiap atribut ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Responden	Tingkat Kepentingan Atribut																														Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Harga	4	4	4	4	5	5	5	5	3	5	5	3	4	4	4	4	4	3	4	4	5	5	4	5	3	5	4	3	3	5	4.17
Fungsi	5	4	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	4	3	5	5	4	3	5	4.50
Keamanan	5	4	4	4	5	4	5	5	4	4	3	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	3	3	4	4	4	5	4.23	
Kapasitas	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	3	4	5	3	5	4	5	4	5	5	3	4	5	4.40
Daya	4	3	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	3	5	4	5	4	3	3	5	3	5	3	5	4	5	4	4	3	5	4.00

Gambar 2. Hasil wawancara kebutuhan pelanggan

### Quality Function of Deployment

Hasil dari tingkat kepentingan yang sudah didapatkan melalui wawancara tersebut kemudian digunakan untuk membuat house of quality dari Quality Function Deployment. Hasil dari rekap penilaian kepentingan digunakan untuk mengetahui skor dari tabel 2. Planning matrix.

Skor penilaian dan target value dari masing-masing atribut ditentukan untuk dilakukan benchmarking. Skor evaluasi mewakili nilai produk akhir. Sebaliknya, nilai tujuan penggunaan produk adalah katup target. setelah Anda memiliki katup target dan skor evaluasi. Setelah itu, nilai rasio bobot dan peningkatan dihitung. Perbandingan antara nilai target dan skor penilaian dikenal sebagai rasio peningkatan, atau IR.

Tabel 2. Planning matriks

Atribut	Banchmarking					Evaluatio n score	Terge t value	IR	RII	Weigh t	% Weigh t
	1	2	3	4	5						
Harga					5	5	3	0.60	4.17	2.50	5.99
Fungsi	5					1	5	5.00	4.50	22.50	53.91
Keamana n		4				2	4	2.00	4.23	8.47	20.29
Kapasitas			4			3	4	1.33	3.77	5.87	14.06
Daya					5	5	3	0.60	4.00	2.40	5.75

Keterangan:

<b>Alat Manual</b>	
<b>Bioreaktor anaerob</b>	

Pada tahap respon teknis, permintaan dan preferensi pelanggan non-teknis diubah menjadi informasi yang lebih teknis dengan tujuan untuk memuaskan kebutuhan dan keinginan tersebut. Istilah "respon teknis" juga dapat merujuk pada

sudut pandang teknologi yang menjawab permintaan pelanggan, seperti yang disebutkan sebelumnya dalam penelitian Voice of the Customer (VoC).

Tabel 3. respon teknis atribut

Atribut	Respon Teknis
<b>Harga</b>	Pemilihan Bahan Baku
	Fitur Pengaduk
	Fitur Pemanas
	Fitur Pengatur Suhu Otomatis
	Fitur Sensor Suhu
	Fitur Safety Valve
	Ukuran tabung
<b>Fungsi</b>	Fitur Pemanas
	Fitur Pengaduk
	Fitur Pengatur Suhu Otomatis
	Fitur Sensor suhu
<b>Keamanan</b>	Fitur Sensor Suhu
	Pemilihan Bahan Baku
	Fitur Safety Valve
	Fitur Pengatur Suhu Otomatis
	Fitur Sensor Suhu
	Pemilihan Besarnya Konsumsi Listrik
<b>Kapasita</b>	Fitur Pengaduk
	Fitur Pemanas
	Pemilihan Besarnya Konsumsi Listrik
	Ukuran Tabung
<b>Daya</b>	Pemilihan Besarnya Konsumsi Listrik
	Fitur Pengaduk
	Fitur Pemanas
	Fitur Pengatur Suhu Otomatis
	Ukuran Tabung

Relationship yaitu atribut dan respon teknis yang saling berhubungan, pada tahapan ini dilakukan penilaian untuk mengetahui hubungan dengan pemberian tanda berdasarkan tingkat hubungan. Tingkat hubungan dibagi menjadi tiga yaitu kuat, sedang dan lemah seperti pada gambar 3.

Tanda	Hubungan	Skor
●	Kuat	9
□	Sedang	3
△	Lemah	1

Gambar 3. Tanda relationship matrix

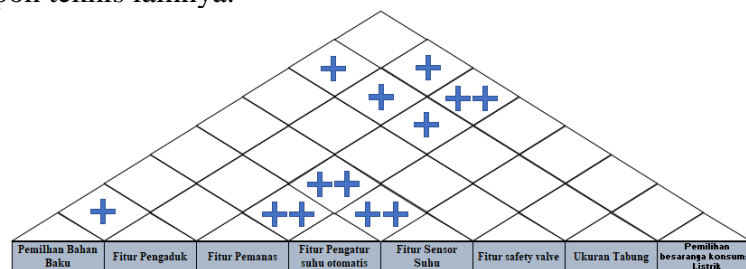
Hubungan yang kuat, sedang, lemah, dan tidak relevan antara karakteristik dan respons teknis dapat dilihat pada Gambar 4. Salah satu ilustrasi asosiasi yang signifikan adalah antara fitur penetapan harga dan pemanasan. Masalah ini bisa disebabkan oleh semakin mahal biaya fitur pemanas biasanya semakin besar juga kapasitas dan kemampuas fitur pemanas dalam memanaskan cairan fermentasi. Hubungan antara daya dengan fitur pengaduk merupakan salah satu contoh

hubungan yang sedang. Fitur pengaduk memerlukan daya listrik untuk dapat berputar, namun kecepatan dan arah gerak putaran masih tergantung dari motor atau dinamo. Hubungan antara kewanaman dan pemilihan bahan baku merupakan salah satu hubungan yang lemah. Pemilihan baku berpengaruh pada kewanaman, namun karena bahan baku seperti drum plastik tidak mudah meleleh atau bocor sehingga menyebabkan pengaruhnya kecil. Sedangkan untuk atribut yang tidak berhubungan seperti pemilihan bahan baku dan daya tidak diberi tanda.

Atribut	Pemilihan Bahan Baku	Fitur Pengaduk	Fitur Pemanas	Fitur Pengatur suhu otomatis	Fitur Sensor Suhu	Fitur safety valve	Ukuran Tabung	Pemilihan besarnya konsumsi Listrik
Harga	● 22.500	● 22.500	● 22.500	□ 7.500	□ 7.500	□ 7.500	● 22.500	
Fungsi		● 202.500	● 202.500	● 202.500	□ 67.500			
Keamanan	△ 8.467			● 76.200	● 76.200	● 76.200		
Kapasitas	□ 17.600	□ 17.600	□ 17.600				● 52.800	□ 17.600
Daya		□ 7.200	● 21.600	□ 7.200			□ 7.200	● 21.600

Gambar 4. Relationship matrix

*Technical Correlation* merupakan keterkaitan antara setiap respon teknis yang ada. Proses pembentukan korelasi teknis menetapkan respon teknis yang satu dengan respon teknis lainnya.



Gambar 5. Technical Correlation

Berikut merupakan keterangan dari tanda pada technical correlation.

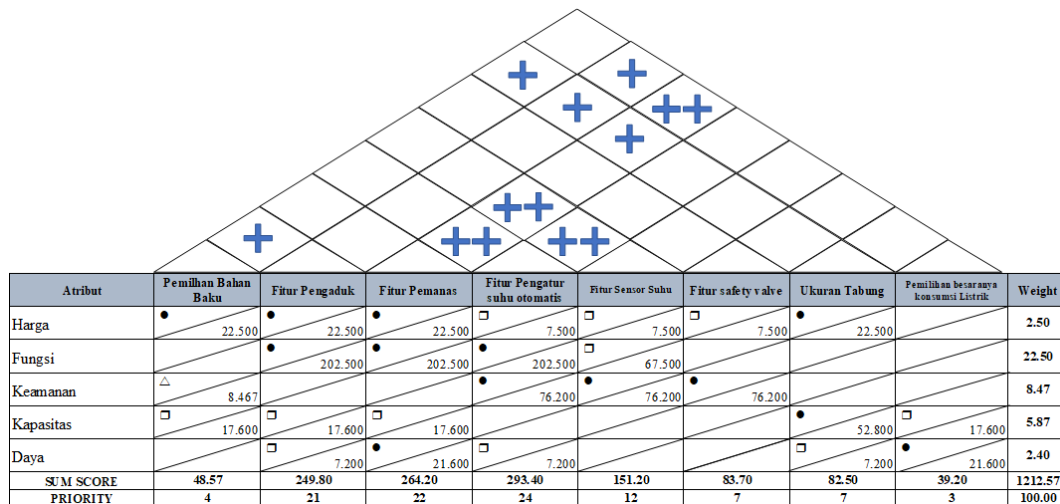
- ++ : Strong correlation
- + : Partitive correlation
- : Negative correlation
- ▼ : Strong negative correlation

Korelasi teknis antara jawaban teknis ditunjukkan pada Gambar 5. Bagan ini menggambarkan banyak jenis korelasi antara jawaban teknis dalam perangkat bioreaktor anaerobik, termasuk korelasi kuat, korelasi partitif, korelasi negatif, dan korelasi negatif kuat. Misalnya, fitur pemanas dan fitur pengatur suhu otomatis memiliki hubungan yang substansial, sedangkan fitur pemilihan bahan baku dan fitur mixer hanya memiliki korelasi yang lemah. Indikasi spesifik tidak digunakan untuk menunjukkan respon teknis yang tidak berhubungan.

Prioritas adalah persentase dari total nilai yang diberikan kepada setiap respon teknis. Nilai-nilai ini dihasilkan melalui matriks hubungan (relationship matrix). Sementara itu, target merupakan tujuan yang ingin dicapai untuk setiap respon teknis. Hasil dari penetapan prioritas dan target ditampilkan dalam Gambar 6 di bawah ini.

Matriks HOQ yang digambarkan pada Gambar 5 berisi temuan interaksi. Karena dibuat untuk memudahkan petani dalam mengoperasikan proses fermentasi, yang tentunya juga dipengaruhi oleh pemanas dan pengaduk yang terpasang di dalamnya, maka respon teknis fungsi alat dan fitur pemanas mempunyai hubungan

yang kuat. Biaya fitur pemanas dan jangkauan penggunaan daya yang luas tidak memiliki korelasi yang kuat satu sama lain atau dengan jawaban teknologi lainnya.



Gambar 6. House of quality

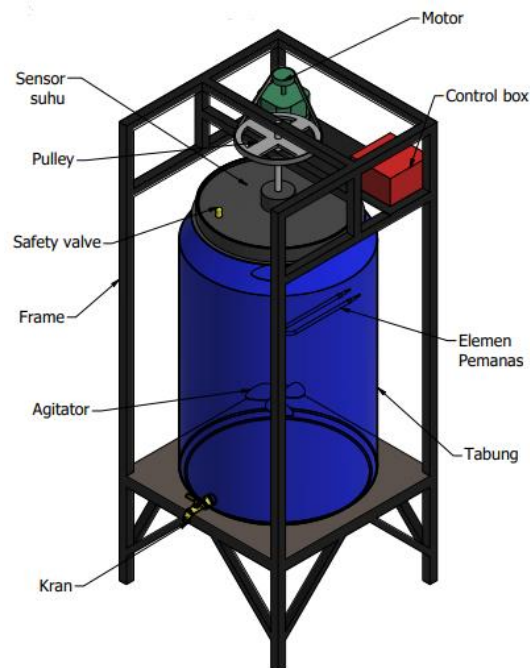
### Konsep Ide

Dua konsep tercantum pada Tabel 4, di mana deskripsi produk akan dibuat berdasarkan respons teknis yang ditentukan. Keputusan kemudian dibuat setelah sesi *brainstorming* dan wawancara. Produk ini diharapkan terbuat dari drum plastik dengan kunci 200 liter dan besi berongga untuk rangkanya. Produk akan menggunakan sistem pengoprasian PID dimana petani hanya akan menunggu sampai proses selesai. Pemanas akan terbuat dari tembaga sebagai pengantar panas yang baik. Fitur pengaduk akan memakai baling-baling turbin impeler. Adanya safety valve dan produk dirancang untuk tidak memberatkan kelompok tani pada konsumsi listrik.

Tabel 4. Penyusunan konsep produk

Respon Teknis	Konsep Ide	
	Konsep 1	Konsep 2
<b>Fitur Pengatur Suhu Otomatis</b>	Pemberian fitur urduino uno	Pemberian fitur timer menggunakan PID
<b>Fitur pemanas</b>	Produk dibuat dengan bahan baku tembaga	Produk dibuat dengan bahan baku stainless
<b>Fitur Sensor suhu</b>	thermocouple type K	-
<b>Fitur pengaduk</b>	model turbin impeller	model propeller impeller
<b>Pemilihan bahan baku produk</b>	Rangka terbuat dari besi hollow & Drum aluminium	Rangka terbuat dari besi hollow & Drum terbuat dari drum plastik
<b>Fitur safety valve</b>	ada	ada
<b>Pemilihan ukuran produk</b>	Drum 200 lt tanpa pengunci	Drum 200 lt dengan pengunci
<b>Pemilihan besar konsumsi listrik</b>	Besar konsumsi listrik dirancang untuk tidak memberatkan kelompok tani	Besar konsumsi listrik dirancang untuk tidak memberatkan kelompok tani

## Desain

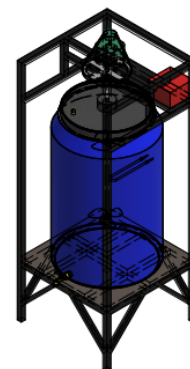


Gambar 7. Desain alat bioreaktor anaerob

Tampak Atas ( 1 : 25 )



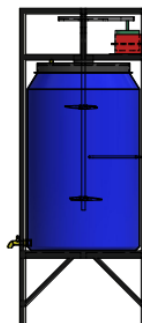
Tampak Isometrik ( 1 : 25 )



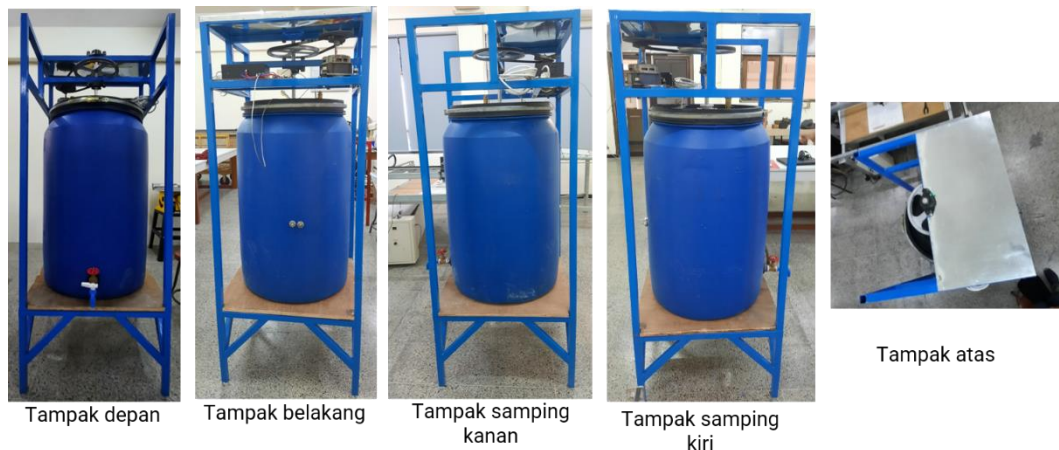
Tampak Depan ( 1 : 25 )



Tampak Samping ( 1 : 25 )



Gambar 8. layout bioreaktor anaerob dari beberapa sisi  
**Prototipe Alat Bioreaktor Anaerob**



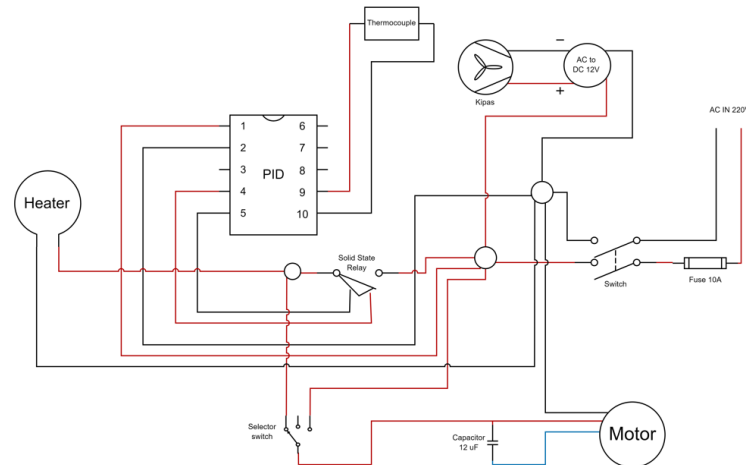
Gambar 9. Protipe bioreaktor anaerob

### Fungsi Kerja Alat

PID, atau turunan integral proporsional, adalah jenis pengontrol yang digunakan untuk menilai ketepatan sistem instrumentasi sekaligus memberikan umpan balik kepada sistem merupakan cara kerja bioreaktor dengan menghasilkan masukan dari sensor suhu dan menerjemahkannya ke dalam sistem. Pada PID dilakukan pengaturan suhu antara  $38^{\circ}\text{C}$  –  $42^{\circ}\text{C}$ , jika suhu berada di sebelum  $42^{\circ}\text{C}$  atau kisaran  $38^{\circ}\text{C}$  –  $42^{\circ}\text{C}$  maka water heater dan dinamo montor akan menyala, sedangkan jika melebihi suhu yang telah ditentukan maka water heater dan dinamo akan berhenti otomatis.

Dari PID input akan dikirimkan ke SSR yang berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan sesuai dengan perintah dari PID, pada alat bioreaktor anaerob PID akan mengirimkan sinyal untuk menghidupkan heater pada suhu  $38^{\circ}\text{C}$  sehingga sinyal tersebut akan dikirimkan ke SSR untuk melakukan perintah dari PID atau dari sinyal tersebut maka listrik akan diteruskan dari SSR ke dinamo atau heater.

Dinamo baru akan bekerja setelah mendapat input atau kiriman listrik untuk bisa menggerakkan baling-baling pengaduk. Prinsip kerja motor yaitu memutar poros yang dihubungkan dengan pengaduk. Pengadukan di dalam bioreaktor anaerob memiliki beberapa fungsi diantaranya yaitu menjaga agar tidak ada endapan atau gumpalan dasar drum. Selain itu, dapat meningkatkan jumlah interaksi antara kuman dan substrat, yang akan membantu bakteri mendapatkan makanan yang cukup. Pengaduk dengan putaran bertahap lebih disukai karena pengaduk dengan kecepatan tinggi dapat membahayakan mikroorganisme.



Gambar 10. Skema rangkaian control box

### Uji Coba

Uji coba alat perlu dilakukan dengan tujuan yaitu untuk mengetahui kelayakan produk dan melihat kinerja alat. uji coba alat dilakukan pada skala kecil terlebih dahulu untuk meninjau hasil validasi dari penelitian yang sudah dijalankan, jika ada kekurangan atau komponen yang tidak berfungsi sehingga bisa diperbaiki sebelum diedarkan atau diproduksi dalam jumlah banyak. Percobaan dilakukan dalam dua tahap, pertama menguji nutrisi organik dan kemudian efek nutrisi tersebut setelah diberikan secara intensif pada tanaman jagung yang digunakan sebagai media percobaan.

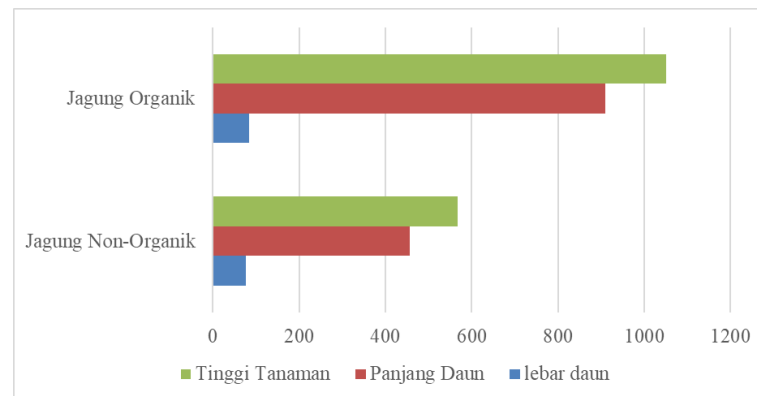
### Pengujian Pada Nutrisi Organik

Tabel 5. Pengujian pupuk organik menggunakan alat bioreaktor anaerob

Hari Ke-	Nilai pH	Standar pH	Warna Cairan	Bau Cairan
1	6.98	4 – 8	Coklat keruh	Belum berbau
2	6.78		Coklat keruh	Belum berbau
3	6.92		Coklat keruh	Mulai berbau
4	7.10		Kuning Pekat	Mulai berbau
5	6.92		Kuning Pekat	Khas fermentasi
6	7.03		Kuning	Khas fermentasi
7	7.06		Kuning	Khas fermentasi

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa rata-rata kisaran pH berada pada nilai 6.97, hal ini sudah memenuhi standar pH untuk bakteri *Pseudomonas flourencens* dan bakteri *Bacillus polymixa* bisa hidup. Warna cairan yang bermula kuning kecoklatan berubah menjadi putih keruh pada hari ke lima fermentasi, dan bau fermentasi sudah mulai tercium mulai hari ke 5. Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya nutrisi PGPR sudah bisa digunakan mulai dari hari ke-5.

### Pengujian Pada Tanaman



Gambar 11. Pengujian nutrisi organik pada tabanan jagung

Gambar 11 menunjukkan hasil dari 30 hari pengamatan penanaman jagung non-nutrisi dan jagung organik didapatkan hasil yaitu pada jagung non-nutrisi memiliki tinggi tanaman 567 mm, panjang daun 456mm, dan lebar daun 77mm. Tanaman jagung organik memiliki tinggi 1050mm, dengan panjang daun 910mm, dan lebar daun 84mm. Hasil tersebut membuktikan bahwa penggunaan nutrisi organik dapat mempercepat tinggi tanaman sehingga lebih menguntungkan bagi petani.

## KESIMPULAN

Pada tahap uji coba nutrisi organik yang dilakukan selama 7 hari didapatkan bahwa, pupuk organik bisa digunakan setelah 5 hari fermentasi menggunakan alat bioreaktor anaerob. Dimana pada hari kelima pupuk organik memiliki kisaran pH 6.79, warna kuning keruh, dan sudah muncul aroma khas fermentasi. Pengujian pada tanaman jagung didapatkan bahwa tanaman dengan penambahan nutrisi PGPR memiliki pertumbuhan yang cepat, batang dan daun lebih besar, serta warna daun yang lebih hijau. Sehingga kebutuhan nutrisi organik di Desa Papungan sebanyak 1.048 liter = 6 drum 200L dapat dibuat kurang dari 30 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ginting, R. (2010). *Perancangan Produk*. Graha Ilmu.
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan* (11th ed.). Salemba Empat.
- Murnawan, H. (2022). RANCANG BANGUN TUNGKU PELEBURAN LOGAM ALUMINIUM BERBAHAN BAKAR OLI BEKAS UNTUK MENEKAN BIAYA PRODUKSI GUNA MEMILIKI KEMAMPUAN DAN DAYA SAING DI PASAR. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 07(1), 8–13.
- Murnawan, H., & Eka Dewi Karunia Wati, P. (2018). Perancangan Ulang Fasilitas Dan Ruang Produksi Untuk Meningkatkan Output Produksi. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 19, No. 2, Agustus 2018, Pp. 157-165.
- Murnawan, H., Widiasih, W., & Tandriana, S. (2016). PERANCANGAN PRODUK PISPOT DUA BAGIAN DENGAN PENDEKATAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD) DAN ANALISIS SWOT. *Simposium Nasional RAPI XV*, 16, 497–503.
- N. Madu, C. (2019). *House of Quality in a Minute: Quality Function Deployment* (3rd ed.). Chi Publishers.

- Safik, M., & Wati, P. E. D. K. (2022). *PERANCANGAN ULANG ALAT ANGKUT GUNA MENURUNKAN ONGKOS MATERIAL HANDLING*.
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., & Yang, M. C. (2019). *Product Design and Development* (7th ed.). McGraw Hill.
- Wati, P. E. D. K., & Murnawan, H. (2022). PERANCANGAN ALAT PEMBUAT MATA PISAU MESIN PEMOTONG SINGKONG DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK ERGONOMI. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 9(1), 59–69. <https://doi.org/10.24853/jisi.9.1.59-69>
- Widiasih, W., & Murnawan, H. (2016, May). Penyusunan Konsep untuk Perancangan Produk Pot Portable dengan Pendekatan Quality Function Deployment (QFD). *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC 2016*, 76–85.
- Wignyanto, & Hidayat, N. (2017). *BIOINDUSTRI*. UB Press.