

Perancangan Kontainer Berpendingin pada Sepeda Motor dengan metoda *QFD* dan *TRIZ*

Ratna Sari Dewi^{1*} Ahmad Rusdiansyah¹ dan Farhan Herdiansyah¹

¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*Corresponding author, e-mail: ratna.sari.dewi80@gmail.com

Abstrak— Sayuran merupakan salah satu produk holkultura yang bersifat *perisable* (mudah rusak). Penurunan kualitas kesegaran sayuran yang dapat terjadi akibat pengaruh fisik, kimiawi, maupun fisiologis yang terjadi secara alami setelah proses pemanenan. Untuk menjamin terjaganya kesegaran sayuran saat didistribusikan, kontainer berpendingin dirancang dalam penelitian ini dengan mengkombinasikan metode *Quality Function Deployment (QFD)* dan *Teoriya Reshenia Izobretatelskikh Zadatch (TRIZ)*. Untuk mendapatkan *voice of customer* sebagai input utama dalam metode *QFD* dilakukan wawancara kepada para orang produsen sayur di Indonesia sebagai calon konsumen produk kontainer berpendingin yang dirancang. Kontradiksi yang muncul antara beberapa respon teknis dalam *QFD* diselesaikan dengan metode *TRIZ*. Sebagai hasil akhir, penelitian ini merekomendasikan beberapa target spesifikasi yang diimplementasikan pada prototipe kontainer berpendingin pada sepeda motor.

Kata Kunci : Distribusi sayuran, *Perishable product* dan *Voice of customer*

Abstract— *Vegetables are one of the perishable horticultural products. The freshness level of vegetables tends to be reducing due to physical, chemical, and physiological factors which happen naturally after the harvesting process. To ensure the freshness of vegetables during distribution, refrigerated containers were designed in this study by combining the Quality Function Deployment (QFD) and Teoriya Reshenia Izobretatelskikh Zadatch (TRIZ). To get the voice of customer as the main input in the QFD method, interviews were conducted to several vegetable producers in Indonesia as potential consumers of designed refrigerated container. Contradictions that arise between several technical responses in QFD are resolved by the TRIZ method. As the result, this study recommends some target specifications that can be implemented on the product prototype.*

Keywords : Vegetable distribution, *Perishable product* and *Voice of customer*



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License

I. PENDAHULUAN

Sayur merupakan salah satu kelompok bahan pangan yang oleh FAO diklasifikasikan sebagai bagian dari *Desirable Dietary Pattern* (Pola Pangan Harapan) yang berfungsi sebagai sumber vitamin dan mineral bagi tubuh [1]. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia [2], tingkat produksi komoditas sayuran cenderung mengalami pertambahan pada setiap tahunnya di seluruh pelosok Indonesia. Selain untuk pemenuhan konsumsi dalam negeri, permintaan ekspor untuk beberapa jenis sayuran juga mengalami peningkatan [2]. Dari 22 jenis tanaman sayuran semusim, tercatat sebanyak 17 jenis sayuran dapat

diekspor oleh Indonesia dengan total nilai ekspor sayuran semusim pada tahun 2017 dapat mencapai 14,48 juta USD [2].

Sebagai bahan pangan pendamping makanan pokok, sayuran umumnya disukai untuk dikonsumsi atau diolah dalam kondisi segar. Namun tingkat kesegaran yang baik ini tidak selalu dapat dipenuhi karena sayuran merupakan salah satu produk holkultura yang bersifat *perisable* (mudah rusak). Penurunan kualitas kesegaran sayuran ini dapat terjadi akibat pengaruh fisik, kimiawi, maupun fisiologis yang terjadi secara alami setelah proses pemanenan [3]. Kandungan kimiawi dan aktivitas berbagai jenis enzim pada sayuran juga dapat menyebabkan penurunan nilai

ekonomi dan gizi [3]. Sebagai contohnya, kandungan air yang tinggi pada tomat yang mencapai 94% dari total berat menyebabkan tomat relatif mudah membusuk.

Tantangan lain dari proses penjagaan kualitas sayuran juga berupa penanganan pasca panen sayuran belum mendapat perhatian yang cukup [4]. Karena sebagian besar konsumen dari sayuran bertempat tinggal di luar area pertanian sayuran, upaya penjagaan kualitas sayuran pada saat proses distribusi menjadi hal yang penting dilakukan. Pada prakteknya sampai saat ini banyak diantara produsen atau distributor sayuran yang tidak memperhatikan berbagai faktor yang berpengaruh pada kesegaran sayuran saat didistribusikan, sehingga konsumen menerima sayuran dengan kualitas kesegaran yang sangat rendah.

Salah satu faktor utama yang menentukan terjaganya kesegaran sayuran saat didistribusikan adalah suhu penyimpanan. Penyimpanan bersuhu rendah dinilai dapat memperlambat pembusukan oleh mikroorganisme sehingga akan sangat berguna dalam memperpanjang masa kesegaran sayuran, untuk menjaga kesinambungan harga supply, menstabilkan harga dan mempertahankan kualitas [4-5]. *Cold storage* (kontainer berpendingin) adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk menyimpan dan mempertahankan suhu rendah sayuran selama distribusi. Secara umum, *cold storage* dapat didefinisikan sebagai suatu alat yang dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menampung berbagai jenis produk yang membutuhkan proses pendinginan dan biasanya digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendinginkan atau mengawetkan makanan seperti daging, sayuran, dan buah-buahan [6].

Hal lain yang juga perlu diperhatikan dalam *delivery* sayuran adalah semakin besarnya keinginan masyarakat untuk memperoleh sayuran dengan cara yang praktis dan efisien. Hal ini terutama terjadi di area perkotaan dimana mobilitas masyarakat relatif tinggi dan waktu seringkali menjadi pertimbangan sekaligus batasan utama dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari termasuk sayuran. Sebagai akibatnya, banyak diantara warga perkotaan memilih penyedia produk kebutuhan sehari-hari yang menyediakan layanan pengiriman ke rumah (*home delivery*). Ditambah lagi, dengan berkembangnya teknologi digital melalui internet, para konsumen dapat memesan kebutuhan sayurannya secara lebih mudah dengan mengunjungi situs-situs/aplikasi-aplikasi *e-commerce*.

Tantangan lainnya adalah menentukan sarana transportasi yang tepat untuk mengangkut *cool*

storage agar sayuran dapat sampai di tangan konsumen secepat mungkin dan memiliki daya jangkau yang cukup luas. Walaupun pada prinsipnya konsep *home delivery* sudah diterapkan oleh tukang sayur tradisional yang umumnya menggunakan gerobak dorong, namun cara tersebut kurang efisien karena selain waktu *delivery* yang relatif lebih lambat, juga terlalu bergantung dengan tenaga fisik yang dimiliki oleh tukang sayur. Diantara berbagai alternatif moda transportasi di Indonesia, sepeda motor merupakan moda transportasi yang optimal untuk keperluan penjualan dan pengiriman sayuran. Selain sepeda motor dapat mengirimkan sayuran dalam waktu cepat, daya jangkau sepeda motor juga relatif luas karena dapat digunakan mengantar sayuran ke kompleks perumahan yang memiliki jalan perumahan cukup lebar, maupun ke perumahan padat penduduk dimana memiliki gang-gang sempit yang tidak bisa dilalui mobil.

Berdasarkan berbagai permasalahan dan kebutuhan di atas, penelitian ini bertujuan untuk merancang kontainer berpendingin yang dapat diangkut dengan sepeda motor sebagai sarana penjualan dan pengiriman sayuran. Agar kontainer berpendingin yang dirancang dalam penelitian ini juga sesuai dengan kebutuhan pengguna, *voice of customer* ditangkap sebagai input awal untuk tahap perancangan selanjutnya.

Secara keseluruhan proses perancangan produk container berpendingin ini mengadopsi langkah-langkah dalam *Quality Function Deployment (QFD)*. *QFD* berfokus pada *Voice of Customer (VOC)* dan menerjemahkannya kedalam karakteristik *engineering* [7]. Sebagai sebuah metode, *QFD* digunakan untuk mengembangkan kualitas desain yang bertujuan untuk memuaskan konsumen yang dilakukan dengan menerjemahkan permintaan konsumen menjadi target desain dan menjadi poin utama dalam jaman kualitas untuk digunakan di seluruh tahap produksi [7-9].

Dalam penentuan target spesifikasi dari kontainer berpendingin seringkali ditemukan berbagai kontradiksi baik yang berasal dari keinginan *customer*, kondisi material yang digunakan, biaya produksi yang dikeluarkan maupun dari faktor lingkungan [10]. Oleh karenanya, metode *QFD* yang diimplementasikan dalam penelitian ini akan dilengkapi dengan menerapkan metode *Teoriya Reshenia Izobretatel'skikh Zadatch (TRIZ)* [11] untuk mencari solusi dari berbagai kontradiksi yang muncul tersebut.

II. METODOLOGI

A. *Quality Function Deployment (QFD)*

Secara umum, *Quality Function Deployment (QFD)* terdiri atas lima tahap yaitu mengidentifikasi kebutuhan *customer* (mendefinisikan fitur produk yang diharapkan oleh *customer*), mendefinisikan spesifikasi desain (keinginan *customer* akan diterjemahkan dalam bentuk spesifikasi produk), mengidentifikasi karakteristik sub sistem (spesifikasi produk akan didetilkkan menjadi kebutuhan komponen), menentukan spesifikasi proses manufaktur (menyesuaikan dengan berbagai mesin dan peralatan yang telah ada atau akan diadakan, termasuk mendefinisikan aktivitas produksi apa saja yang akan terlibat), dan menentukan spesifikasi untuk menjamin kualitas [12-13].

Dalam implementasinya, kelima tahap dalam *QFD* tersebut dituliskan ke dalam empat matriks, yaitu matrik perencanaan produk, matrik pengembangan part/subsistem, matrik perencanaan proses, dan matrik pengendalian proses/ kualitas [13]. Matrik perencanaan produk menghubungkan antara berbagai kebutuhan yang disampaikan oleh customer (*customer requirements*) dengan karakteristik kritis dari produk (*critical product requirements*), menganalisa kekuatan hubungan antara masing-masing elemen di keduanya, dan juga memberikan gambaran *benchmarking* antara tingkat kualitas produk kompetitor berdasarkan persepsi konsumen. Matrik ini juga dikenal sebagai *House of Quality (HOQ)*. Matrik pengembangan part/subsistem menghubungkan antara karakteristik kritis dari produk dan komponen kritis yang terkait. Matrik perencanaan proses membandingkan karakteristik komponen kritis dan operasi kunci dalam proses produksi (*critical process steps*). Matrik pengendalian proses/ kualitas memungkinkan untuk menghubungkan antara tahap-tahap dalam proses produksi dengan parameter proses dan pengendalian kualitas (*process & quality control parameters*) yang terkait. Dari keempat matrik dalam *QFD*, penelitian ini berfokus pada matrik pertama yaitu matrik perencanaan produk/*HOQ*

B. *Teoriya Reshenia Izobretatelskikh Zadatch (TRIZ)*

TRIZ yang merupakan akronim dari *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch* atau *Theory of Inventive Problem Solving* [11], dikembangkan pertama kalinya di Rusia oleh Genrich Sulovich Altshuller (1926-1998). Pada awal

perkembangannya, Altshuller menemukan bahwa jika berbagai jenis invensi dicari benang merahnya, terdapat prinsip-prinsip umum yang diterapkan pada tiap invensi tersebut [14]. Teori tersebut terus dikembangkan dengan tujuan untuk menciptakan suatu metode penyelesaian masalah yang kreatif [11].

Pada dasarnya, *TRIZ* adalah pendekatan yang sistematis untuk memahami dan memecahkan permasalahan yang memungkinkan diimplementasikannya pemikiran yang jernih (berdasarkan logika/ bukan intuisi) dan dibangkitkannya ide-ide inovatif [15]. Sebagai sebuah teknik pemecahan masalah, *TRIZ* memungkinkan seluruh anggota tim dapat bekerja sama untuk memahami permasalahan dan membangkitkan ide-ide untuk memecahkan berbagai permasalahan tersebut [15].

Salah satu konsep penting dalam *TRIZ* adalah bahwa masalah muncul karena adanya kontradiksi. Oleh karenanya, memecahkan masalah pada dasarnya adalah mencari jalan untuk menghilangkan kontradiksi. Berikut adalah langkah-langkah dalam *TRIZ* [16-17]:

1. Memilih permasalahan teknis (*select a technical problem*).

Pada tahap ini permasalahan teknis dari sebuah produk diidentifikasi dan menentukan kontradiksi antara dua atau lebih permasalahan teknis.

2. Memformulasikan kontradiksi fisik (*formulate a physical contradiction*).

Kontradiksi fisik diformulasikan berdasarkan permasalahan teknis untuk kemudian dicarikan solusinya.

3. Menformulasikan solusi ideal (*formulate an ideal solution*).

Pada tahap ini, fitur-fitur produk yang mendukung perbaikan dan yang memperburuk keadaan diidentifikasi. Kemudian diputuskan langkah-langkah untuk meningkatkan faktor-faktor yang diinginkan dan mengurangi faktor-faktor yang tidak diinginkan untuk mencapai solusi ideal.

4. Mencari berbagai teknik dan metoda untuk mendapatkan solusi dengan menggunakan pendekatan *TRIZ* (*find resources for the solution, making use of the capabilities of TRIZ*).

Untuk mendapatkan solusi ideal, prinsip-prinsip inventif harus ditentukan berdasarkan matrik kontradiksi antara fitur-fitur produk

yang mendukung perbaikan dan yang memperburuk keadaan. Selain matriks kontradiksi, metode *TRIZ* lainnya yang bisa digunakan adalah *the 40 inventive principles*, *the 39 Engineering Parameters*, *the 4 Separation Principles* dan lain-lain.

- Menentukan kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh tiap solusi dan memilih solusi yang terbaik (*determine the “strength” of the solutions and choose the best one*).

Pada tahap ini, diantara berbagai solusi yang muncul pada tahap 4, dipilih solusi terbaik sesuai dengan permasalahan yang dihadapi.

- Memprediksikan perkembangan sistem yang dipertimbangkan dalam permasalahan (*predict the development of the system considered within the problem*).

Pada langkah ini dilakukan pengembangan sistem yang baru dan menerapkan metode yang sesuai untuk memecahkan masalah. Selain itu dikaji pula apakah sistem dan metodologi baru yang dirancang akan mempengaruhi sistem yang lebih besar atau tidak.

- Menganalisa proses implementasi solusi untuk mencegah munculnya permasalahan yang sama (*analyze the solution process in order to prevent similar problems*).

Pada langkah ini solusi yang didapatkan akan dianalisa sebagai langkah preventif agar permasalahan sejenis tidak akan muncul di masa depan.

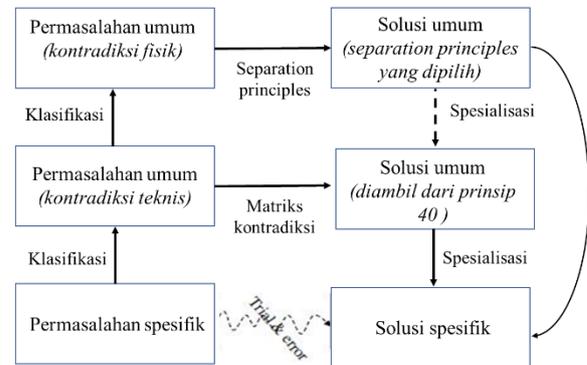
Secara umum, keseluruhan langkah dalam *TRIZ* tersebut dapat diilustrasikan sebagaimana yang terdapat pada Gambar 1. Dalam penelitian ini, metode *TRIZ* diimplementasikan untuk mencari solusi dalam kontradiksi yang muncul antar respon teknis (*engineering characteristics*) pada *HOQ*.

C. Proses Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap awal, penelitian ini mengumpulkan berbagai informasi mengenai bagaimana proses bisnis yang dilakukan oleh produsen sayuran. Dalam tahap ini, dilaksanakan wawancara kepada 10 orang produsen sayur di Indonesia sebagai calon konsumen produk kontainer berpendingin. Beberapa hal yang ditanyakan saat wawancara adalah bagaimana teknis pengantaran sayuran kepada konsumen, omzet per bulan dan berat

maksimal sayuran yang diangkut dengan menggunakan sepeda motor.

Selain proses bisnis, dalam wawancara tersebut juga diidentifikasi kebutuhan pelanggan (*voice of customer*) atas kontainer berpendingin yang dirancang dalam penelitian ini. Berdasarkan pernyataan para calon pelanggan ini, dirumuskan atribut produk. Atribut produk inilah yang akan diolah dan dianalisa lebih lanjut dengan metode *HOQ* dan *TRIZ*.



Gambar 1. Metode pemecahan masalah dengan *TRIZ*.

Sumber: Stratton, Mann, & Otterson [18]

III. HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan hasil wawancara, hampir seluruh produsen sayuran yang diwawancarai menyatakan bahwa pernah menggunakan sepeda motor untuk mengangkut hasil sayurannya untuk diantarkan menuju konsumen. Berat maksimal sekali angkut sayuran dengan motor berkisar antara 5-10 kg.

Selanjutnya, sebagian besar responden mengantarkan hasil sayurannya menggunakan kendaraan pribadi atau menggunakan jasa pengiriman baik untuk pengiriman jarak dekat maupun untuk luar kota. Relatif sedikit diantara para produsen sayuran ini yang mengandalkan konsumen sayuran datang sendiri ke tempat/lokasi penjualan untuk melakukan transaksi.

Sebagian besar pengusaha sayuran ini memiliki omzet berkisar antara 5 sd 10 juta per bulan. Namun ada beberapa produsen sayuran yang memperoleh omzet lebih dari 50 juta perbulan.

Tabel 1 menunjukkan *voice of customer* yang diperoleh dari wawancara mengenai hal-hal yang dibutuhkan oleh para produsen sayuran dalam rancangan kontainer berpendingin pada sepeda motor. Pernyataan ini kemudian diinterpretasikan menjadi daftar kebutuhan pelanggan.

Berdasarkan hasil interpretasi kebutuhan pengguna, ditentukan atribut produk sebagai berikut:

1. Keamanan
2. Kemudahan Penggunaan
3. Harga
4. Kapasitas Angkut
5. Kekuatan dan Keandalan Produk
6. Kenyamanan
7. Kemudahan perawatan
8. Desain Produk
9. Hemat Bahan Bakar

Tabel 1. Hasil Wawancara dengan Calon Konsumen

No.	Voice of customer	Customer need
1	Desain harus dibuat sesuai dengan kemampuan kendaraan agar aman dalam perjalanan.	Produk yang aman bagi penggunanya
2	Sayuran yang diangkut biasanya cukup banyak dalam sekali angkut.	Kapasitas yang memadai
3	Kesanggupan konsumen (pengusaha dan penjual sayuran) untuk membeli produk.	Harga produk harus sesuai dengan fitur yang ditawarkan
4	Sayuran cepat layu apabila terkena matahari langsung dan terkena hujan.	Material yang digunakan harus melindungi dari faktor cuaca diperjalanan.
5	Produk dibuat seperti kotak motor rokok yang nyaman serta muat di sisi kanan dan kiri.	Bentuk produk harus dibuat nyaman mungkin sesuai dengan kapasitas.
6	Daya untuk refiperatornya diambilkan dari motor agar tidak menambah sumber daya.	Produk harus irit sumber daya.
7	Jika terjadi kerusakan pada mesin bingung harus diperbaiki dimana.	Produk harus mudah dari segi mekanisme pengoperasian maupun perawatannya.

Atribut-atribut produk tersebut kemudian dianalisa lebih lanjut dengan *HOQ*/matrik perencanaan (*planning matrix*). Langkah ini dilakukan dengan menentukan tingkat kepentingan dari masing-masing atribut, menentukan *evaluation*

score dan nilai target tiap atribut, dan menghitung bobot final tiap atribut.

Penentuan tingkat kepentingan untuk masing-masing atribut dilakukan dengan penyebaran kuisioner kepada para produsen sayuran dimana tingkat kepentingan akhir dari masing-masing atribut merupakan nilai modus dari hasil penilaian para responden tersebut. Nilai tingkat kepentingan ini disebut *Relative Important Index (RII)*. *RII* pada masing-masing atribut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. *Relative Important Index (RII)*

No	Atribut	<i>RII</i>
1	Keamanan	4
2	Kemudahan Penggunaan	3
3	Harga	3
4	Kapasitas Angkut	4
5	Kekuatan dan Keandalan Produk	4
6	Kenyamanan	3
7	Kemudahan Perawatan	4
8	Desain Produk	2
9	Hemat Bahan Bakar	3

Langkah selanjutnya adalah menentukan *evaluation score* dan target value dari masing-masing atribut. *Evaluation score* merupakan nilai atribut produk eksiting yang sejenis dengan kontainer berpendingin yang akan dirancang, sedangkan target value adalah nilai yang ingin dicapai oleh produk yang akan dirancang. *Improvement Ratio (IR)* merupakan perbandingan antara target value dengan *evaluation score*. Perhitungan nilai *IR* didapatkan dengan membagi target value dengan *evaluation score* seperti pada (1). Selanjutnya bobot (*weight*) didapatkan dari perkalian antara *IR* dengan *RII* seperti pada (2). Karena nilai *weight* merupakan bobot dari masing-masing atribut, prosentase *weight* untuk masing-masing atribut didapatkan dengan membagi nilai *weight* pada atribut tersebut dengan total *weight* dari seluruh atribut sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

$$IR = \frac{\text{Target Value}}{\text{Evaluation Score}} \quad (1)$$

$$\text{Weight} = IR \times RII \quad (2)$$

Tabel 3. Perhitungan Bobot (*weight*) untuk tiap Atribut

No	Atribut	Evaluation Score	Target Value	IR	RII	Weight	% Weight
1	Keamanan	3	4	1.3	4	5.3	0.13
2	Kemudahan Penggunaan	4	4	1.0	3	3.0	0.07
3	Harga	2	4	2.0	3	6.0	0.14
4	Kapasitas Angkut	3	4	1.3	4	5.3	0.13
5	Kekuatan dan Keandalan Produk	4	5	1.3	4	5.0	0.12
6	Kenyamanan	3	4	1.3	3	4.0	0.10
7	Kemudahan Perawatan	3	4	1.3	4	5.3	0.13
8	Desain Produk	4	4	1.0	2	2.0	0.05
9	Hemat Bahan Bakar	2	4	2.0	3	6.0	0.14

Bagian selanjutnya dalam *HOQ* adalah penentuan *product requirements* atau respon teknis yang terkait dengan masing-masing atribut (ditunjukkan pada Tabel 4). Beberapa respon teknis yang redundan dapat dieleminasi untuk menghasilkan respon teknis final dari produk (ditunjukkan pada Tabel 5).

Tabel 4. Respon Teknis tiap Atribut

Atribut	Respon Teknis
Keamanan	Bentuk Produk
	Berat Produk
	Daya Angkut
	Dimensi Produk
Kemudahan Penggunaan	Modularitas
	Durasi Setup
	Waktu Perbaikan
Harga	Jenis Material
	Jenis Sistem Pendingin
	Dimensi Produk
	Jumlah komponen
	Sumber Energi
Kapasitas Angkut	Dimensi Produk
	Bentuk Produk
	Daya Angkut
	Modularitas
Kekuatan dan keandalan Produk	Jenis Material
	Bentuk Produk
	Daya Angkut
	Durasi Setup
	Persebaran Suhu
Kenyamanan	Jenis Sistem Pendingin
	Dimensi Produk
	Berat Produk
	Jenis Material
Kemudahan Perawatan	Bentuk Produk
	Jumlah komponen
	Jenis Material
	Jenis Sistem Pendingin
	Modularitas
Desain Produk	Waktu Perbaikan
	Bentuk Produk
	Dimensi Produk
Hemat Bahan Bakar	Jenis Sistem Pendingin
	Persebaran Suhu
	Sumber Energi

Tabel 5. Respon Teknis Produk

No	Respon Teknis
1	Bentuk Produk
2	Berat Produk
3	Jumlah Komponen
4	Dimensi Produk
5	Modularitas
6	Daya Angkut
7	Jenis Material
8	Jenis Sistem Pendingin
9	Durasi <i>Set up</i>
10	Persebaran Suhu
11	Waktu Perbaikan
12	Sumber Energi

Penjelasan untuk masing-masing dari 12 respon teknis tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bentuk Produk

Bentuk produk ini selain harus membuat pengguna (penjual dan pembeli) nyaman dalam menggunakannya, bentuk produk juga harus dapat mengoptimalkan kapasitas jumlah sayuran yang diangkut. Secara umum, bentuk kontainer berpendingin ini dapat dibagi menjadi dua kriteria yaitu bentuk sederhana dan bentuk yang kompleks. Bentuk produk dikatakan sederhana apabila bentuk produk dekat dengan bentuk bangun ruang 3 dimensi dasar yaitu bentuk seperti kubus, balok, tabung, dan prisma. Selain dari keempat bentuk tersebut bentuk produk akan diklasifikasikan sebagai bentuk yang kompleks. Hal tersebut dimaksudkan selain proses desain dan pembuatan produk yang tidak terlalu rumit, juga dapat mengalokasikan dimensi dan beban komponen untuk mengoptimalkan ruang penyimpanan sayuran.

2. Berat Produk

Berat produk harus disesuaikan dengan kapasitas yang mampu ditopang oleh sepeda motor. Ketika

produk semakin berat hal tersebut akan menyebabkan sepeda motor kelebihan muatan. Kecepatan berkendara pun akan semakin berkurang karena beban yang besar. Selain itu hal tersebut akan mempengaruhi kenyamanan dan keamanan pengguna. Setiap jenis sepeda motor memiliki kapasitas beban yang berbeda, sehingga pemilihan sepeda motor juga harus dipertimbangkan, namun rata-rata sepeda motor hanya mampu mengangkut beban dengan *range* sebesar 120-150 kg. Sampai dengan saat ini, belum ada peraturan yang mengatur beban maksimal sepeda motor. Besarnya *range* tersebut ditentukan hanya dengan mempertimbangkan jumlah maksimal orang yang mampu ditopang adalah 2 orang dan dengan asumsi 1 orang memiliki berat sebesar 75 kg. Namun hal ini juga sangat tergantung pada jenis sepeda motor yang digunakan.

3. Jumlah Komponen

Jumlah komponen merupakan banyaknya komponen yang digunakan untuk membentuk satu kesatuan produk. Banyaknya jumlah produk akan mempengaruhi kompleksitas desain dan juga biaya yang dikeluarkan untuk membuat produk ini. Oleh karena itu komponen yang digunakan harus seefisien mungkin untuk mengurangi biaya produksi.

4. Dimensi Produk

Semakin besar dimensi produk yang dirancang maka akan mampu mengangkut kapasitas sayuran dengan jumlah yang lebih besar juga. Namun besarnya dimensi harus disesuaikan dengan peraturan pemerintah mengenai dimensi angkutan barang. Dimensi angkutan barang sendiri telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tahun nomer 74 tahun 2014 tentang angkutan jalan dimana pada pasal 10 ayat 4 menyebutkan bahwa muatan memiliki lebar tidak melebihi stang kemudi, tinggi muatan tidak melebihi 900 milimeter dari atas tempat duduk pengemudi, dan barang muatan ditempatkan dibelakang kemudi. Selain itu lalu juga disesuaikan dengan berat yang mampu ditopang oleh sepeda motor dan juga penentuan dimensi produk juga harus disesuaikan dengan *allowance* untuk pelapis pada rangka produk sehingga penentuan besarnya dimensi akan membuat kapasitas angkut menjadi optimal.

5. Modularitas

Modularitas adalah atribut dari sistem yang terkait dengan struktur dan fungsionalitas. Struktur modular adalah struktur yang terdiri dari unit-unit fungsional yang independent (modul) dengan antarmuka dan interaksi standar sesuai

dengan definisi sistem. Mengganti satu modul dengan modul lainnya menciptakan varian baru produk [19]. Dalam konteks ini produk akan sangat fleksibel ketika suatu komponen dipecah menjadi beberapa komponen tanpa mempengaruhi fungsi komponen lainnya. Contohnya, produk akan dibuat agar mudah dilepaskan dari sepeda motor dengan menggunakan penyangga. Hal ini mengantisipasi ketika sepeda motor dalam keadaan rusak, kontainer akan dengan mudah dipindahkan ke sepeda motor lainnya. Intinya produk harus diciptakan semodular mungkin karena hal ini akan membuat produk akan menjadi fleksibel dalam penggunaannya dan dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan pengguna sehingga akan meningkatkan kepuasan pengguna dalam menggunakan produk ini.

6. Daya Angkut

Daya angkut merupakan kemampuan produk untuk menopang banyaknya beban yang diangkut baik beban dari sayuran maupun beban dari sistem pendingin. Banyaknya beban yang mampu diangkut oleh produk menjadi parameter besarnya daya angkut yang dimiliki produk. Material yang digunakan dalam merancang produk ini juga harus mampu menahan beban dari sayuran dan melindungi sayuran dari cuaca diluar sehingga menjaga sayuran tetap segar.

7. Jenis Material

Material merupakan salah satu komponen utama dalam perancangan produk ini. Jenis material yang digunakan harus kokoh dan tidak mudah rusak. Selain itu pemilihan material ini penting untuk menyesuaikan berat produk. Contohnya untuk melindungi sayuran dari cuaca dan menjaga suhu di dalam produk tetap terjaga material yang digunakan tidak boleh dengan mudah menyerap panas, namun jenis material yang dipilih jangan sampai membuat produk menjadi terlalu berat. Pada produk ini material yang digunakan akan menyusun beberapa komponen, dan harus mampu untuk menjaga suhu didalam kontainer. Misalkan pada komponen rangka dimana ada beberapa alternatif material yang akan digunakan yaitu fiber glass, aluminium dan stainless steel untuk lapisan luar lalu polyurethane foam dan gabus untuk lapisan dalam yang bersifat isolator.

8. Jenis Sistem Pendingin

Sistem pendingin merupakan komponen utama yang akan membuat suhu sayuran dalam produk tetap terjaga. Parameter dalam pemilihan sistem pendingin ini harus dilakukan untuk mendapatkan suhu yang ideal dalam produk

dengan cepat namun dengan seefisien mungkin energi yang dikeluarkan dan juga membutuhkan sesedikit mungkin ruang untuk sistem pendingin. Salah satu alternatif jenis sistem pendingin yaitu peltier yang merupakan komponen kecil yang dapat mengambil panas hingga mencapai suhu yang rendah. Peltier juga biasa digunakan untuk mendinginkan prosesor pada komputer dan juga *cool box* dalam mobil untuk mendinginkan minuman kaleng. Selain peltier, alternatif lainnya yaitu menggunakan sistem yang sama dengan kulkas pada umumnya yaitu dengan menggunakan kompresor, kondensor, dan evaporator.

9. Durasi Set up

Durasi *set up* dalam konteks produk ini adalah lama waktu kontainer untuk dapat membuat suhu dalam ruangan kontainer mencapai suhu ideal sayuran. Semakin cepat waktu setup produk maka semakin cepat pula suhu dalam kontainer menjadi dingin dan dapat segera digunakan untuk proses pengiriman sayuran. Hal tersebut menjadi nilai positif bagi pelanggan karena akan mendapatkan kepuasan tersendiri sebab tidak membutuhkan waktu yang lama untuk menunggu suhu dalam kontainer menjadi dingin.

10. Persebaran Suhu

Persebaran suhu di dalam kontainer sangat penting untuk menentukan alokasi produk apa sajakah yang harus disimpan dalam ruang kontainer. Suhu harus tersebar secara merata sesuai dengan temperatur ideal yang dimiliki sayuran walaupun setiap sisi ruangan tidak memiliki temperatur yang sama. Misalkan pada sisi bawah kulkas memiliki temperatur yang mencapai titik beku maka jenis sayuran yang harus diletakkan dibagian bawah yaitu sayuran yang memiliki temperatur ideal mencapai 0°C. Berbeda dengan sisi ruang bagian atas yang memiliki temperatur yang tidak sedingin bagian bawah yaitu hanya sekitar 8-10°C. Maka jenis sayuran yang dapat diletakkan di bagian atas adalah sayuran yang memiliki temperatur ideal yang sesuai.

11. Waktu Perbaikan

Waktu perbaikan menjadi parameter bagaimana produk yang dirancang dapat dengan mudah dilakukan perawatan. Semakin cepat waktu perbaikan yang dilakukan maka akan semakin mudah bagi produk yang dirancang untuk digunakan dan dirawat oleh pengguna.

12. Sumber Energi

Sumber energi yang digunakan untuk menjalankan sistem pendingin harus digunakan seefisien mungkin. Hal tersebut akan mengurangi biaya

yang harus dikeluarkan pengguna untuk menjalankan sistem pendingin. Dalam hal ini menunjukkan pemilihan sumber energi harus memperhatikan karakteristik sistem pendingin tersebut dan juga daya yang dimiliki sumber energi harus sesuai dengan kebutuhan sistem pendingin. Beberapa alternatif sumber energi yang dapat digunakan yaitu aki dan genset yang menyimpan energi listrik untuk menghidupkan sistem pendingin.

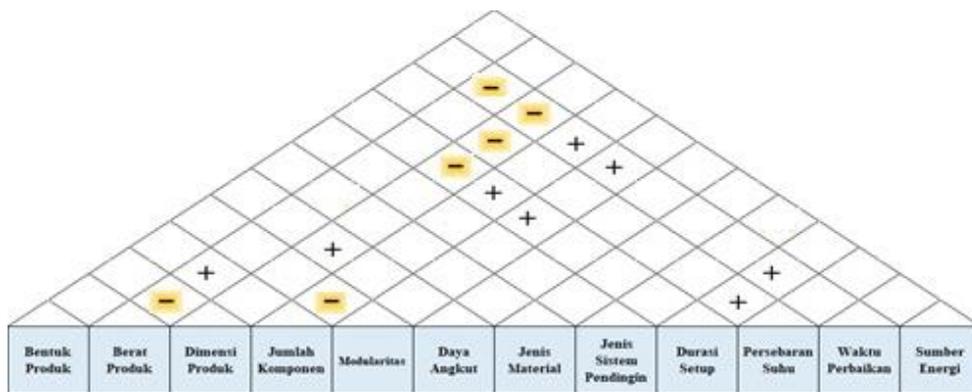
Tahap selanjutnya adalah penentuan hubungan antara atribut produk dan respon teknis produk serta menentukan prioritas pemenuhan masing-masing respon teknis. Hubungan antara masing-masing atribut produk dan respon teknis dinyatakan dalam 3 tingkat yaitu kuat (●) yang diberi skor 9, sedang (○) yang diberi skor 3, serta lemah (∇) yang diberi skor 1. Salah satu contohnya adalah antara atribut keamanan dengan respon teknis dimensi produk yang memiliki hubungan kuat. Hal ini dikarenakan dimensi produk akan sangat mempengaruhi keamanan dari pengguna. Semakin besar dimensi dari kontainer maka akan semakin berpotensi membuat pengguna menjadi tidak seimbang dalam mengendarai sepeda motor yang beresiko dapat menimbulkan kecelakaan. Prioritas masing-masing respon teknis diperoleh dengan mempertimbangkan baik hubungan antara atribut produk dan respon teknis maupun tingkat kepentingan relatif masing-masing atribut yang dinyatakan dalam nilai *weight*.

Gambar 2 menunjukkan baik matriks hubungan dan nilai prioritas tiap respon teknis dari produk kontainer berpendingin yang dirancang dalam penelitian ini. Dalam matriks tersebut ditampilkan nilai skor terbobot yang diperoleh dari mengalikan skor tingkat hubungan antara atribut produk dan respon teknis (9,3, atau 1) dengan nilai *weight* dari atribut produk yang bersesuaian. Nilai prioritas diperoleh dengan membagi masing-masing total nilai skor terbobot untuk tiap respon teknis dengan total nilai skor terbobot untuk semua respon teknis. Dari hasil perhitungan diperoleh dua respon teknis dengan prioritas tertinggi untuk diperhatikan dalam rancangan adalah jenis sistem pendingin dan dimensi produk.

Sebelum pada akhirnya menentukan target spesifikasi dari kontainer berpendingin yang akan dirancang, dilakukan analisa *technical correlation* terlebih dahulu yang menunjukkan hubungan korelasi antar tiap respon teknis. Setiap hubungan korelasi akan diberikan tanda (+) untuk hubungan positif (saling menguatkan) dan tanda (-) untuk hubungan negatif (saling kontradiktif).

Respon Teknis Atribut	Bentuk Produk	Berat Produk	Dimensi Produk	Jumlah Komponen	Modularitas	Daya Angkut	Jenis Material	Jenis Sistem Pendingin	Durasi Setup	Persebaran Suhu	Waktu Perbaikan	Sumber Energi	Weight
Keamanan		• / 1.14	• / 1.14			• / 1.14							0.13
Kemudahan Penggunaan					• / 0.643				• / 0.64				0.07
Harga			• / 1.29	• / 1.29			• / 1.29	• / 1.29				• / 1.29	0.14
Kapasitas Angkut	• / 1.14		• / 1.14		• / 1.143	• / 1.14							0.13
Kekuatan dan Keandalan Produk						• / 1.07	• / 1.07	• / 1.07	○ / 0.36	▽ / 0.119			0.12
Kenyamanan	▽ / 0.1	• / 0.86	• / 0.86				• / 0.86						0.10
Kemudahan Perawatan				• / 1.14	○ / 0.381		▽ / 0.13	• / 1.14			• / 1.14		0.13
Desain Produk	• / 0.43		○ / 0.14										0.05
Bahan Bakar Irit								• / 1.29		• / 1.286		• / 1.29	0.14
Total Skor	1.67	2.00	4.57	2.43	2.17	3.36	3.34	4.79	1.00	1.40	1.14	2.57	30.44
Prioritas	5.48%	6.57%	15.02%	7.98%	7.12%	11.03%	10.98%	15.72%	3.29%	4.62%	3.75%	8.45%	100%

Gambar 2. Matriks hubungan dan nilai prioritas tiap respon teknis.



Gambar 3. Technical correlation.

Gambar 3 menunjukkan *technical correlation* untuk produk kontainer berpendingin yang dirancang dalam penelitian ini.

Salah satu contoh hubungan positif dalam Gambar 3 adalah hubungan antara berat kontainer dengan jumlah komponen yang menyusun kontainer. Hubungan ini berkolerasi positif karena semakin banyak jumlah komponen yang terdapat dalam kontainer maka akan cenderung semakin berat pula kontainer tersebut. Contoh hubungan negatif terdapat pada hubungan antara berat dan dimensi kontainer. Kontainer dengan dimensi yang cukup besar akan cenderung menyebabkan berat kontainer semakin besar sehingga akan beresiko terhadap keselamatan pengendara motor. Untuk mendapatkan solusi dari semua hubungan yang kontradiktif tersebut diimplementasikan metode *Teoriya Reshenia Izobretatelkikh Zadatch (TRIZ)*.

Dalam penelitian ini, secara keseluruhan *TRIZ* disederhanakan menjadi tiga tahap, yaitu perubahan *specific problem* menjadi *general problem*, penyelesaian *general problem* menjadi *general solution*, dan perubahan *general solution* menjadi *specific solution*. Untuk memberikan gambaran keseluruhan proses ini, akan dibahas

implementasi tiga tahap tersebut untuk menyelesaikan kontradiksi antara dimensi dan berat produk.

Pada tahap pertama, *specific problem* yang dalam hal ini adalah tiap respon teknis diubah menjadi *general problem* yang merupakan salah satu dari 39 parameter teknis yang direkomendasikan oleh Altshuller [11]. Seluruh 39 parameter teknis dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 7 menjelaskan mengenai bagaimana implementasi tahap pertama ini untuk dimensi dan berat produk. Agar ruang penyimpanan maksimal, dimensi kontainer berpendingin pada dasarnya dapat dirancang semaksimal mungkin asalkan masih dalam batas yang telah ditentukan peraturan. Namun ketika dimensi kontainer diperbesar, berat kontainer akan semakin bertambah. Bertambahnya berat produk akan mempengaruhi kenyamanan dan keamanan pengguna. Resiko yang akan terjadi salah satunya tidak seimbangny kontainer saat diangkut di sepeda motor apalagi jika ditambah dengan berbagai sayuran yang nantinya akan dimasukkan dalam kontainer tersebut. Oleh karenanya dalam hal ini *general problem* bagi dimensi produk adalah *volume of stationary object*,

sedangkan respon teknis berat produk memiliki *general problem stability of object*.

Tabel 6. Tiga Puluh Sembilan Parameter Teknis

No	Parameter	No	Parameter
1	<i>Weight of moving object</i>	21	<i>Power</i>
2	<i>Weight of stationary object</i>	22	<i>Waste of energy</i>
3	<i>Length of moving object</i>	23	<i>Waste of substance</i>
4	<i>Length of stationary object</i>	24	<i>Loss of Information</i>
5	<i>Area of moving object</i>	25	<i>Waste of Time</i>
6	<i>Area of stationary object</i>	26	<i>Amount of substance</i>
7	<i>Volume of moving object</i>	27	<i>Reliability</i>
8	<i>Volume of stationary object</i>	28	<i>Accuracy of measurement</i>
9	<i>Speed</i>	29	<i>Accuracy of manufacturing</i>
10	<i>Force</i>	30	<i>Harmful factors acting on object</i>
11	<i>Tension, pressure, stress</i>	31	<i>Harmful side effects</i>
12	<i>Shape</i>	32	<i>Manufacturability</i>
13	<i>Stability of object</i>	33	<i>Convenience of use</i>
14	<i>Strength</i>	34	<i>Repairability</i>
15	<i>Durability of moving object</i>	35	<i>Adaptability</i>
16	<i>Durability of stationary object</i>	36	<i>Complexity of device</i>
17	<i>Temperature</i>	37	<i>Complexity of control</i>
18	<i>Brightness</i>	38	<i>Level of automation</i>
19	<i>Energy spent by moving object</i>	39	<i>Productivity</i>
20	<i>Energy spent by stationary object</i>		

Dalam langkah kedua yaitu penyelesaian *general problem* menjadi *general solution* akan dicari berbagai solusi atas kontradiksi yang telah digeneralisasi menjadi ide-ide baru yang kreatif. Alternatif ide untuk menyelesaikan solusi tersebut diambil berdasarkan 40 *principal invention* Altshuller [11] sebagaimana ditampilkan pada Tabel 8. Selanjutnya dari berbagai alternatif tersebut akan dipilih satu solusi yang paling memungkinkan untuk dijadikan solusi spesifik.

Tabel 7. Dimensi Produk versus Berat Produk

	Parameter to Improve	Undesired Result
<i>Specific Problem</i>	Dimensi Produk	Berat Produk
Prioritas	15.02%	6.57%
Keterangan	Dimensi produk memaksimalkan aturan undang-undang	Meminimalkan berat yang ditopang oleh sepeda motor
<i>General Problem</i>	<i>Volume of stationary object (8)</i>	<i>Stability of object (2)</i>
Keterangan	Volume produk yang seoptimal mungkin	Semakin besarnya volume produk akan semakin tidak seimbang saat menggunakannya

Berbagai alternatif solusi dari tiap kontradiksi dari parameter teknis diperoleh dari matriks kontradiksi atau Altshuller matrix [20]. Altshuller matrix saat ini sudah tersedia dalam bentuk *software* sederhana berbasis Microsoft excell yang disebut juga sebagai *TRIZ interactive matrix* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4. Seperti dapat dilihat pada Gambar 4, empat alternatif solusi dari *volume of stationary object* dan *stability of object* adalah *discarding and recovering (34)*, *mechanics substitution (28)*, *parameter changes (35)*, dan *composite materials (40)*.

Pada langkah terakhir, dilakukan pemilihan diantara beberapa *general solution* yang diperoleh pada tahap sebelumnya untuk kemudian dijadikan *specific solution*. Dalam hal kontradiksi antara dimensi dan berat kontainer berpendingin, dari keempat alternatif *general solution* yang direkomendasikan dalam *Altshuller matrix*, dipilih prinsip nomer 40 yaitu "*composite materials*".

Prinsip ini merekomendasikan untuk menggunakan material komposit yang cenderung lebih ringan. Umumnya material yang dipilih untuk kontainer berpendingin adalah fiber glass untuk lapisan luar dan plat stainless steel untuk lapisan dalam. Selain itu, styriofoam digunakan sebagai lapisan isi antara lapisan dalam dan luar tersebut dan rangka kontainer umumnya adalah stainless steel.

Sesuai dengan rekomendasi *general solution* yaitu menggunakan material komposit, kontainer dalam penelitian ini dirancang untuk menggunakan material komposit polyurethane sebagai material utama yang akan diisikan diantara dua plat aluminium. Sesuai dengan rekomendasi *general solution* yaitu menggunakan material komposit,

kontainer dalam penelitian ini dirancang untuk menggunakan material komposit polyurethane sebagai material utama yang akan diisikan diantara dua plat aluminium.

Tabel 8. *The 40 Inventive Principles*

No	Principle	No	Principle
1	Segmentation	21	Skipping
2	Taking out	22	“Blessing in Disguise” or “Turn Lemons into Lemonade”
3	Local quality	23	Feedback
4	Asymetry	24	Intermediary
5	Merging or Combining	25	Self-service
6	Universality	26	Copying
7	Nesting	27	Cheap short-living objects
8	Counterweight	28	Mechanics Substitution
9	Prior Counteraction	29	Use pneumatic or hydraulic systems
10	Prior action	30	Flexible shells or thin films
11	Cushion in advance	31	Use of porous materials
12	Equipotentiality	32	Changing the colour
13	Inversion	33	Homogeneity
14	Spheroidality	34	Discarding and recovering
15	Dynamicity	35	Parameter Changes
16	Partial, overdone or excessive action	36	Phase transition
17	Moving to a new dimension	37	Thermal expansion
18	Mechanical Vibration	38	Use strong oxidisers
19	Periodic action	39	Inert environment
20	Continuity of useful action	40	Composite materials

Pemilihan aluminium dilatarbelakangi karena memiliki berat yang relatif ringan dan mampu menjaga suhu ruangan agar tetap dingin. *Mechanics Substitution* tidak dipilih karena terlalu kompleks dan menambah terlalu banyak biaya. *Parameter changes* sebenarnya dapat dipilih karena solusi yang ditawarkan berupa perubahan parameter bentuk fisik produk, namun solusi ini masih terlalu general untuk menyelesaikan permasalahan dimensi produk. Sedangkan *discarding and recovering* juga tidak dapat

diimplementasikan dalam rancangan kontainer ini karena tidak ada bagian dari kontainer ini yang dapat dibuang atau dialihfungsikan ketika sudah memenuhi fungsi utamanya.

Specific solution yang telah dipilih ini menjadi dasar penentuan target spesifikasi kontainer berpendingin yang dirancang. Target spesifikasi dari masing-masing respon teknis dapat dilihat pada Tabel 9. Setelah target spesifikasi dari masing-masing respon teknis ditentukan maka telah selesai seluruh tahapan dari analisa House of Quality (HOQ) yang dipadukan dengan pendekatan TRIZ.

Gambar 4. *General solution volume of stationary object vs stability of object* dalam tampilan TRIZ interactive matrix.

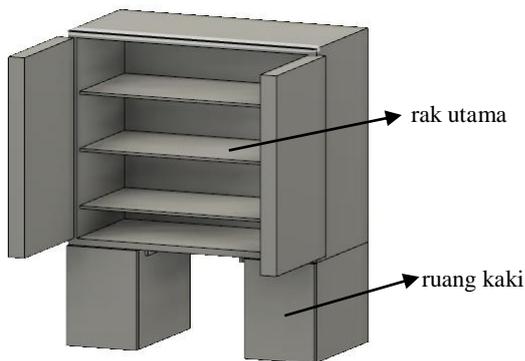
Tabel 9. Target Spesifikasi

Respon Teknis	Target
Bentuk Produk	Bentuk U terbalik dengan sudut masing-masing 90° seperti balok
Berat Produk	< 150 Kg
Dimensi Produk	P = 45, L = 92, T = 110 cm
Jumlah Komponen	5 komponen utama
Modularitas	Rak modular, Produk dapat dilepas dari jok motor
Daya Angkut	50 – 100 Kg
Jenis Material	Aluminium, Polyurethane
Jenis Sistem Pendingin	Kompresor, Evaporator, Kondensor
Durasi Setup	< 30 menit
Persebaran Suhu	0 – 10 °C
Waktu Perbaikan	< 7 hari
Sumber Energi	Genset

Sebagai langkah akhir dalam penelitian ini,

berdasarkan target spesifikasi yang telah ditentukan, dirancanglah prototipe dari kontainer berpendingin di sepeda motor sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 5. Secara keseluruhan produk dibagi menjadi dua bagian yaitu rak utama yang digunakan sebagai tempat menyimpan sayuran dan ruang kaki digunakan sebagai tempat untuk meletakkan kompresor dan juga genset. Saat dinstalasikan di atas sepeda motor, ruang utama akan berada di atas jok sepeda motor, sedangkan kedua ruang kaki akan berada di samping kanan dan kiri jok.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan kombinasi pendekatan *QFD* dan *TRIZ* untuk beberapa produk baik yang bersifat *tangible* maupun *intangibile*. Sebagai contohnya, *QFD* dan *TRIZ* telah digunakan untuk mendesain ulang alat bantu press tahu [21], merancang mesin hemodialisis [22], dan meningkatkan mutu layanan jasa pendidikan [23]. Dengan mengimplementasikan *QFD* dan *TRIZ* untuk merancang kontainer berpendingin pada sepeda motor yang ditujukan sebagai sarana penjualan dan distribusi sayuran sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian ini, akan melengkapi implementasi praktikal perpaduan dua pendekatan tersebut khususnya di bidang logistik dan distribusi *perishable* produk. Hasil dari penelitian ini dapat dikembangkan untuk distribusi produk *perishable* lainnya seperti daging dan buah.



Gambar 5. Ilustrasi produk kontainer berpendingin.

IV. KESIMPULAN

Kontainer berpendingin pada sepeda motor dirancang dalam penelitian ini sebagai sarana distribusi (penjualan dan pengantaran) sayuran yang merupakan salah satu jenis produk hortikultura yang bersifat *perishable*. Beberapa atribut produk penting yang berasal dari *voice of customer* adalah keamanan, kemudahan penggunaan, harga, kapasitas angkut, kekuatan dan

keandalan produk, kenyamanan, kemudahan perawatan, desain produk, dan hemat bahan bakar. Atribut produk ini diterjemahkan menjadi beberapa respon teknis yaitu bentuk produk, berat produk, jumlah komponen, dimensi produk, modularitas, daya angkut, jenis material, jenis sistem pendingin, durasi *set up*, persebaran suhu, waktu perbaikan, dan sumber energi. Solusi dari kontradiksi yang muncul antara dua respons teknis dapat diperoleh dengan mengimplementasikan metode *TRIZ*. Pada akhirnya, penelitian ini merekomendasikan target-target spesifikasi yang diterapkan pada prototipe kontainer berpendingin pada sepeda motor yang dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aswatini, Noveria, M., & Fitranita. (2008). Konsumsi Sayur Dan Buah Di Masyarakat Dalam Konteks Pemenuhan Gizi Seimbang. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, III(2), 97–119. <https://doi.org/bhp270>[pii]r10.1093/cercor/bhp270
- [2] BPS-Statistics Indonesia. (2017). Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia 2017.
- [3] Samad, M. Y. (2006). Pengaruh Penanganan Pasca Panen Terhadap Mutu Komoditas Hortikultura. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 8(1), 31–36. Diakses dari <https://media.neliti.com/media/publications/131290-ID-pengaruh-penanganan-pasca-panen-terhadap.pdf>
- [4] Fauziah. (2010). Kemasan Serta Lama Penyimpanan Terhadap Karakteristik. *Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung*, 11(30), 1–42.
- [5] Wills, R. B. (2015). Low ethylene technology in non-optimal storage temperatures. *Advances in postharvest fruit and vegetable technology*, 167–190.
- [6] Rahmat, M. R. (2015). Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen. *Jurnal Imiah Teknik Mesin Februari Universitas Islam*, 3(4516), 16–30.
- [7] Akao, Y. (1990). *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. Oregon: Productivity Press.
- [8] Sullivan, L. P. (1986). Quality function deployment. *Quality Progress (ASQC)*, 39–50.
- [9] Chan, L. K., & Wu, M. L. (2002). Quality function deployment: A literature review. *European journal of operational research*, 143(3), 463–497.
- [10] Yeh, C. H., Huang, J. C., & Yu, C. K. (2011). Integration of four-phase QFD and TRIZ in product R&D: a notebook case study. *Research in Engineering Design*, 22(3), 125–141.
- [11] Rantanen, K., Conley, D. W., & Domb, E. R. (2017). *Simplified TRIZ: New Problem Solving*

- Applications for Technical and Business Professionals. Productivity Press.
- [12] Franceschini, F., & Terzago, M. (1998). An application of quality function deployment to industrial training courses. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- [13] Marson, E., & Sartor, M. (2019). *Quality Function Deployment (QFD). Quality Management: Tools, Methods, and Standards*, Emerald Publishing Limited, 77-90.
- [14] Hipple, J. (2003). What is TRIZ and How can it be used in Problem Solving or Brainstorming? Diakses dari <https://innovationmanagement.se/imtool-articles/what-is-triz-and-how-can-it-be-used-in-problem-solving-or-brainstorming/>
- [15] Oxford Creativity. (2019). What is TRIZ? Diakses dari <https://www.triz.co.uk/what-is-triz>
- [16] Retnari, D., Velahyati, A., & Hartati. (2011). Desain Backpack Berdasarkan Analisis Biomekanika dengan Pendekatan QFD dan TRIZ untuk Pendaki Wanita. Hasil Penelitian Fakultas Teknik, Grup Teknik Mesin, universitas Hasanuddin, Vol. 5, pp. 1-12, 2011.
- [17] Soewardi, H., & Mujahidi, M.F. (2016). Chapter 9 Design of The Innovative Clothes Dryer by using “ TRIZ ” Approach. Diakses dari <https://www.semanticscholar.org/paper/Chapter-9-Design-of-The-Innovative-Clothes-Dryer-by-Soewardi-Mujahidi/ec9a7dea63a2f8909e7fa9194e1571be0b10cd7d>
- [18] Stratton, R., Mann, D., & Otterson, P. (2000). The Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) and Systematic Innovation-a Missing Link in Engineering Education?. *TRIZ Journal*. <http://www.systematic-innovation.com>.
- [19] Miller, T. D., & Elgard, P. (1998). Defining modules, modularity and modularization. In *Proceedings of the 13th IPS research seminar*, Fuglsoe. Aalborg University Fuglsoe.
- [20] Mann, D. (2018). Getting The Best Out Of The Contradiction Matrix. *The TRIZ Journal*. <https://triz-journal.com/getting-the-best-out-of-the-contradiction-matrix/>
- [21] Sidanta, G. K., Budiawan, W., & Sriyanto, S. (2016). Redesain Alat Bantu Pres Tahu dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD) dan Teoriya Rezhenija Izobretatelskih Zadach (Triz)(Studi Kasus: CV. Sumber Rejeki, Lampung). *Industrial Engineering Online Journal*, 5(3).
- [22] Siregar, K., Ginting, R., & Siregar, I. (2018). Penyusunan Kebutuhan Perancangan Mesin Hemodialisis Menggunakan Kansei Engineering Serta Aplikasi QFD dan TRIZ. *Media Teknika*, 12(1).
- [23] Sulaiman, F. (2012). Aplikasi Quality Function Deployment (QFD) Dan Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch (TRIZ) Untuk

Meningkatkan Mutu Pelayanan jasa Pendidikan (Studi Kasus SMP Swasta An-Nizam Medan).

Biodata Penulis

Ratna Sari Dewi, mendapatkan gelar Sarjana Teknik dan Magister Teknik dari Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Bandung pada tahun 2003 dan 2005. Pada tahun 2017, menyelesaikan program S3 dari National Taiwan University of Science and Technology dengan bidang penelitian *human factors/ergonomi*. Mulai tahun 2008 sampai saat ini, bergabung sebagai staf pengajar di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Mulai tahun 2017, menjabat sebagai Kepala Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja. Bidang riset yang ditekuni adalah perancangan dan pengembangan produk, HCI, desain sistem kerja, kesehatan dan keselamatan kerja, serta *virtual reality*.

Ahmad Rusdiansyah, menyelesaikan program sarjana pada program studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 1992. Memperoleh gelar S2 dari Dalhousie University pada tahun 1999. Menempuh program S3 di Tokyo Institute of Technology pada bidang *Industrial Engineering and Management* (2000-2005). Menjadi staf pengajar di Institut Teknologi Sepuluh Nopember sejak tahun 1994 sampai dengan sekarang. Menjabat sebagai Kepala Laboratorium *Logistics and Supply Chain Management* (2016-2019) dan merupakan peneliti utama pada *Transportation and Distribution Logistics (TDLog) Research Group*. Bidang riset yang ditekuni adalah *Transportation and Distribution Logistics, Supply Chain Management, Strategic Information Systems, Knowledge and Innovation Management*.

Farhan Herdiansyah, lahir pada 8 Juli 1996 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Menempuh pendidikan formal di SDN Batu Ampar 13 Jakarta Timur (2002-2008), SMP Islam PB Soedirman Jakarta Timur (2008-2011), SMA Negeri 62 Jakarta Timur (2011-2014), dan menyelesaikan pendidikan Sarjana di Prodi Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya di tahun 2019.

