

PERANCANGAN *BRACKET* PENGUNCI MESIN *BRAZING* UNTUK PROSES *BRAZING* PADA MESIN AC MOBIL DENGAN METODE QFD DI PT XYZ BERDASARKAN ANALISIS DMAI

1st Hafizh Ashfia P
Teknik Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia

hafizhashfiapramudya@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Marina
Yustiana Lubis
Teknik Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia

marinayustianalubis@telkomuniversity.ac.id

3rd Hadi Susanto
Teknik Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia

hadist@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PT XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang otomotif berlokasi Kabupaten Bekasi. Salah satu produk yang dihasilkan adalah AC mobil. Berdasarkan data produksi periode Juni 2022 – Desember 2023 ditemukan produk *defect* di atas batas toleransi perusahaan sehingga perlu dilakukannya analisis menggunakan pendekatan DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*) dan analisis diagram fishbone dan 5 why's. Setelah dilakukan analisis menggunakan pendekatan DMAI, didapatkan proses *brazing* yang menjadi proses yang menghasilkan *defect* paling banyak dengan jenis *defect* lubang, celah, dan kotor yang terdapat pada permasalahan menegani rancangan *bracket* pengunci untuk mesin *brazing* yang merupakan permasalahan utama pada penelitian ini yaitu mendapatkan rancangan *bracket* pengunci mesin *brazing* untuk penyambungan *tube* ke evaporator sehingga dapat menurunkan *persentase defect* lubang, celah, dan kotor pada proses *brazing*. Penelitian ini dilakukan perancangan *bracket* pengunci mesin *brazing* untuk penyambungan *tube* ke evaporator menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Hasil dari penelitian ini berupa perancangan *bracket* pengunci memiliki fitur *bracket* untuk menahan getaran yang terjadi. *Bracket* tersebut dirancang menempel pada mesin *brazing* sehingga mengurangi getaran yang terjadi selama proses penyambungan *tube* ke evaporator. Material yang dipilih untuk *bracket* adalah *stainless 304*. *Bracket* ini memiliki dimensi 120 x 100 x 75 cm dan terdiri dari 5 part. Selain itu, penelitian juga mengestimasi biaya yang diperlukan untuk memproduksi alat ini. Berdasarkan perhitungan, biaya yang dibutuhkan adalah Rp700.450

Kata Kunci— *Six Sigma, DMAI, Defect, Brazing, QFD.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kualitas adalah kesesuaian sebuah produk yang diharapkan kebutuhan pasar dan sesuai dengan apa yang diharapkan konsumen [1]. Produk yang berkualitas menjadi faktor penting dalam perhatian konsumen dalam memilih produk [1]. Kualitas produk yang baik dapat dipastikan proses produksi yang berjalan normal atau sesuai rencana maka kualitas produk yang dihasilkan dari proses produksi akan sesuai dengan rencana [1]. Oleh karena itu, untuk bisa menghasilkan produk yang berkualitas perusahaan harus memastikan bahwa proses produksinya berjalan dengan baik dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan [2]. PT. XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang otomotif berlokasi

Kabupaten Bekasi. Salah satu produk yang dihasilkan adalah AC mobil. Perusahaan menetapkan batas toleransi terhadap produk *defect* yang dihasilkan sebesar 1% setiap bulannya. Pada Periode produksi Juni tahun 2022 hingga Desember 2023, ditemukan sejumlah produk *defect* seperti yang disajikan pada Tabel 1, sebagai berikut

Tabel 1 Data Jumlah Produksi dan Jumlah Produk Defect AC Mobil

Tahun	Bulan	Jumlah Produksi AC	Jumlah Produk Defect	% Produk Defect	Batas Toleransi Produk Defect
2022	Juni	800	10	1.3%	1%
	Juli	800	18	2.3%	1%
	Agustus	800	22	2.8%	1%
	September	800	15	1.9%	1%
	Oktober	800	17	2.1%	1%
	November	800	18	2.3%	1%
	Desember	800	21	2.6%	1%
2023	Januari	800	24	3.0%	1%
	Februari	800	26	3.3%	1%
	Maret	800	22	2.8%	1%
	April	800	14	1.8%	1%
	Mei	800	17	2.1%	1%
	Juni	800	19	2.4%	1%
	Juli	800	15	1.9%	1%
	Agustus	800	18	2.3%	1%
	September	800	23	2.9%	1%
	Oktober	800	14	1.8%	1%
	November	800	11	1.4%	1%
	Desember	800	22	2.8%	1%

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 1.2, dapat dilihat bahwa hampir di setiap periode produksi menghasilkan sejumlah produk *defect* dengan persentase yang melebihi batas toleransi yang ditetapkan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi belum berjalan dengan baik.

Penelitian ini akan menggunakan metode DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improvement*) untuk mengidentifikasi tahapan proses yang bermasalah, mengukur kapabilitas proses saat ini, menganalisis penyebab masalah, serta mengusulkan perbaikan proses guna meminimalkan terjadinya produk *defect* berulang.

Pada fase *Define*, diidentifikasi CTQ produk yang ditetapkan oleh perusahaan, jenis *defect* yang terjadi dan

frekuensi kemunculannya pada proses produksi periode Juni tahun 2022 hingga Desember 2023. Seperti yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3, sebagai berikut.

Tabel 2 Jenis defect AC mobil

N	Critical To Quality	Visualisasi	Keterangan
1	permukaan produk		<ol style="list-style-type: none"> 1. Permukaan sambungan merata antara tube to Evaporator 2. permukaan antar part menempel dengan posisi tegak lurus. 3. Permukaan tube halus.
2	Jarak sesuai dengan standar		<ol style="list-style-type: none"> 1. Memiliki jarak minimal 5 mm antar tube. 2. Terpasa ng claman (penahan).
3	Kebersihan tube		Permukaan tidak terdapat kotoran seperti debu dan air.
4	Kekencangan sesuai dengan standar		Kekencangan mur dengan nilai kekencangan 20-25 kgf

Berdasarkan pada tabel 2 terdapat empat persyaratan yang harus dipenuhi oleh produk yang diproduksi, jika CTQ produk tidak terpenuhi maka produk tersebut dapat dikatakan *defect*.

Pada Tabel 3 akan menjabarkan frekuensi kemunculan jenis *defect* yang terjadi pada periode Juni 2022 – Desember 2022, sebagai berikut.

Tabel 3 Data Jenis Defect dan Frekuensi Kemunculan Periode Juni tahun 2022- Desember 2023

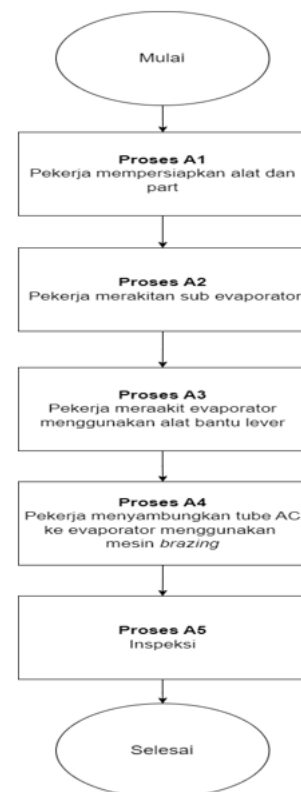
Tahun	Bulan	Jumlah Produk Defect	Frekuensi kemunculan jenis defect		
			L	C	K
2022	Juni	10	6	4	2
	Juli	18	11	8	1
	Agustus	22	16	5	3
	September	15	10	3	4
	Oktober	17	14	2	2
	November	18	12	4	3
	Desember	21	17	3	1
2023	Januari	24	16	7	3
	Februari	26	19	5	4
	Maret	22	15	3	5
	April	14	10	5	1

Mei	17	14	4	2
Juni	19	18	5	1
Juli	15	9	6	4
Agustus	18	15	5	1
September	23	13	9	4
Oktober	14	11	5	3
November	11	6	5	2
Desember	22	18	4	1
Total		250	92	47

Berdasarkan Tabel 4 merupakan jenis *defect* pada produksi AC mobil yaitu lubang, celah dan kotor. Setiap *defect* mempunyai jumlah jenis *defect* yang berbeda setiap bulannya. Berikut merupakan Tabel 4 akan menjabarkan kemunculan *defect* yang terjadi pada periode Juni 2022 – Desember 2022.

Pada fase *Measure* dilakukan perhitungan kapabilitas proses yang dilakukan bertujuan untuk menilai seberapa baik kinerja proses produksi AC mobil di PT XYZ, didapatkan level *sigma* sebesar 4,040 *sigma*.

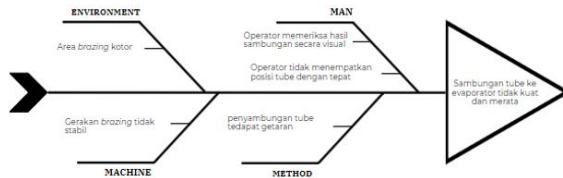
Selanjutnya pada tahap *Analyze* yaitu dilakukan pemetaan proses untuk mengidentifikasi CTQ proses di setiap tahapan proses. Jenis *defect* yang muncul dianalisis untuk menemukan akar penyebab permasalahan. Berikut merupakan alur proses yang digambarkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Alur Proses Produksi Produk AC Mobil

Pada gambar Gambar I.1, didapatkan bahwa terdapat 5 tahapan proses produksi AC mobil. Pada setiap tahapan proses memiliki aktifitas dan CTQ proses yang ditetapkan oleh perusahaan dengan kriteria-kriteria yang harus dipenuhi. Tahapan proses *brazing* yang tidak dipenuhi. Selanjutnya dibuatkan diagram *fishbone* untuk mengetahui akar-akar penyebab tidak dipenuhinya CTQ proses pada tahapan proses *brazing*, seperti disajikan pada

Gambar 2, sebagai berikut.



Gambar 2 fishbone diagram sambungan tube ke evaporator tidak kuat dan merata

Dari hasil identifikasi permasalahan menggunakan *fishbone diagram*, dilakukan analisis menggunakan 5 *Why's analysis* untuk mengetahui akar permasalahan lebih rinci. Berdasarkan analisis 5 *why's* didapatkan akar masalah bahwa penyambungan *tube* terjadi getaran pada mesin *brazing* merupakan masalah utama, maka pada penelitian ini akan merancang *bracket* untuk mengunci mesin *brazing* terhadap getaran mesin *brazing* menggunakan metode QFD. Penelitian ini dilakukan dengan judul **“PERANCANGAN BRACKET PENGUNCI MESIN BRAZING UNTUK PROSES BRAZING TUBE KE EVAPORATOR AC MOBIL DENGAN METODE QFD DI PT XYZ BERDASARKAN ANALISIS DMAI”**

II. KAJIAN TEORI

A. Kualitas Produk

Kualitas produk adalah kesesuaian sebuah produk yang diharapkan kebutuhan pasar dan sesuai dengan apa yang diharapkan konsumen [1]. Kualitas produk merupakan keseluruhan gabungan karakteristik produk yang dihasilkan dari pemasaran, rekayasa produksi dan pemeliharaan yang membuat produk tersebut dapat digunakan memenuhi harapan pelanggan atau konsumen [3].

B. Produk Defect

Produk cacat atau *defect* adalah produk yang dihasilkan dengan kondisinya rusak atau tidak memenuhi berbagai standar kualitas yang telah ditetapkan [4]. Cacat nol (*zero defect*) berarti semua produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasinya. Setelah nilai target yang ditetapkan, selanjutnya ditetapkan batas atas dan batas bawah penyimpangan produk yang dapat diterima untuk standar kualitas yang ditetapkan. Sepanjang penyimpangan masih berada dalam batas toleransi, maka dikatakan tidak *defect*.

C. Six Sigma

Six sigma merupakan sekumpulan konsep dan praktik yang berfokus pada penurunan variasi proses dan penurunan kegagalan atau kecacatan produk [5]. Elemen – elemen yang penting dalam *six sigma* adalah memproduksi hanya 3,4 DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan inisiatif ini peningkatan proses untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma [5].

Konsep *six sigma* adalah untuk mengurangi variabilitas dalam proses sehingga batas spesifikasinya minimal enam standar deviasi dari rata – rata [2]. Pendekatan *Six Sigma* berdasarkan pada prinsip 5P (*Profits, Products, Processes, Project-by-project, and People*) yang saling berkaitan satu sama lain, sebagai berikut [5].

1) *Profits* (keuntungan perusahaan) akan meningkatkan apabila kinerja produk (*product performance*) meningkatkan sesuai atau melebihi kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.

2) *Product* akan meningkat kinerjanya apabila proses

yang menghasilkan produk itu meningkat.

3) *Processes* (proses-proses) akan meningkat apabila dilakukan peningkatan proses *value stream* melalui *Six Sigma Continuous Improvement projects*.

4) *Projects* (Proyek-proyek peningkatan terus-menerus) akan berhasil apabila *People* (orang-orang) meningkatkan pembelajaran dan pertumbuhan (*learning and growth*).

D. DMAIC

DMAIC adalah metode terstruktur untuk memecahkan masalah yang sering digunakan dalam peningkatan kualitas proses, terutama dalam aktivitas *six sigma* dan hampir semua penerapannya [2]. DMAIC juga merupakan langkah yang terukur untuk meningkatkan kepuasan sehingga dapat mengurangi keluhan pelanggan dan memberikan layanan yang lebih baik dengan menggunakan kerangka kerja DMAIC untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah. Selain itu, dengan meningkatkan proses menggunakan kerangka kerja DMAIC, perusahaan dapat mengurangi waktu tunggu pelanggan dan merespons pertanyaan pelanggan dengan lebih cepat [6].

E. Critical to Quality

Critical To Quality atau CTQ adalah atribut mutu produk atau jasa yang mencerminkan keinginan, kebutuhan, dan kepuasan pelanggan sehingga dilakukan perbaikan kinerja sebuah proses dalam menghasilkan produk menggunakan metode *Six Sigma*. Penerapan CTQ merupakan strategi yang dapat membantu Perusahaan untuk mencapai tujuannya dalam meningkatkan kepuasan pelanggan, kualitas produk dan layanan, efisiensi operasional, dan daya saing [7].

F. Quality Function Deployment (QFD)

Metode QFD (*Quality Function Deployment*) adalah metode yang digunakan untuk menyusun persyaratan fungsional dari produk yang dibutuhkan atau menyusun spesifikasi teknis suatu produk yang dibutuhkan *customer*. *Quality Function Deployment* mengacu pada apa yang akan memuaskan pelanggan dan menerjemahkan keinginan konsumen menjadi sebuah produk [8]. Terdapat 5 tahapan dalam metode QFD yaitu:

1. Gather the VOC

Mengumpulkan suara pelanggan atau *voice of customer (VOC)* adalah proses untuk mengidentifikasi dan memahami kebutuhan serta harapan pelanggan. Teknik pengumpulan suara dapat dilakukan dengan melakukan wawancara, kusioner, ataupun teknik pengumpulan suara lainnya. Pada tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi kebutuhan dan keinginan pelanggan, sehingga menghasilkan produk atau layanan yang lebih memuaskan.

2. Analyze the VOC

Setelah mendapatkan informasi pelanggan, selanjutnya proses untuk mengonversi kebutuhan dan harapan pelanggan yang telah dikumpulkan menjadi persyaratan teknis yang jelas untuk pengembangan produk atau layanan.

3. Define Customer Prioritized Needs

Langkah ini mencakup pengumpulan data *VOC*, mengategorikan kebutuhan, mengevaluasi dan menentukan prioritas kebutuhan menggunakan teknik tertentu, serta mendokumentasikan dan menerjemahkan kebutuhan tersebut ke dalam *technical response* yang dapat diimplementasikan pada tahap pengembangan produk berikutnya.

4. Validate Customer Needs

Setelah kebutuhan pelanggan dikumpulkan dalam bentuk

need statement dan technical response, tahap validasi dilakukan untuk memastikan bahwa terjemahan tersebut sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Proses validasi ini bertujuan untuk mengukur tingkat kepentingan dan kepuasan pelanggan terhadap need statement yang telah diidentifikasi sebelumnya.

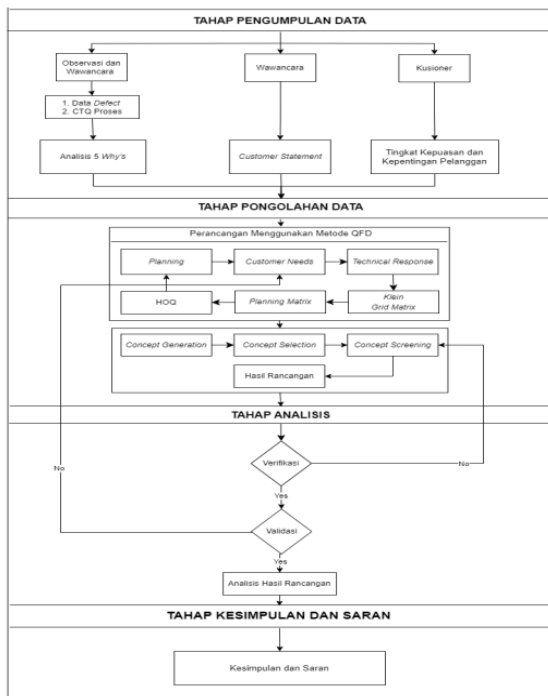
5. Begin the HOQ Work

Langkah selanjutnya dalam pengembangan dimulai dengan penyusunan matriks House of Quality (HOQ). Matriks HOQ dirancang untuk mengidentifikasi hubungan antara kebutuhan dan mengevaluasi rincian dari setiap hubungan tersebut.

G. House of Quality (HoQ)

House of Quality merupakan suatu matrix yang menampilkan keinginan dan kebutuhan pelanggan di sepanjang sisi kiri dan tanggapan tim pengembangan untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan tersebut di bagian atas [9].

III. METODELOGI PENELITIAN



Gambar 3 Sistematika Perancangan

Pada Gambar 3 merupakan tahapan-tahapan yang akan dilalui pada penelitian yang terdiri dari tahap pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, perancangan dan kesimpulan dan saran.

IV. HASIL DAN PENGUMPULAN DATA

Pada tahap ini dilakukan proses rancangan alat usulan dengan menerapkan langkah-langkah metode Quality Function Deployment (QFD) dari data primer yang sudah didapatkan.

A. Planning

Pada tahap ini dilakukan dengan membuat mission statement untuk mengidentifikasi perencanaan rancangan alat bantu. Berikut merupakan mission statement yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Mission Statement

Mission Statement	
Product Description	Bracket pengunci mesin brazing yang berfungsi

	untuk menstabilkan gerakan dalam penyambungan tube to evaporator.
Benefit Proposition	Mampu menahan getaran pada mesin brazing.
Key Business Goal	Mencegah terjadinya cacat lubang dan celah yang dihasilkan karena getaran mesin brazing.
Primary Market	PT XYZ.
Secondary Market	Perusahaan dengan proses brazing.
Assumption and Constraint	Bracket pengunci dapat menstabilkan gerakan dan menurunkan defect ketika proses brazing.
Stakeholder	Operator PT XYZ.

A. Customer Needs

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi customer needs berdasarkan hasil dari wawancara dengan kepala shift proses produksi brazing. Setelah melakukan wawancara, didapatkan customer statement yang akan diubah dalam bentuk customer needs. Need statement dari hasil wawancara dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Need Statement

No	Need Statement	Kode
1	Produk dapat bergerak dengan stabil	V1
2	Produk dapat menahan getaran mesin brazing	V2
3	Produk tahan lama	V3
4	Produk dirancang dengan desain minimalis	V4

B. Technical Response

Pada tahap ini dilakukan analisis pengembangan need statement lebih detail untuk memenuhi kebutuhan dan harapan customer. Technical Response dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8 Technical Response

No	Need Statement	Technical Response
1	Produk dapat bergerak dengan stabil	Terdapat fitur pengunci
2	Produk dapat menahan getaran mesin brazing	Desain produk
3	Produk memiliki daya tahan yang kuat	Material tahan panas
4	Produk dirancang dengan desain minimalis	Jumlah part Dimensi alat

Setelah dilakukan identifikasi technical response pada masing-masing need statement untuk mengetahui harapan dan kebutuhan customer yang harus dipenuhi produk. Selanjutnya dilakukan spesifikasi dari masing-masing technical response pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9 Spesifikasi Technical Response

No	Technical Response	Nilai	Unit
1	Terdapat fitur pengunci	Yes/No	Binary
2	Desain produk	Yes/No	Binary
3	Material tahan panas	Yes/No	Binary
4	Jumlah part	5	unit
5	Dimensi alat	120 x 100 x 75	cm

C. Klein Grid Matrix

Pada tahap ini, *matrix klein grid* dibuat untuk menentukan prioritas kebutuhan dalam perancangan alat yang akan dikembangkan. Prioritas perancangan ditentukan menggunakan kuesioner yang mengukur kepentingan dan kepuasan dari seluruh pernyataan *need statement*. Setelah para operator mengisi kuesioner, hasilnya direkapitulasi seperti yang disajikan pada Tabel 10 dan Tabel 11 sebagai berikut.

Tabel 10 WAP Kepuasan

Weighted Average Performance (Kepuasan Pelanggan)			
V1	V2	V3	V4
4.00	4.00	4.00	3.00
Titik potong (x)	3.75		

Tabel 11 WAP Kepentingan

Weighted Average Performance (Kepentingan Pelanggan)			
V1	V2	V3	V4
4.00	4.00	3.33	3.67
Titik potong (y)	3.75		

Setelah dilakukannya perhitungan dari hasil kusioner (*Weigther Average Performance*) kepuasan dan kepentingan pelanggan. Selanjutnya, dilakukan penyusunan *matrix klein gird* untuk mengidentifikasi atribut-atribut yang merupakan *expected*, *hight impact*, *low impact*, dan *hidden*, seperti yang disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Klein Grid Matrix

Tabel 12 Klasifikasi Hasil Klein Gird Matrix

Variable	Expected	High Impact	Low Impact	Hidden
	V3	V1	V5	
		V2		

Berdasarkan pada Gambar 5 dan Tabel 12, dapat diketahui bahwa atribut V3 yaitu produk memiliki tahan yang kuat berada pada kategori *expected* yang berarti harus dipenuhi. Atribut V1 dan V2 berada pada kategori *high impact* yang berarti terpenuhi maupun tidak terpenuhi akan berdampak tinggi pada pelanggan. Atribut V5 berada pada kategori *low impact* yang berarti terpenuhi atau tidak terpenuhi akan berdampak sangat kecil pada pelanggan.

D. Planning Matrix

Setelah dilakukan perhitungan kusioner dan klasifikasi *matrix klein gird*, selanjutnya membuat *planning matrix* berdasarkan data yang didapatkan dari *matrix klein gird*, terdapat 4 kategori yaitu EXP (*Expected*) dengan *sales point* 1,2, HIM (*Hight Impact*) dengan *sales point* 1, LIM (*Low Impact*) dengan *sales point* 1,5, dan HID (*Hidden*) dengan *sales point* 1,2. selanjutnya pada kolom *Customer Satisfaction Performance* dan *Importance to Customer* didapatkan dari Tabel 10 dan 11. Pada kolom *goal* didapatkan hasil dari rata-rata WAP. Selanjutnya pada kolom *Improvement ratio* merupakan pembagian antara *goal* dan *customer ratio*. Pada kolom *Raw weight* didapatkan hasil dari perkalian *Importance to customer*, *Improvement ratio*, dan *Sales point*. Selanjutnya pada kolom *Normalized raw weight* didapatkan hasil dari pembagian antara *Raw weight* dan total *raw weight*. Berikut merupakan *planning matrix* yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13 Planning Matrix

No.	Need Statement	Matriks Klein Grid Customer Satisfaction Performance	Importance to Customer	Goal	Improvement ratio	Sales point	Raw weight	Normalized raw weight	
1	Produk dapat bergerak dengan stabil	HIM	4.00	4.00	4.00	1.00	1.5	6.00	0.37
2	Produk dapat menahan getaran mesin brazing	HIM	4.00	4.00	4.00	1.00	1.5	6.00	0.37
3	Material tahan panas	EXP	4.00	3.33	3.67	1.2	1.2	4.40	0.27
4	Produk dirancang dengan desain minimalis	LIM	3.00	3.67	3.34	1	1.2	3.34	0.20

A. House of Quality (HoQ)

Setelah dilakukan *matrix klein grid* dan *planning*

matrix, tahap selanjutnya pembuatan *house of quality*. Tahap awal dalam pembuatan *house of quality* yaitu menentukan hubungan antara *technical response* dengan *need statement*, seperti yang disajikan pada Tabel IV.14.

Tabel 14 Keterangan Nilai Hubungan

Hubungan	Nilai	Keterangan
Kuat	9	<i>Need Statement</i> dengan <i>technical response</i> memiliki hubungan kuat
Sedang	3	<i>Need Statement</i> dengan <i>technical response</i> memiliki hubungan sedang
Lemah	1	<i>Need Statement</i> dengan <i>technical response</i> memiliki hubungan lemah
Tidak ada	0	<i>Need Statement</i> dengan <i>technical response</i> tidak memiliki hubungan

Tabel 15 Hubungan *Technical Response* dengan *Need Statement*

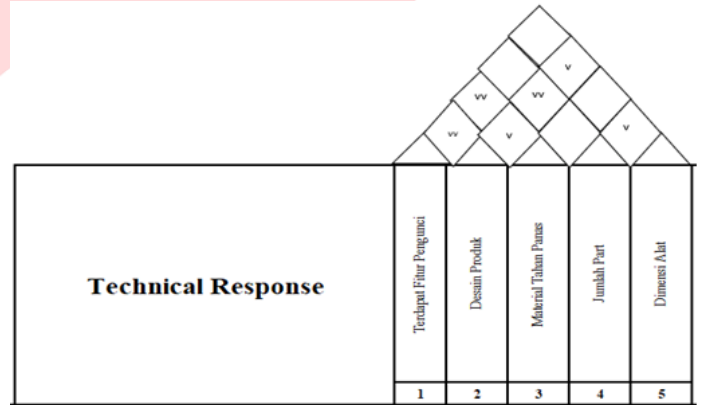
<i>Need Statement</i>	<i>Technical Response</i>				
	Terdapat Fitur Pengunci	Desain Produk	Material Tahan Panas	Jumlah Part	Dimensi Produk
Produk dapat bergerak dengan stabil	9	9			1
Produk dapat menahan getaran mesin <i>brazing</i>	9	9			1
Produk memiliki daya tahan yang kuat		3	9		
Produk dirancang dengan desain minimalis		9		9	3

Pada Tabel 15, dapat diketahui bahwa produk dapat bergerak dengan stabil berhubungan kuat dengan terdapat fitur pengunci dan desain produk, dan berhubungan lemah dengan dimensi produk. Selanjutnya, produk dapat menahan getaran mesin *brazing* berhubungan kuat dengan terdapat fitur pengunci dan desain produk, dan berhubungan lemah dengan dimensi produk. Selanjutnya, produk memiliki daya tahan yang kuat berhubungan kuat dengan material tahan panas dan berhubungan sedang dengan desain produk. Lalu pada produk dirancang dengan sederhana berhubungan kuat dengan desain produk dan jumlah *part*, berhubungan sedang dengan

dimensi produk. Setelah didapatkan hubungan antara *need statement* dengan *technical response*. Pada tahap berikutnya, hubungan antara setiap *technical response* ditentukan berdasarkan keterangan simbol yang tercantum dalam Tabel 16. Berikut merupakan hasil identifikasi antara *technical response*, seperti yang disajikan pada Gambar 6.

Tabel 16 Simbol Hubungan antara *Technical Response*

Simbol	Hubungan	Keterangan
√√	<i>Strong Positive Impact</i>	Hubungn kuat dan positif
√	<i>Positive Impact</i>	Hubungan sedang dan positif
(Kosong)	<i>No. Impact</i>	Tidak ada hubungan
x	<i>Moderate Negative Impact</i>	Hubungan sedang dan negatif
xx	<i>Strong Negative Impact</i>	Hubungan kuat dan negatif



Gambar 6 Hubungan antara *Technical Response*

Setelah mengidentifikasi hubungan antar *technical response* yang terletak di bagian atas HOQ, dilakukan perhitungan prioritas dengan menghitung nilai *normalized raw weight*. Tabel 16 menunjukkan hasil perhitungan prioritas menggunakan HOQ. Berdasarkan hasil tersebut, peringkat *technical response* diperoleh dengan mengurutkan nilai *normalized raw weight* dari yang terbesar hingga yang terkecil. Peringkat ini dapat dilihat pada Tabel 17. Desain produk memiliki nilai dan peringkat tertinggi, sehingga *technical response* ini harus diprioritaskan.

Metric	Technical Response					Customer satisfaction performance	Improvement to customer	Cost	Improvement ratio	Total point	Raw weight	Normalized raw weight
	1	2	3	4	5							
1	9,0	9,0	0,0	0,0	1,0	4,00	4,00	4,00	1,00	1,50	4,00	0,37
2	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,3	3,3	0,4	0,0	0,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,0	3,0	9,0	0,0	0,0	4,00	3,33	3,67	0,92	1,20	4,40	0,27
5	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,0	9,0	0,0	9,0	3,0	3,00	3,67	3,34	1,11	1,00	3,34	0,20
7	0,0	1,8	0,0	1,8	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,0	9,2	2,8	1,8	1,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	2,1	1,1	3,4	4,4	2,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Gambar 7 Hasil HOQ

Tabel 17 Peringkat Prioritas *Technical Response*








Rangking	<i>Technical Response</i>
1	Desain produk
2	Terdapat fitur pengunci

3	Material tahan panas
4	Jumlah part
5	Dimensi alat

B. Concept Generation

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan konsep terhadap alat usulan menggunakan *concept generation*. Pada tahap pertama dilakukan proses pencarian eksternal dan internal, seperti yang disajikan pada Tabel 18 berikut.

Tabel 18 Concept Generation










Technical response	Opsi 1	Opsi 2	Opsi 3
Terdapat fitur pengunci	 <i>Bracket</i>		
Desain produk			
Material tahan panas	 Stainless	 Baja	 Titanium
Jumlah part	5	4	
Dimensi Alat	120 x 100 x 75	140 x 100 x 90	130 x 100 x 85

Setelah dilakukan pencarian eksternal dan internal dari berbagai sumber, didapatkan opsi-opsi dari tiap *technical response* yang sudah ditentukan pada Tabel 18. Opsi tersebut akan digunakan untuk melakukan beberapa rancangan konsep untuk dilakukan proses *screening* demi menemukan konsep terbaik yang akan dikembangkan.

C. Concept Selection

Opsi yang telah dicari akan dipilih 1 untuk setiap *technical response* menjadi sebuah konsep. Dibutuhkan 3 konsep untuk melanjutkan tahap berikutnya. Berikut merupakan konsep yang disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19 Rancangan Konsep

Technical Response	Opsi		
	Opsi 1	Opsi 2	Opsi 3
Terdapat fitur pengunci	 <i>bracket</i>		 <i>bracket</i>
Desain produk	 <i>Bracket menempel mesin brazing</i>	 <i>Bracket menyatu dengan mesin brazing</i>	 <i>Bracket menempel mesin brazing</i>
Material tahan panas	 Stainless	 Baja	 Titanium
Jumlah part	5	4	5
Dimensi Alat	120 x 100 x 75	140 x 100 x 90	130 x 100 x 85

Berdasarkan Tabel 19 dapat dilihat bahwa sudah terbentuk 3 konsep yang akan dilakukan penilaian pada tahap selanjutnya yaitu *concept screening*. Berikut merupakan rincian dari tiap konsep pada Tabel 19.

1. Konsep A

Konsep A memiliki fitur pengunci menggunakan bracket. Desain produk *bracket* pengunci menempel dengan mesin brazing. Konsep A menggunakan jenis material tahan panas berupa *stainless steel 304* pada seluruh bagian alat, yang memiliki titik lebur 1510°C dan

konduktivitas termal sebesar 16,3 W/mK. Alat ini terdiri dari 5 part dengan dimensi 120 x 100 x 75 mm.

2. Konsep B

Konsep B memiliki fitur pengunci dengan menyatukan mesin *brazing* ke dalam alat *bracket*, jenis material yang digunakan adalah baja, memiliki 4 part, dan dimensi pada Konsep B adalah 140 x 100 x 90.

3. Konsep C

Konsep C memiliki fitur pengunci menggunakan *bracket*, desain produk *bracket* pengunci menempel dengan mesin *brazing*, Konsep C jenis material tahan panas menggunakan titanium pada seluruh bagian alat, dan dimensi pada Konsep B adalah 130 x 100 x 85.

D. Concept Screening

Setelah beberapa konsep terbentuk pada tahapan *concept selection*, tahap selanjutnya adalah *concept screening* yang dilakukan dengan cara pemberian nilai untuk tiap konsep terhadap konsep yang menjadi referensi. Tahap awal *concept screening* dilakukan dengan mengklasifikasikan *need statement* kedalam *selection criteria*. Berikut *selection criteria* yang disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20 Selection Criteria

Selection Criteria	Need statement
Standar produk sesuai	Produk dapat bergerak dengan stabil
	Produk dapat menahan getaran mesin <i>brazing</i>
	Produk memiliki daya tahan yang kuat
Ergonomis	Produk dirancang dengan desain minimalis
Stakeholder Need	
Biaya produksi	
Keamanan produksi	

Selanjutnya, dilakukan penilaian konsep dengan menggunakan tiga simbol, yaitu “+” yang menunjukkan bahwa konsep lebih baik dari produk yang ada, “0” yang menunjukkan bahwa konsep setara dengan produk yang ada, dan “-” yang menunjukkan bahwa konsep lebih buruk dari produk yang ada atau referensi. Berikut keterangan simbol-simbol dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21 Keterangan Simbol Screening

Skor Relativitas	Simbol
<i>Better than reference</i>	+
<i>Same as reference</i>	0
<i>Worse than reference</i>	-

Tabel 22 Screening Konsep

Selection Criteria	Concepts			
	A	B	C	Reference
Standar produk	+	+	+	0

sesuai				
Ergonomis	+	-	-	0
Biaya produksi	-	-	-	0
Keamanan produksi	+	-	-	0
Sum +'s	3	1	1	
Sum 0's	0	0	0	
Sum -'s	1	2	2	
Net Score	2	0	0	
Rank	1	2	2	
Continue?	YES	NO	NO	

Berdasarkan data pada Tabel 22, dapat disimpulkan bahwa Konsep A memiliki *net score* tertinggi dibandingkan dengan Konsep B dan Konsep C. Oleh karena itu, Konsep A dipilih untuk dilanjutkan pengembangannya.

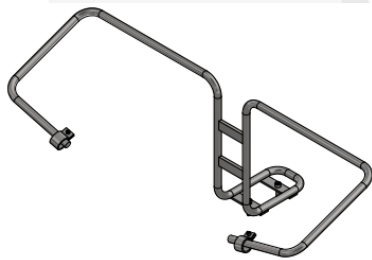
E. Hasil Rancangan

Setelah menentukan opsi 1 sebagai konsep terpilih, selanjutnya dilakukan pembuatan 3D menggunakan aplikasi Autodesk Inventor Professional dengan spesifikasi opsi yang sudah terpilih yaitu opsi 1. Berikut merupakan hasil rancangan spesifikasi dan desain 3D, beserta BOM pada Tabel 23, Gambar 8 dan Gambar 9.

Tabel 23 Spesifikasi Akhir

Spesifikasi	Konsep A
Terdapat fitur pengunci	Fitur Bracket pengunci
Desain produk	Bracket pengunci menempel mesin <i>brazing</i>
Material tahan panas	<i>Stainless</i>
Jumlah part	5
Dimensi Alat	120 x 100 x 75

Berdasarkan Tabel 23 selanjutnya dibuatkan gambar produk dengan desain 3D. Desain 3D dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8 Bracket Pengunci Mesin Brazing



Gambar 9 Kombinasi Desain Alat usulan dan Mesin

Rancangan alat ini merupakan sebuah *bracket* pengunci yang digunakan pada mesin *brazing* untuk proses penyambungan *tube* ke *evaporator*. *Bracket* pengunci mesin *brazing* ini berfungsi untuk menjaga posisi dan kestabilan mesin selama proses *brazing*. *Bracket* pengunci dirancang untuk mengurangi getaran dan memastikan bahwa mesin tetap pada tempatnya, sehingga hasil *brazing* lebih presisi dan kualitas sambungan meningkat.

V. VALIDASI DAN EVALUASI HASIL RANCANGAN

A. Validasi Hasil Rancangan

Setelah dilakukan rancangan *bracket* pengunci mesin *brazing* untuk perusahaan, langkah berikutnya adalah tahap validasi hasil rancangan tersebut. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat yang dirancang sudah memenuhi kebutuhan perusahaan dalam mengurangi terjadinya produk *defect*. Berikut merupakan tabel validasi dari rancangan alat *bracket* pengunci mesin *brazing* disajikan pada Tabel 25

Tabel 24 Validasi Hasil Rancangan

Kategori Validasi	Target Validasi	Pemenuhan
Target kinerja	Berkurangnya persentase jumlah produk <i>defect</i> pada proses <i>brazing</i>	Penggunaan <i>bracket</i> pengunci mesin <i>brazing</i> dapat mengurangi persentase terjadinya produk <i>defect</i> pada proses <i>brazing</i> sebesar 55%
	Produk dapat bergerak dengan stabil	Pada rancangan alat terdapat <i>bracket</i> pada mesin <i>brazing</i>
Need Statement	Produk dapat menahan getaran mesin <i>brazing</i>	Rancangan alat memiliki desain <i>bracket</i> yang menempel pada mesin <i>brazing</i>
	Produk tahan lama	<i>Bracket</i> pengunci menggunakan material <i>stainless</i> pada seluruh bagian
	Produk dirancang dengan desain minimalis	Rancangan <i>bracket</i> pengunci menggunakan 5-part dan memiliki dimensi 120 x 100 75 disesuaikan dengan mesin <i>brazing</i>
Standar Acuan	Pemilihan hasil rancangan berdasarkan <i>concept screening</i>	Opsi A terpilih dari ketika karena memiliki nilai yang paling dominan pada tahap <i>concept screening</i>

B. Evaluasi Hasil Rancangan

Tahap evaluasi hasil rancangan meliputi kelebihan, kekurangan, serta cara mengatasi kelemahan hasil rancangan *bracket* pengunci mesin *brazing*. Evaluasi hasil rancangan disajikan pada Tabel 25.

Tabel 25 Kelebihan dan Kekurangan rancangan alat

Kelebihan	Kekurangan	Cara mengatasi Kekurangan
Penggunaan mesin <i>brazing</i> untuk penyambungan tube ke evaporator dapat mengurangi getaran	Pemasangan yang tidak tepat atau penyesuaian yang tidak akurat dapat menyebabkan <i>bracket</i> tidak mengunci mesin dengan benar, yang dapat menyebabkan pergeseran titik <i>brazing</i>	Penyesuaian <i>bracket</i> dan mesin secara berkala untuk memastikan semuanya bekerja dengan baik. Sebelum mulai produksi, uji <i>bracket</i> dan pengaturannya untuk memastikan semuanya berfungsi seperti yang diinginkan.
Mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh mesin <i>brazing</i>		
Memudahkan operator bekerja lebih cepat dalam melakukan penyambunga <i>tube</i> ke evaporator		

C. Estimasi Biaya

Estimasi biaya atau perkiraan biaya yang perlu dikeluarkan oleh Perusahaan untuk membeli komponen perancangan *bracket* pengunci. Berikut merumakan Tabel 26 estimasi biaya hasil rancangan.

Tabel 26 Estimasi Biaya

Komponen	Unit	Biaya	Sumber
Bracket	2 unit	Rp 70.000	Shopee
Stainless 304	2 meter	Rp 616.500	Shoope
Baut segienam M6	2 unit	Rp 1.650	Shopee
Baut L M12	1 unit	Rp 11.000	Shopee
Mur M6	2 unit	Rp 1.300	Shopee
Total		Rp 700.450	

Berdasarkan Tabel 27 diketahui bahwa perusahaan perlu mengeluarkan biaya minum sebesar Rp700.450 untuk merancang *bracket* pengunci mesin *brazing*.

D. Analisis Hasil Rancangan

Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap hasil rancangan dengan menganalisis berbagai aspek yang perlu dipertimbangkan sebelum implementasi. Berikut adalah aspek-aspek yang harus diperhatikan.

1. Faktor *Man*

Persiapan untuk faktor manusia melibatkan perusahaan dalam mengadakan sosialisasi dan pelatihan bagi pekerja atau operator mengenai penggunaan *bracket* pengunci mesin *brazing*, termasuk pemahaman tentang fungsi dan cara kerjanya.

2. Faktor *Machine*

Perusahaan perlu memastikan bahwa semua komponen yang diperlukan untuk membuat *bracket* pengunci telah tersedia. Daftar komponen yang harus dipersiapkan terdapat pada Tabel 27 .

3. Faktor *Money*

Perusahaan perlu mempersiapkan biaya pengeluaran

untuk membeli komponen-komponen rancangan *bracket* pengunci dengan estimasi biaya sekitar Rp700.450 .

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian menggunakan pendekatan DMAI dan pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD), didapatkan kesimpulan bahwa rancangan alat *bracket* pengunci mesin *brazing* yang dapat mengurangi penyebab terjadinya produk *defect*. Alat ini memiliki fitur *bracket* untuk menahan getaran yang terjadi. Alat ini desain *bracket* pengunci yang menempel pada mesin *brazing*. *Bracket* pengunci ini menggunakan material *stainless* dengan dimensi 120 x 100 x 75 cm dan terdiri dari 5 part. Rancangan alat ini membutuhkan estimasi biaya yang harus dikeluarkan perusahaan sebesar Rp700.450 .

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut

1. Bagi perusahaan

Perusahaan dapat mempertimbangkan untuk pengimplementasian *bracket* pengunci mesin *brazing* pada proses penyambungan tube ke evaporator dapat mengurangi produk *defect* pada proses *brazing*. Pengimplementasian *bracket* pengunci, perusahaan perlu mempersiapkan faktor-faktor yang diperlukan seperti faktor *man*, faktor *machine*, dan faktor *money*.

2. Bagi peneliti selanjutnya

Peneliti selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian sampai tahap implementasi supaya dapat diketahui hasil asli dari pengimplementasian alat usulan.

REFERENSI

- [1] D. A. Walujo, PENGENDALIAN KUALITAS. Surabaya: MEDIA PUSTAKA, 2020.
- [2] Montgomery, "Introduction to Statistical Quality Control, 7th ed. phoenix: Aptara Inc, 2013.
- [3] Tony Wijaya, Manajemen Kualitas Jasa, 2nd ed. Jakarta: PT Indeks, 2018.
- [4] Padhil A, Pengendalian dan Penjaminan Mutu. Makasar: Nas Media Pustaka, 2022.
- [5] V. Gaspersz and A. Fontana, Lean Six Sigma For Manufacturing and Service Industry. Bogor: Vinchristo Publication, 2011.
- [6] Terra Vanzant Stern, Lean Six Sigma "INTERNATIONAL STANDARDS AND GLOBAL GUIDELINES," Third. New York: Routledge, 2024.
- [7] Soemohadiwidjojo A T, Six Sigma Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik. Indonesia: Raih Asa Sukses, 2017.
- [8] Ficalora, Quality Function Deployment and Six Sigma, 2nd ed. Pearson Education, 2010.
- [9] A. Mitra, Fundamentals of quality control and improvement, 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2016.