

**PERANCANGAN BODY CATALYTIC CONVERTER UNTUK MESIN DIESEL MENGGUNAKAN METODE PERANCANGAN PRODUK RASIONAL AGAR DAPAT DILAKUKAN PROSES PENGGANTIAN FILTER (Studi Kasus CV. XYZ)**

**DESIGN OF BODY CATALYTIC CONVERTER FOR DIESEL ENGINE USING THE RATIONAL PRODUCT DESIGN METHOD TO BE TAKEN BY A FILTER REPLACEMENT PROCESS**

(Case Study of CV. XYZ)

Ardiah Wahyu Cahyani<sup>1</sup>, Agus Kusnayat<sup>2</sup>, Mira Rahayu<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

<sup>1</sup>ardiahwahyucahyani@telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>aguskusnayat17@gmail.com, <sup>3</sup>mira.rahayu@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**

CV. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri penyedia pakan ternak, mesin penggerak yang digunakan adalah mesin diesel fuso D-16 dengan exhaust system yang berfungsi sebagai saluran pembuangan. Exhaust system memiliki komponen seperti exhaust pipe, catalytic converter, exhaust flange, exhaust manifold, resonator dan muffler. Dari hasil observasi dan wawancara diketahui bahwa pada CV. XYZ tidak menggunakan catalytic converter beberapa tahun terakhir karena masa pakai catalytic converter yang tidak lama. Jika dilakukan penggantian catalytic converter CV. XYZ harus mengeluarkan banyak biaya, maka pihak CV. XYZ memilih untuk tidak menggunakan catalytic converter lagi. Pada saat ini untuk mengatasi masalah tersebut CV. XYZ menggunakan ban yang ditumpuk dan kipas kecil agar gas buang tidak masuk kedalam kantor. Catalytic converter memiliki peran penting yaitu untuk mereduksi gas buang agar tidak terjadi pencemaran udara yang dapat merugikan makhluk hidup dan lingkungan sekitar. Masa pakai catalytic converter dipengaruhi oleh jelaga yang menumpuk pada filter sehingga menghambat aliran gas buang. Filter dalam catalytic converter memerlukan pembersihan, namun desain catalytic converter saat ini tidak dapat mendukung proses penggantian filter, maka saat filter dipenuhi jelaga akan dilakukan penggantian seluruh komponen catalytic converter yang akan menghabiskan banyak biaya, sedangkan masa pakai body catalytic converter lebih lama dibanding filter. Dari permasalahan tersebut, maka dibutuhkan perancangan pada body catalytic converter agar dapat dilakukan proses pembersihan menggunakan metode perancangan produk rasional. Body catalytic converter dirancang memiliki penutup dengan komponen pendukung lainnya sehingga dapat dilakukan pembersihan atau penggantian filter, kemudian dilakukan verifikasi menggunakan simulasi komputer dan prototype untuk mengetahui apakah body catalytic converter dapat mencapai tujuan perancangan dan customer needs.

**Kata Kunci :** Gas Buang, Exhaust System, Body Catalytic Converter, Perancangan Produk Rasional.

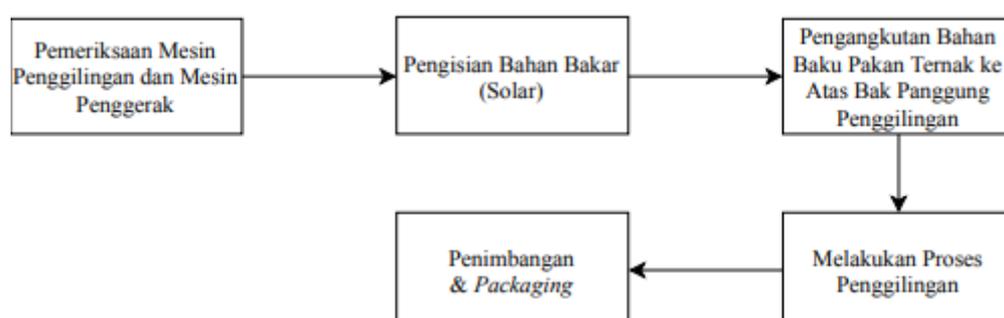
**Abstract**

CV. XYZ is a company engaged in the industry of animal feed providers, the driving machine used is the D-16 fuso diesel engine with an exhaust system that functions as a drain. The exhaust system has components such as exhaust pipes, catalytic converters, exhaust flange, exhaust manifolds, resonators and mufflers. From observations and interviews it is known that the CV. XYZ has not used catalytic converters in recent years because of the short useful life of catalytic converters. If a catalytic converter CV. XYZ has to spend a lot of money, then the CV. XYZ chose not to use catalytic converters anymore. At this time to overcome this problem CV. XYZ uses stacked tires and a small fan so that the exhaust gas does not enter the office.. Catalytic converter has an important role, namely to reduce exhaust gases so that air pollution does not occur that can harm living things and the environment. The lifetime of the catalytic converter is affected by soot that builds up on the filter, which prevents exhaust gas flow. The filter in the catalytic converter requires cleaning, but the current catalytic converter design cannot support the filter replacement process, so when the filter is filled with soot will be replaced by all the catalytic converter components which will cost a lot, while the lifetime of the catalytic converter body is longer than the filter. From these problems, the design of the body catalytic converter is needed so that the cleaning process can be done using a rational product design method. The catalytic converter body is designed to have a cover with other supporting components so that it can be cleaned or replaced filters, then verified using a computer simulation and prototype to find out whether the catalytic converter body can achieve the design goals and customer needs.

**Keyword :** Exhaust Gas, Exhaust System, Body Catalytic Converter, Rational Product Design.

**1. Pendahuluan**

CV. XYZ merupakan badan usaha yang bergerak dibidang industri penyediaan pakan ternak yang berperan penting untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dibidang perternakan. Pakan ternak merupakan hasil olahan bungkil sawit, kulit kopi, ampas kecap dan onggok dedak padi. Berikut merupakan alur proses produksi pada CV. XYZ yang digambarkan pada gambar 1:



Gambar 1. Alur Proses Produksi Pakan Ternak

Berdasarkan gambar alur proses produksi pakan ternak diatas, dapat diketahui bahwa sebelum proses produksi akan dilakukan pemeriksaan mesin penggilingan yang menggunakan mesin hummer mill dan mesin penggerak menggunakan mesin diesel, kemudian dilakukan pengisian bahan bakar pada mesin penggerak, bahan bakar yang digunakan adalah solar. Setelah itu dilakukan proses pemindahan bahan baku pakan ternak ke atas bak panggung penggilingan, kemudian dilakukan proses penggilingan, setelah itu dilakukan proses packaging dan penimbangan. Dari hasil observasi diketahui bahwa komponen exhaust system pada CV. XYZ tidak menggunakan catalytic converter untuk mereduksi gas buang. Berikut merupakan kondisi exhaust system pada CV. XYZ.



Gambar 2. Kondisi Exhaust System

Exhaust system saat ini berumur satu tahun. Dapat dilihat pada gambar 2 diatas *exhaust system* memiliki komponen *exhaust pipe* dan *muffler*. Pada beberapa tahun terakhir CV. XYZ tidak menggunakan *catalytic converter* dikarenakan masa pakai *catalytic converter* yang terlalu cepat yaitu satu bulan, sehingga CV. XYZ memilih untuk tidak menggunakan *catalytic converter* karena akan mengeluarkan banyak biaya jika terus menerus dilakukan penggantian *catalytic converter*. *Catalytic converter* yang pernah digunakan CV. XYZ memiliki bentuk tabung serta alas *flat*, menggunakan material besi, dan memiliki ketebalan 1 mm. Penggantian *catalytic converter* dilakukan pada saat filter dipenuhi jelaga.

Menurut [1] pada saat proses pembakaran berlangsung mesin diesel akan menghasilkan senyawa berbahaya seperti CO, HC, NO<sub>x</sub>, dan PM. Dari hasil wawancara yang telah dilakukan dengan pemilik CV. XYZ diketahui bahwa untuk mengatasi polusi udara yang keluar dari mesin diesel adalah menggunakan ban yang ditumpuk, kemudian menggunakan kipas kecil agar asap tidak masuk ke dalam kantor. Pada saat proses wawancara juga diketahui bahwa karena polusi udara tersebut karyawan sering mengalami sesak, mual hingga sakit kepala. Salah satu penyebab penurunan kinerja *catalytic converter* dipengaruhi oleh filter pada katalis yang dipenuhi jelaga dari hasil pembakaran yang tidak sempurna, dikarenakan penumpukan jelaga akan menghambat aliran gas buang. Sehingga dapat menyebabkan *catalytic converter* tidak bekerja dengan maksimal, oleh karena itu filter dapat mempengaruhi umur pakai *catalytic converter*. Menurut [2]. filter dalam *body catalytic converter* membutuhkan pembersihan berkala (regenerasi). Melihat kondisi tersebut, CV. XYZ memerlukan rancang *body catalytic converter* agar dapat dilakukan penggantian saat filter sudah dipenuhi jelaga tanpa harus mengganti *body catalytic converter* karena masa pakai *body catalytic converter* lebih lama dibandingkan masa pakai *filter* sehingga dapat menghemat biaya.

## 2. Metodologi

### 2.1 Perancangan Produk Rasional

Perancangan produk dengan metode rasional [3] merupakan metode yang lebih sistematis dalam proses perancangan dan membatasi perancangan dengan tujuan perancangan seperti apa yang ingin dicapai oleh produk tersebut.

Metode rasional lebih akurat dalam menjawab kebutuhan dibandingkan dengan metode kreatif, hal tersebut dikemukakan pada penelitian perbandingan metode rasional dengan kreatif untuk mendesain alat bantu pasang lampu [4].

### 2.2 Tahapan Metode

Sistematika perancangan produk rasional memiliki metode berbeda untuk setiap tahapannya. Tahapan-tahapan pengembangan produk rasional dibagi menjadi 6 tahap [3] yaitu:

1. *Clarifying Objective*

Pada tahap pertama ini akan dilakukan penentuan tujuan pada perancangan menggunakan pohon tujuan, pohon tujuan berfungsi untuk mengidentifikasi dan memahami tujuan yang dibutuhkan konsumen dan menunjukkan hubungan yang hierarki.

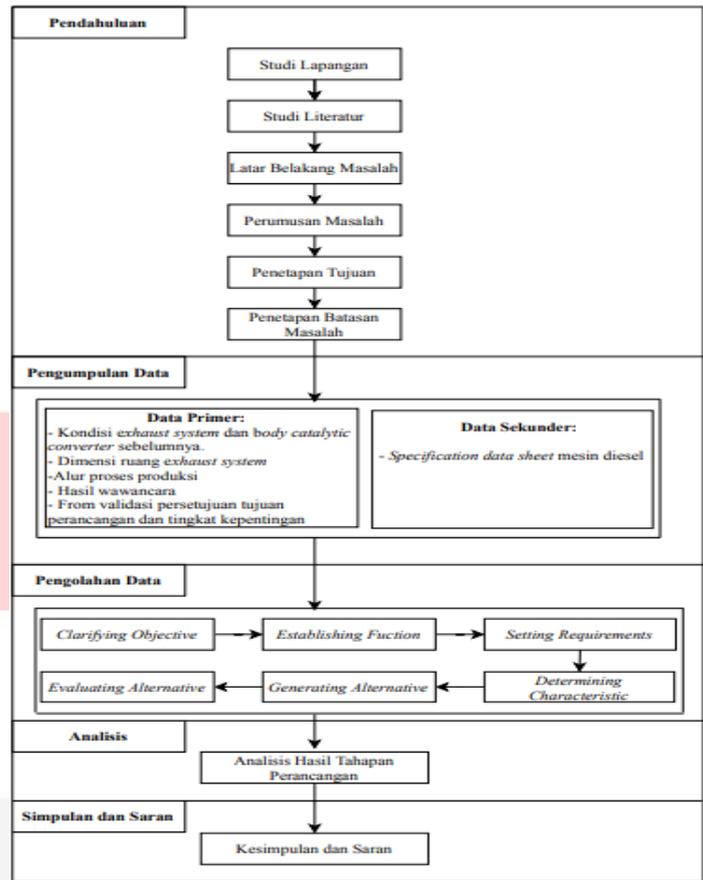
2. *Establishing Function*

Pada tahap ini memiliki tujuan untuk menentukan fungsi-fungsi yang diperlukan dan batasan perancangan sebuah produk yang diperlukan menggunakan analisis fungsional. Berikut merupakan tahapan dalam membuat analisis fungsional:

- a. Menyusun fungsi sistem secara keseluruhan dalam bentuk informasi *input process, output*

- b. Mengelompokkan sub fungsi.
  - c. Menggambarkan blok diagram.
  - d. Menggambar pembatasan sistem.
  - e. Mencari komponen yang sesuai untuk menghasilkan sub-sub fungsi dan hubungan antara sub fungsi tersebut.
3. *Setting Requirements*  
 Pada tahap ini memiliki tujuan untuk membuat spesifikasi kinerja yang akurat dari suatu solusi rancangan yang diperlukan. Berikut merupakan tahapan dari langkah ini:
- a. Mempertimbangkan tingkatan-tingkatan solusi dapat diaplikasikan.
  - b. Menentukan tingkat kinerja yang dibutuhkan.
  - c. Mengidentifikasi atribut performansi yang diinginkan menggunakan 5W, yaitu:
    - a) *What* (apa)  
Produk apa yang akan dirancang?
    - b) *Who* (siapa)  
Kepada siapa produk ini dipasarkan?
    - c) *Why* (mengapa)  
Mengapa Produk ini dibuat?
    - d) *Where* (dimana)  
Dimana produk ini akan digunakan?
    - e) *When* (kapan)  
Kapan produk ini digunakan?
  - d. Menentukan target performansi untuk setiap atribut.
4. *Determining Characteristic*  
 Pada tahap ini akan dilakukan penentuan target dan karakteristik yang dibutuhkan untuk tujuan perbaikan. Metode yang digunakan adalah *Quality Function Deployment* (QFD). QFD adalah suatu cara untuk meningkatkan kualitas barang ataupun jasa yang dilakukan dengan memahami kebutuhan konsumen kemudian menghubungkannya dengan ketentuan teknis. Langkah-langkah dalam pembuatan QFD adalah sebagai berikut:
- a. Menentukan keinginan konsumen ke dalam atribut produk.
  - b. Menentukan tingkat kepentingan atribut.
  - c. Membuat matriks atribut produk terhadap karakteristik teknis.
  - d. Identifikasi hubungan dari atribut produk dengan karakteristik teknis.
  - e. Identifikasi interaksi yang relevan antara karakteristik teknis.
  - f. Menentukan gambaran target yang ingin dicapai pada karakteristik teknis.
5. *Generating Alternative*  
 Proses ini merupakan proses perancangan untuk membangkitkan alternatif-alternatif yang dapat mencapai solusi terhadap permasalahan yang diangkat.  
 Metode yang digunakan pada tahap ini adalah *Morphologi Chart*. *Morphologi Chart* adalah cara yang digunakan untuk membuat daftar dan ringkasan elemen yang dipakai sebuah produk dan telah disesuaikan dengan tujuan perancangan untuk mengetahui bagaimana bentuk produk itu dibuat. Berikut merupakan langkah-langkah dalam membuat *morphologi chart*:
- a. Membuat daftar elemen yang penting dari produk, meliputi fungsi pada tingkat generalisasi yang tepat.
  - b. Daftar dari fungsi yang akan dicapai tersebut menentukan komponen apa saja untuk mencapai fungsi tersebut. Daftar tersebut meliputi gagasan baru untuk membentuk komponen-komponen yang ada dari bagian solusi
  - c. Menggambar dan membuat chart untuk mencantumkan semua kemungkinan hubungan solusi
  - d. Identifikasi kelayakan kombinasi dari beberapa sub-solusi. Jumlah kombinasi tersebut mungkin akan sangat banyak sehingga harus mengacu pada batasan atau kriteria.
6. *Evaluating Alternative*  
 Pada Tahap ini akan dilakukan seleksi dari berbagai alternatif yang muncul pada *Morphological Chart*, sehingga diperoleh *alternative* yang terbaik dan dapat memenuhi kebutuhan dan tujuan perancangan produk tersebut. Tujuan dari langkah ini adalah untuk membandingkan nilai utilitas dari *alternative* yang ada berdasarkan penilaian dan pembobotan setiap *alternative* tersebut. Berikut merupakan langkah-langkah *evaluating alternative*:
- a. Membuat suatu daftar tujuan perancangan
  - b. Menyusun daftar tujuan perancangan dan sub tujuan dari tingkat tertinggi hingga tingkat terendah.
  - c. Membuat bobot relative dari setiap tujuan
  - d. Membuat parameter pelaksanaan atau penilaian kegunaan untuk masing-masing tujuan
  - e. Menghitung dan membandingkan skor relatif dari setiap alternatif perancangan. Perkalian dengan bobot nilainya. Alternatif terbaik akan memiliki skor terbesar.

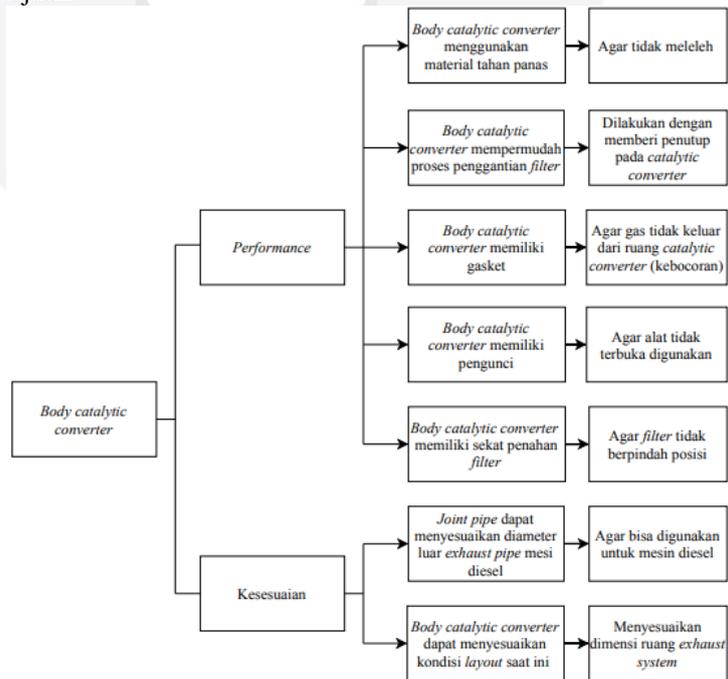
### 3. Metodologi Penelitian



Gambar 3. Metodologi Penelitian

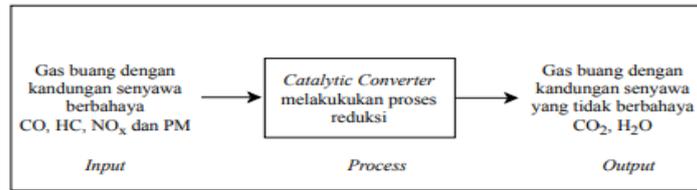
**4. Pengolahan Data**

Pada tahap ini dilakukan penentuan tujuan perancangan produk menggunakan objective tree method, tujuan-tujuan yang telah ditetapkan tersebut didapatkan dari hasil wawancara dan observasi yang dilakukan pada CV. XYZ. Berikut ini adalah hasil yang telah ditetapkan pada tahap klarifikasi tujuan:



Gambar 4. Objective Tree Method

Setelah dilakukan identifikasi tujuan maka tahap selanjutnya adalah melakukan penetapan fungsi dengan menggambarkan *black box* yang berfungsi untuk menganalisis fungsi utama dari *catalytic converter*.



Gambar 5. Black Box Catalytic Converter

Input dari *catalytic converter* adalah senyawa berbahaya yang akan direduksi kemudian *output* dari *catalytic converter* adalah senyawa yang tidak berbahaya.

Langkah selanjutnya adalah membuat spesifikasi dengan menggunakan metode *performance Specification Model*, spesifikasi rancangan berasal dari karakteristik produk dan *customer needs*.

Table 1. Data Kebutuhan Kinerja Setiap Atribut

Kriteria	Parameter	Batasan
Menggunakan material tahan panas	Ketebalan <i>body catalytic converter</i>	2 mm
Memiliki penutup	Jumlah Penutup	1-∞
Memiliki gasket	Ketebalan gasket	1 mm
Memiliki pengunci	Jumlah Pengunci	1-∞
Memiliki sekat penahan filter	Diameter filter	22,6 cm
<i>Joint pipe</i> menyesuaikan diameter luar <i>exhaust pipe</i>	Diameter luar <i>exhaust pipe</i>	7 cm
Menyesuaikan dimensi ruang <i>exhaust system</i>	Dimensi ruang yang ada	3 meter

Tahap selanjutnya adalah menentukan karakteristik dari setiap jenis atribut kebutuhan menggunakan QFD (*Quality Fuction Deployment*) untuk menerjemahkan *customer needs* menjadi atribut-atribut yang disesuaikan dengan karakteristik teknik.

Karakteristik Teknis	Atribut							
	Ketebalan <i>body catalytic converter</i>	Jumlah Penutup	Ketebalan gasket	Jumlah Pengunci	Diameter filter	Jarak antar filter	Diameter dalam <i>exhaust pipe</i>	Dimensi <i>catalytic converter</i>
<i>Body catalytic converter</i> memiliki material tahan panas	●							
<i>Body catalytic converter</i> memiliki penutup		●	●	●	●	●		
<i>Body catalytic converter</i> memiliki pengunci		●		●				
<i>Body catalytic converter</i> memiliki sekat penahan filter		●			●			
<i>Joint pipe</i> dapat menyesuaikan <i>exhaust pipe</i>				○			●	
<i>Body catalytic converter</i> dapat menyesuaikan kondisi layout saat ini								●

Gambar 6. House of Quality

Tahap selanjutnya adalah memunculkan alternatif-alternatif yang mungkin dipilih menggunakan metode *morphological chart* yang menghasilkan  $3 \times 1 \times 1 \times 2 \times 2 \times 1 \times 1 = 12$  kombinasi konsep seperti dibawah ini.

Tabel 2. Alternatif Kombinasi Konsep



Selection Criteria	Concepts												Referensi
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
Join pipe dapat menyesuaikan exhaust pipe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Body catalytic converter dapat menyesuaikan kondisi layout saat ini	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum +'s	5	4	5	4	5	4	5	4	4	3	4	3	
Sum 0's	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
Sum -'s	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	
Net Score	5	3	5	3	5	3	5	3	4	2	4	3	
Rank	1	7	1	7	1	7	1	7	5	12	5	7	
Continue?	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	no	no	no	no	

Dari tahap *concept screeing* terpilih empat konsep terbaik yang layak dilanjutkan dan menjadi inputan pada tahapan *concept scoring*, konsep yang terpilih adalah konsep A, C, E dan G. Pada tahap ini konsep yang akan terpilih dihitung dari kriteria pencapaiannya.

Tabel 4 Concept Scoring

Selection Criteria	Nilai Bobot	Concept							
		A		C		E		G	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Body catalytic converter memiliki material tahan panas	15%	4	0,6	4	0,6	4	0,6	4	0,6
Body atalytic converter memiliki penutup	15%	5	0,75	5	0,75	4	0,6	4	0,6
Memiliki gasket	15%	4	0,6	4	0,6	4	0,6	4	0,6
Memiliki sekat penahan filter	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75	5	0,75
Body catalytic converter memiliki pengunci	15%	4	0,6	5	0,75	4	0,6	5	0,75
Join pipe dapat menyesuaikan exhaust pipe	15%	3	0,45	3	0,45	3	0,45	3	0,45
Body catalytic converter dapat menyesuaikan kondisi layout saat ini	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Total Score		4,05		4,2		3,9		4,05	
Rank		2		1		4		2	
Continue?		No		Yes		No		No	

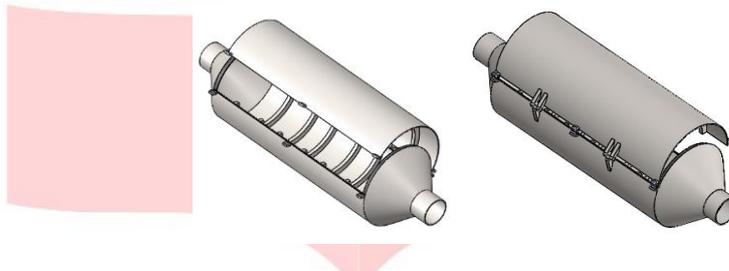
Didapatkan konsep C sebagai konsep terpilih dengan *total score* 4,2. Berdasarkan dari hasil penentuan karakteristik teknik memunculkan berbagai konsep alternatif dan pengolahan data, berikut ini merupakan hasil spesifikasi akhir dari konsep terpilih untuk *body catalytic converter*.

## 5. Spesifikasi Akhir

Berdasarkan dari hasil penentuan karakteristik teknis, memunculkan berbagai konsep alternatif dan pengolahan data, berikut ini merupakan hasil spesifikasi akhir dari konsep terpilih untuk *body catalytic converter*.

Tabel 5. Spesifikasi Akhir

	Target
Tinggi <i>body catalytic converter</i>	83 cm
Diameter <i>body catalytic converter</i>	23 cm
Jarak antar filter	8 cm
Diameter dalam <i>joint outlet pipe</i>	7 cm
Ketebalan	2 mm



Gambar 7. Rancangan Terpilih

Konsep terpilih memiliki penutup *u-shaped cover 304 stainless steel*, *hinge*, *teflon wear strip seal high Temperature*, *sekat penahan filter U- 304 stainless steel*, pengunci menggunakan mur dan baut, filter menggunakan *DPF three-way catalytic converter* dan *joint pipe* menggunakan *join pipe 304 stainless steel*.

## 6. Kesimpulan

Setelah mendapatkan konsep terpilih dari pengolahan data menggunakan metode perancangan produk rasional, yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa rancangan *body catalytic converter* usulan dapat menjadi solusi dari permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya dan dapat memenuhi *customer needs CV. XYZ*. Rancangan *body catalytic converter* terbukti dapat dilakukan proses penggantian filter tanpa adanya kebocoran, sehingga jika terjadi penumpukan jelaga dalam filter, user dapat dapat mengganti filter saat sudah dipenuhi jelaga.

## Daftar Pustaka

- [1] A. Sappok and V. Wong, "SAE International," *Ash Effects on Diesel Particulate Filter Pressure Drop Sensitivity to Soot and Implications for Regeneration Frequency and DPF Control*, p. 380, 2010.
- [2] W. A. Majewski and M. K. Khair, *Diesel Emissions and Their Control R-303*, Amerika Serikat, 2006.
- [3] N. Cross, *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, 2005.
- [4] R. F. Prakosa and A. E. Tontowi, "Perbandingan Metode Rasional Dengan Kreatif," *Perbandingan Metode Rasional Dengan Kreatif Untuk Mendesain*, 1994.