



**Pengembangan mesin *Drain Gutter Cleaner* menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) sebagai alternatif penanggulangan sampah di kota Bengkulu
(*Development of drain gutter cleaning machine using Quality Function Deployment (QFD) method as alternative waste management in the City of Bengkulu*)**

Ilham Saputra¹, Firman Alhaffis²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkulu
email: ilhamsaputra2109@gmail.com, firman.alhaffis@polbeng.ac.id

Abstrak

Sampah merupakan masalah yang sangat mendominasi dunia, khususnya di daerah perkotaan seperti Kota Bengkulu. Banyaknya bencana yang ditimbulkan oleh sampah, menjadikan sampah sebagai obyek utama yang harus dilakukan pengelolaan secara sistematis. Bencana yang ditimbulkan oleh sampah seperti terjadinya penyumbatan saluran air. Sulit dan perlunya tenaga kerja yang banyak dalam proses membersihkan sampah pada saluran air, menjadi faktor utama saluran air terhambat oleh sampah yang terbawa arus. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan mengenai alat pembersih selokan yang dapat mendukung kinerja masyarakat yang peduli terhadap lingkungan. Penelitian berikut menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) sebagai alat untuk mengatasi permasalahan yang terjadi. Data yang didapatkan berupa data kuantitatif dari hasil kuesioner 32 orang petugas selokan sebagai objek penelitian. Hasil dari analisis diperoleh mesin yang dikembangkan akan menggunakan sistem pengangkatan dengan media *bucket* sebagai pengangkat sampah yang terbawa arus. Dari hasil dapat dilihat bahwa konsumen membutuhkan 13 Permintaan yang didapat dari *House of Quality* (HOQ) dalam proses pengembangan mesin *drain gutter cleaner*. Dengan urutan bobot terbesar sampai terkecil dari Permintaan konsumen yaitu ukuran mesin, umur mesin, rangka besi, mesin sederhana, kapasitas penampungan, menggunakan energi listrik, menghidupkan tombol, gaya angkat, penutup motor, rangka dilapisi cat, terdapat 3 bucket, tombol on-off, dan warna oranye.

Kata Kunci: Penanggulangan sampah, Mesin Pembersih Selokan, *Quality Function Deployment* (QFD),

Abstract

Waste is a global problem, especially in urban areas such as Bengkulu City. Many disasters caused by waste, making waste as the main object that must be done systematically management. Disasters caused by waste such as blockage of waterways. Difficult and requires a lot of labor in the process of cleaning up waste in the waterways, being a major factor in waterways being obstructed by waste flowing. In this research, the development of a gutter cleaning tool that can support the performance of people who care about the environment. The following research uses the Quality Function Deployment (QFD) method as a tool to overcome problems that occur. The data obtained in the form of quantitative data from the results of a questionnaire 32 sewers as research objects. The results obtained from the analysis of the engine developed will use a lifting system with a bucket media as a waste carrier carried by the flow of water. From the results it can be seen that consumers need 13 requests obtained from the House of Quality (HOQ) in the process of developing a drain gutter cleaner machine. With the largest to smallest order of weight of consumer demand, namely engine size, machine life, iron frame, simple machine, storage capacity, using electrical energy, turning on the button, lifting force, motor cover, paint coated frame, there are 3 buckets, on-off button, and orange.

Keywords: Waste management, Drain Gutter Cleaner, Quality function Deployment (QFD)

1. Pendahuluan

Desain peralatan untuk memudah kerja manusia, telah dilakukan secara terus menerus untuk menambah efisiensi dan efektifitas kerja seperti: desain mesin pertanian [1,2] dan pengolahan makanan [3]. Dorongan mendesain dan mengembangkan timbul disebabkan oleh kesulitan kerja manual atau pengoperasian mesin yang telah ada. Sulit dan perlunya tenaga dalam proses membersihkan selokan menjadi faktor utama

selokan menjadi terhambat oleh sampah yang terbawa arus air. Hampir setiap daerah yang terjadi bencana banjir disebabkan oleh sampah yang menyumbat diselokan. Seperti bencana banjir yang terjadi di Kota Bengkulu, dimana bencana yang terjadi dikarenakan adanya penyumbatan sampah plastik pada selokan [4]. Permasalahan ini perlu menjadi perhatian khusus oleh sejumlah besar masyarakat agar tidak menjadi bencana tahunan dengan cara mengurangi volume sampah yang tergenang di saluran air.

Banyaknya produksi sampah yang dihasilkan oleh kota Bengkulu perharinya yaitu sekitar 80 m³/hari [5]. Hal ini menyebabkan perlunya metode dan alat dalam membersihkannya terutama dibagian selokan. Pemerintah setempat telah memiliki dan menerapkan berbagai metode dengan cara gotong royong. Jam kerja dari tim pekerja kebersihan yang maksimal dalam upaya

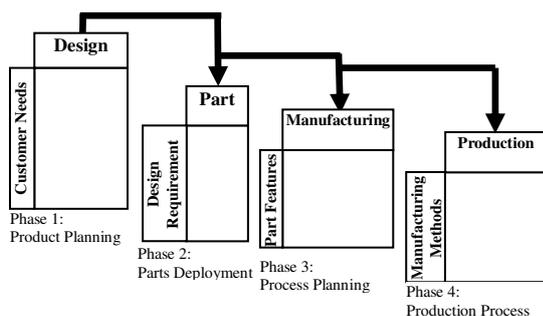
Dengan demikian dalam mengatasi permasalahan diatas, pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan mengenai alat pembersih selokan yang dapat mendukung kinerja masyarakat yang peduli terhadap lingkungan. Upaya yang dilakukan dengan memperhatikan aspek ramah lingkungan dan fungsi dalam proses perancangan dan pengembangan produk. Dengan mempertimbangkan kaidah perencanaan sebuah produk yang tepat sasaran sesuai keinginan manusia, maka digunakanlah metode *Quality Function Deployment* (QFD) dalam proses perancangan produk.

Metode *Quality Function Deployment* (QFD) digunakan untuk merancang suatu proses sebagai tanggapan terhadap kebutuhan pelanggan dalam hal ini adalah masyarakat yang peduli dengan lingkungan. QFD berusaha menerjemahkan apa yang dibutuhkan masyarakat menjadi apa yang dihasilkan organisasi atau perusahaan. Metode ini dilaksanakan dengan melibatkan pelanggan dalam proses pengembangan dan perancangan produk sedini mungkin. QFD memungkinkan suatu organisasi untuk memprioritaskan kebutuhan masyarakat, menemukan tanggapan inovatif terhadap kebutuhan tersebut, dan memperbaiki proses hingga tercapai efektivitas maksimum[6].

2. Tinjauan Pustaka

2.1. *Quality Function Deployment* (QFD)

Quality Function Deployment adalah metode terstruktur yang digunakan dalam proses perencanaan dan pengembangan produk untuk menetapkan spesifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen, serta mengevaluasi secara sistematis kapabilitas suatu produk atau jasa dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen[7].



Gambar 1. Empat Fase QFD
(Sumber: Kannan, 2008)

membersihkan daerah perkotaan, masih saja dinilai kurang dalam meminimalisir sampah-sampah yang dihasilkan oleh masyarakat. Kondisi seperti ini masih sering terlihat pada daerah-daerah tertentu, sampah yang mengalir dan menyumbat saluran air masih saja menjadi penyebab air tidak bisa mengalir dengan baik.

Phase I : *Product Planning*

Tujuan tahapan ini adalah untuk mendapatkan nilai prioritas masing-masing *Substitute Quality Characteristic* (SQC) yang nantinya pada matriks *design deployment* akan menjadi “*whats*”.

Phase II : *Parts Deployment*

Pada tahap ini akan ditetapkan nilai prioritas masing-masing karakteristik komponen dasar penyusun suatu produk dan nantinya akan menjadi “*what*” pada *matrixs manufacturing planning*.

Phase III : *Process Planning*

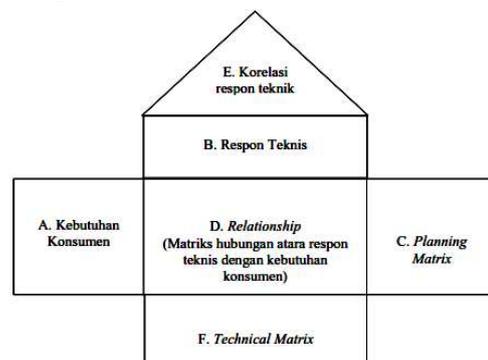
Tujuan phase ini adalah untuk mendapatkan nilai prioritas masing-masing parameter proses yang diperlukan untuk membuat komponen dasar dengan karakteristik tertentu.

Phase IV : *Production Process*

Pada tahap keempat ini akan ditentukan langkah-langkah pengendalian kualitas yang diperlukan berdasarkan besarnya prioritas pada masing-masing proses produksi yang telah disusun pada *manufacturing matrixs Planning*.

2.2. House of Quality (HOQ)

House of Quality (HOQ) adalah suatu kerangka kerja atas pendekatan dalam mendesain manajemen yang dikenal sebagai *Quality Function Deployment* (QFD). HOQ memperlihatkan struktur untuk mendesain dan membentuk suatu siklus dan bentuknya menyerupai sebuah rumah kunci. Dalam membangun HOQ adalah difokuskan pada kebutuhan konsumen sehingga proses desain dan pengembangannya lebih sesuai dengan apa yang diinginkan oleh konsumen dari pada dengan teknologi inovasi.



Gambar 2. *House of Quality*
(Sumber: Suryaningrat, dkk. 2010)

2.3. Mesin Pembersih Selokan (*Drain Gutter Cleaner*)

Mesin pembersih selokan adalah suatu alat yang dirancang untuk membersihkan dan mengangkat semua sampah yang terbawa oleh arus air sehingga sampah tidak tertumpuk. Mesin ini dapat digunakan untuk membersihkan segala sampah yang terbawa oleh arus air pada selokan, seperti: plastik wadah pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol dan gelas minuman, kaleng, dan kayu.

Mesin Pembersih sampah ini menggunakan *bucket elevator* sebagai pengangkut sampah yang mengapung diatas permukaan air. Sampah yang terangkut diangkat ke atas dan dibuang ke penampungan yang posisinya melintang di bawah posisi *bucket elevator* [8].



Gambar 3. Automatic Drain Gutter Cleaner
(Sumber: <https://nevonprojects.com>)

3. Metode Penelitian

Penelitian mengenai pengembangan mesin *Drain Gutter Cleaner* menggunakan metode *Quality Function deployment* (QFD) dilakukan dengan menggunakan metode data kuantitatif. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data permintaan konsumen secara langsung dengan menggunakan teknik wawancara dan kuesioner. Kuesioner yang disebar akan diolah untuk mengetahui pengelompokan kondisi dan suara konsumen.

Kuesioner dipilih sebagai kontrol kualitas selama pengembangan produk, agar produk yang dihasilkan sesuai dengan suara konsumen, suara perekayasa, dan kemampuan manajemen sehingga pengembangan produk dapat tepat sasaran dan mengurangi waktu yang dibutuhkan selama desain dan redesain. Hasil kuesioner dan wawancara dari konsumen akan diolah dan digabungkan dengan batasan kemampuan dan keinginan pengembang.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Karakteristik Subjek

Subjek dalam penelitian yaitu petugas kebersihan selokan UPT. Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bengkulu yang berjumlah 32 orang. Deskripsi subjek tercantum dalam tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Subjek

KRITERIA	RENTANG (Tahun)	JUMLAH	PERSENTASE
Usia	< 30	10	29 %
	30 - 40	12	46 %
	> 40	19	25 %
Total			100 %

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.2. Pengumpulan data hasil kuesioner

Mengumpulkan data kuesioner yang kembali kepada peneliti sebanyak 32 buah dan kemudian dikelompokkan menjadi data tabel.

Tabel 2. Pengumpulan Data Hasil Kuesioner

No.	PERTANYAAN	PENILAIAN			Hasil
		(A)	(B)	(C)	
1	Ukuran Mesin Sesuai Selokan	32	0	0	A
2	Penempatan mesin pembersih selokan	32	0	0	A
3	Mudah dirawat dan diperbaiki	32	0	0	A
4	Mudah digunakan	32	0	0	A
5	Memiliki Pengatur Kecepatan	28	4	0	A
6	Banyak jenis pengatur kecepatan	17	4	7	A
7	Tempat penampungan yang sesuai	29	3	0	A
8	Kapasitas tempat penampungan	3	23	3	B
9	Tahan Korosi	28	4	0	A
10	Kuat mengangkat semua sampah	31	1	0	A
11	Dapat beroperasi secara terus-menerus	22	10	0	A
12	Mesin tahan lama	31	1	0	A
13	Lama umur pada mesin	3	21	7	B
14	Mesin dengan rangka yang kokoh	32	0	0	A

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.3. Pengelompokan Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokan atas permintaan kualitas *customer*. Dari data yang didapatkan dilakukan, dilakukan tabulasi menjadi 5 kelompok.

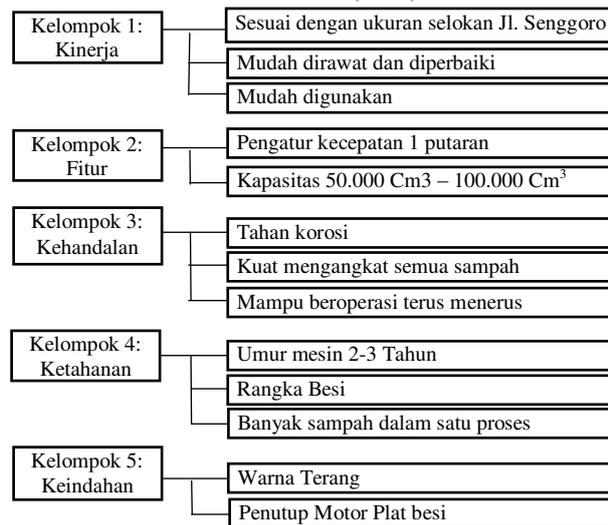
Tabel 3. Pengelompokan PKC

Kelompok 1 : Kinerja (<i>Performance</i>)	1. Sesuai dengan ukuran selokan 2. Mudah dirawat dan diperbaiki 3. Mudah digunakan
Kelompok 2 : Fitur	1. Pengatur kecepatan 1 putaran 2. Kapasitas 50.000 Cm ³ – 100.000 Cm ³
Kelompok 3 : Kehandalan (<i>Realibility</i>)	1. Tahan korosi 2. Kuat mengangkat semua sampah 3. Mampu beroperasi terus menerus
Kelompok 4 : Ketahanan (<i>Durability</i>)	1. Umur mesin 2 – 3 Tahun 2. Rangka Besi 3. Banyak sampah dalam satu proses
Kelompok 5 : Keindahan(<i>Estetika</i>)	1. Warna Terang 2. Penutup MotorPlat besi

4.4. Pengelompokan umum Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Dari data hasil kuesioner dilakukan pengelompokan permintaan kualitas *customer* pada jenis kelompok yang telah ditetapkan pada tabel sebelumnya.

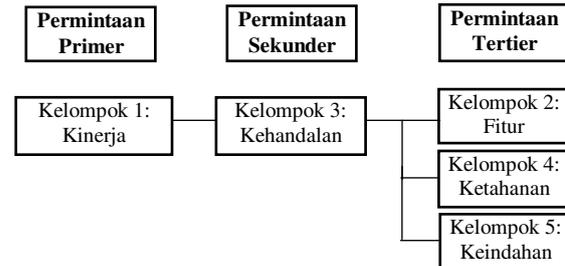
Tabel 4. Pengelompokan umum “Permintaan Kualitas Customer (PKC)”



4.5. Penyusunan Prioritas Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Tahapan setelah dilakukan pengelompokan umum terhadap data, selanjutnya pada tahap ini adalah menentukan prioritas permintaan kualitas *customer* dengan cara melihat hasil kuesioner yang paling banyak dipilih berdasarkan keinginan pelanggan untuk menentukan prioritas pada

permintaan primer, sedangkan untuk permintaan sekunder adalah data yang memiliki nilai sedang. Dan permintaan yang paling sedikit adalah tersier.



Gambar 5. Penyusunan prioritas PKC (Sumber: Hasil Penelitian)

4.6. Penilaian Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Pada tahapan berikut akan dilakukan perbandingan antara data permintaan kualitas *customer* yang telah didapat. Penilaian dilakukan dengan cara memberikan nilai 3 jika hasil perbandingan dinyatakan lebih penting, nilai 2 jika hasil perbandingannya adalah sama penting dan nilai 1 jika hasil perbandingannya kurang penting.

Tabel 5. Penilaian PKC

		Kinerja		Fitur		Kehandalan		Ketahanan		Keindahan			
		Sesuai ukuran selokan	Mudah dirawat dan diperbaiki	Mudah digunakan	Pengatur kecepatan 1 putaran	Kapasitas 50.000 (Cm ³)	Tahan korosi	Kuat mengangkat semua sampah	Beroperasi secara terus menerus	Umur mesin 2 - 3 Tahun	Rangka Besi	Banyak sampah dalam satu proses	Warna terang
Kinerja	Dengan PKC												
	Sesuai ukuran selokan Jl. Senggoro	0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mudah dirawat dan diperbaiki	2	0	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Fitur	Mudah digunakan	2	2	0	3	3	3	3	3	2	3	3	3
	Pengatur kecepatan 1 putaran	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	3
Kehandalan	Kapasitas 50.000 – 100.000 (Cm ³)	1	1	1	3	0	1	1	3	3	3	1	3
	Tahan korosi	1	1	1	3	3	0	1	3	3	3	1	3
	Kuat mengangkat semua sampah	1	1	1	3	3	3	0	3	3	3	3	3
Ketahanan	Beroperasi secara terus menerus	1	1	1	3	1	1	1	0	3	2	1	2
	Umur mesin 2 - 3 tahun	1	1	1	3	1	1	1	1	0	1	1	1
	Rangka Besi	1	1	1	3	1	3	1	2	3	0	1	2
Keindahan	Banyak sampah dalam satu proses	1	1	1	3	3	3	1	3	3	3	0	3
	Warna terang	1	1	1	3	1	3	1	2	3	2	1	0
Keindahan	Penutup motor plat besi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Jumlah	14	14	14	34	24	26	18	28	32	26	20	28

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.7. Penyusunan Performance Kualitas Konstruksi (PKK)

Langkah dalam *substitute quality characteristic* (SQC) adalah pertimbangan *performance* kualitas konstruksi (PKK).

Tabel 6 . Penyusunan PKC

Permintaan Kualitas Customer (PKC)		Performance Kualitas Konstruksi (PKK)
Kemampuan	Sesuai ukuran selokan Jl. Senggoro	Ukuran mesin P = 150 Cm, L = 95 Cm, T = 150 Cm
	Mudah dirawat dan diperbaiki	Komponen sedikit, mudah dipasang, dan komponen tersedia di pasaran.
	Mudah digunakan	Tinggal menyalakan tombol
Fitur	Pengatur kecepatan putaran	Tombol on – off
	Kapasitas tempat penampungan	Kapasitas 50.000 – 100.000 (Cm ³)
Kehandalan	Tahan korosi	Rangka dilapisi Cat
	Kuat mengangkat semua sampah	Gaya angkat Min 20 N
	Beroperasi secara terus menerus	Menggunakan energi listrik
Ketahanan	Umur mesin	Umur mesin selokan 2 – 3 Tahun
	Rangka Besi	Rangka Besi Siku
	Banyak sampah dalam satu proses	Terdapat 3 Bucket pada mesin
Keindahan	Warna terang	Warna mesin Oranye
	Penutup motor pada mesin	Plat Besi 3 mm

4.8. Strukturisasi Performance Kualitas Konstruksi (PKK)

Pembuatan strukturisasi kualitas konstruksi dengan mengacu pada prioritas *performance* kualitas konstruksi (PKK) yang didapat dari *customer* melalui *substitute quality characteristic* (SQC).



Gambar 6. Strukturisasi PKK (Sumber: Hasil Penelitian)

4.9. Optimasi dan Matrik Atap

Setiap *performance* kualitas konstruksi dibuat arah optimasinya dan bagaimana hubungan antara *performance* kualitas konstruksi.

Catatan :

Arah Optimasi	
➡	Maksimum
⬅	Minimum
○	Normal

Hubungan antar PKK	
+	Positif
-	Negatif

Tabel 7. Optimasi dan matrik atap

Performance Kualitas produksi		Arah Optimasi
Kemampuan	Komponen sedikit, mudah dipasang, Dan komponen tersedia di pasaran.	➡ +
	Tinggal menyalakan tombol	⬅ -
	Gaya angkat Min 20 N	○ +
	Menggunakan energi listrik	➡ +
	Terdapat 3 Bucket pada mesin	⬅ -
Desain	Ukuran mesin P = 150 Cm, L = 95 Cm, T = 150 Cm	➡ +
	Tombol on – off	○ +
	Kapasitas penampungan 50.000 – 100.000 (Cm ³)	➡ +
	Rangka dilapisi Cat	⬅ +
	Umur mesin selokan 2 – 3 Tahun	○ +
	Rangka besi siku	➡ +
	Warna Oranye	○ +
	Penutup motor plat besi 3 mm	⬅ -

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.10. Perbandingan PKC dan PKK

Langkah selanjutnya adalah menilai perbandingan antara PKC dan PKK dengan cara memberikan nilai 9 untuk hubungan yang kuat, nilai 3 untuk hubungan sedang (menengah) dan nilai 1 untuk hubungan yang lemah.

Tabel 8. Perbandingan PKC dan PKK

PKC	Kinerja	Fitur	Kehandalan	Ketahanan	Keindahan	Kemampuan					Desain							
						Nilai PKC	Komponen sedikit, mudah dipasang dan komponen tersedia di pasaran	Tinggal menyalakan tombol	Gaya angkat Min 20 N	Menggunakan energi listrik	Terdapat 3 Bucket pada mesin	Ukuran mesin P = 150 Cm, L = 95 Cm, T = 150 Cm	Tombol on – off	Rangka dilapisi Cat	Umur mesin 2 – 3 Tahun	Rangka Besi siku	Warna Oranye	Penutup motor plat besi 3 mm
Sesuai ukuran selokan jl Senggoro	14																	
Mudah dirawat dan diperbaiki	14	●	●	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○
Mudah digunakan	14	●	●	●	○	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○
Pengatur kecepatan 1 putaran	34	○	●	○														
Kapasitas penampungan 50.000 – 100.000 (Cm ³)	24	○	○	●	△	○	●	○	△	○	●	○	△	○	●	○	△	○
Tahan korosi	26	△																
Kuat mengangkat semua sampah	18		○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Beroperasi secara terus menerus	28		○	●	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Umur mesin 2 - 3 tahun	32																	
Rangka Besi	26	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Banyak sampah dalam satu proses	20		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Warna terang	28																	
Penutup motor plat besi	34	●		△	○													

Catatan:

Kuat	● : 9
Sedang	○ : 3
Lemah	△ : 1
Tidak ada	Dikosongkan

(Sumber: Hasil Penelitian)

5. Kesimpulan

Dari pengolahan data dan analisis data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan yang dilakukan pada alat dalam penanggulangan sampah pada selokan menggunakan mesin *drain gutter cleaner*. Mesin ini menggunakan sistem kerja *bucket elevator* yang akan mengangkat sampah yang terbawa arus air, kedalam tempat penampungan. Didalam proses pengembangan mesin *Drain Gutter Cleaner* yang didesain sesuai kebutuhan konsumen (*Customer Needs*) dan keinginan pekerja (*Voice of Customer*) harus memperhatikan hal-hal yaitu: Ukuran mesin sesuai dengan selokan, umur mesin mencapai hingga 2 sampai 3 tahun, rangka menggunakan besi siku, komponen sedikit, mudah dipasang, dan komponen tersedia dipasaran, serta kapasitas penampungan yang sedang sehingga memudahkan pekerja menuangkan sampah dari mesin ke mobil box sampah.

Daftar Pustaka

- [1] A. Jannifar, "Desain Mesin Pertanian Serbaguna Berdasarkan Model Mesin Perontok Padi Konvensional," *J. POLIMESIN*, Vol. 14, No. 1, pp. 2016.
- [2] A.Sitorus, W. Hermawan and R.P.A. Setiawan, "Analisis Sistem Transmisi dan Pembuka Alur Tanam Sebagai Acuan Dalam Desain Mesin Penanam Terintegrasi dengan Traktor Roda Dua", *J. POLIMESIN*, Vol. 14, No. 2, pp. 1-7, 2016.
- [3] H. Hasrin, Z. Zuhaimi dan S. Sumardi, "Rancang Ulang Mesin Penyayat Daging Sapi untuk Bahan Baku Membuat Abon Menggunakan Motor Listrik 1 HP". *J. Polimesin*, Vol. 16, No. 1, pp. 1-7, 2018.
- [4] "Banjir di Kota Bengkalis, PUPR Akui Ada Penyumbatan Sampah di Selokan—Berita riau terkini.", (Online), (<http://riaugreen.com/view/Bengkalis/32575/Banjir-di-Kota-Bengkalis--PUPR-Akui-Ada-Penyumbatan-Sampah-di-Selokan-.html>). [Diakses 05 Desember 2018].
- [5] "Bengkalis Produksi 80 Meter Kubik Sampah Perhari- Antara Riau.", (Online), (<https://riau.antaraneews.com/berita/53987/-bengkalis-produksi-80-meter-kubik-sampah-perhari>). Diakses 10 Januari 2019.
- [6] F. Tjiptono, "Strategi Pemasaran. Yogyakarta", Penerbit Andi, 1997
- [7] L. Cohen, *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*, USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- [8] S. Arief "Rancang Bangun Alat Pembersih Sampah Pada Sungai". Yogyakarta: *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV*, Man-054, 2012.