

Development of waste crusher prototype as disaster mitigation

Noor Eddy¹, Jamal M. Afiff¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti
Jl. Kyai Tapa No.1, RW.16, Grogol, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11440
Email korespondensi: neddy@trisakti.ac.id

Abstrak

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Sampah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian organik dan anorganik. Mayoritas sampah $\pm 65\%$ adalah sampah organik, sehingga pengomposan merupakan alternatif penanganan yang sesuai. DKI Jakarta menghasilkan 7000 ton sampah setiap harinya. Melihat besarnya sampah organik yang dihasilkan oleh masyarakat, terlihat potensi untuk mengolah sampah organik menjadi pupuk organik demi kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Untuk menanggulangi hal tersebut maka perlu di buat model penghancur sampah organik, sebagai penyelesaian masalah sampah organik di wilayah perumahan. Mesin penghancur sampah organik berfungsi untuk menghancurkan sampah organik yang besar menjadi komponen yang sederhana sesuai kebutuhan, serta mempercepat pembusukan. Metode perancangan mesin sampah yang digunakan adalah VDI 221 yaitu proses perancangan setahap demi setahap supaya proses perancangan lebih mudah. Proses perancangan dimulai dari pemilihan varian, diperoleh 4 varian kombinasi dan keempat varian dievaluasi, sehingga diperoleh dua varian yang sesuai. Hasil dua varian dilakukan evaluasi dengan melakukan pohon objektif, maka diperoleh bobot nilai dan hasilnya dikalikan dengan nilai parameter. Hasil tersebut diperoleh varian terbaik adalah varian 2 dengan nilai tertinggi. Hasil perancangan diperoleh varian terbaik yang menggunakan komponen utama penggerak motor listrik, transmisi belt, pisau penghancur 4 bilah dan stator pipih.

Kata kunci: kompos, mesin penghancur sampah organik, VDI 221.

Abstract

Trash is the remaining materials from a completed process. Trash is divided into two parts, organic and anorganic. Almost $\pm 65\%$ of it is the organic, so the compost process would be the best solution. DKI Jakarta produces 7000 tons of trash for a day. For the huge of organic trash, there were a chance to produce organic fertilizer from the organic trash for keeping the sustainability in environment and citizen. The waste crusher model needs to help the composting process and stop the trash problems in the citizen sector. The waste crusher used to crush the bigger waste, so the trash would remain in small form and help the decomposing process. Design method of the waste crusher is VDI 221 which is an easiest method. Design process started by choosing the variant there were 4 variant to be evaluated, so there would be got two selected variant. The two variant would to be evaluated by the objective tree, then would get the points and the result calculated with the parameter points. The results was the second variant with the highest point. The design results is the variant with electric motor, belt transmission, 4 knife crusher and flat stator.

Keywords: compost, organic waste crusher machine, VDI 221.

1. Pendahuluan

Sampah adalah salah satu masalah utama masyarakat di Indonesia dan seluruh dunia. Pada wilayah perkotaan dan perumahan memiliki masalahnya sendiri, sampah tidak terkelola dengan baik dan menimbulkan berbagai penyakit [1]. Sampah dibuang sembarangan mengganggu drainase sehingga perumahan menjadi banjir. Sampah dengan proses di bakar mengganggu pencemaran lingkungan, untuk itu perlu dipikirkan bagaimana sampah dapat dikelola dengan ramah lingkungan dan mempunyai nilai tambah, sehingga lingkungan menjadi hijau. Salah satunya adalah dengan dibuat pupuk organik, di mana bahan bakunya adalah sampah organik [2]. Di DKI Jakarta tercatat 7.000 ton sampah dihasilkan setiap harinya. Sampah-sampah tersebut dihasilkan dari

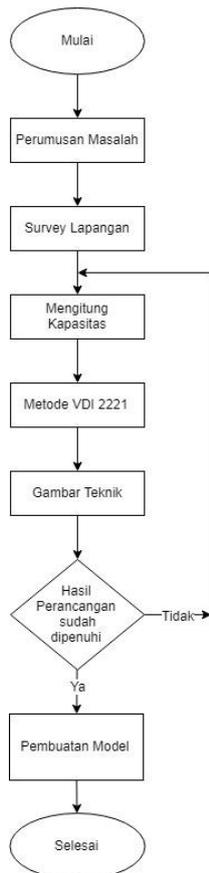
perumahan hingga perkantoran [4]. Salah satu kajian ini yakni memikirkan sampah di lingkungan perumahan sehingga tidak menambah beban bank sampah DKI, sebagai mitigasi bencana banjir, mengurangi sarang penyakit, dan pencemaran lingkungan [6]. Salah satu penyelesaian adalah menghancurkan sampah organik menjadi pupuk organik yang berguna bagi penghijauan lingkungan perumahan.

Hasil dari masalah sampah di DKI yang menghasilkan 7000 ton sampah setiap harinya, di mana sekitar 65%-nya adalah sampah organik, maka perlu dipikirkan untuk membantu masalah sampah organik yang ada di lingkungan perumahan [7]. Salah satunya dengan cara merancang alat pencacah atau penghancur sampah organik [9]. Tujuan dari kajian ini adalah untuk

merancang prototipe penghancur sampah organik sebagai mitigasi bencana di perumahan yang penghijauannya tematik. Manfaat kajian ini adalah mengatasi bahaya sampah, dengan mendaur ulang dan mengelola sampah menjadi nilai tambah, lingkungan menjadi lebih bersih dan hijau, mengurangi bahaya banjir, serta mengurangi pencemaran udara. Sampah yang tidak berguna menjadi nilai tambah untuk penghijauan lingkungan. Mempunyai alat pemroses sampah organik menjadi pupuk organik. Dalam proses daur ulang membutuhkan sebuah alat bantu yang digunakan untuk mencacah sampah menjadi potongan-potongan sederhana, sebelum dilakukannya proses daur ulang. Maka dari itu dibuatlah alat bantu untuk mencacah sampah, agar memudahkan dalam proses mendaur ulang sampah organik. Alat bantu pencacah sampah ini mempunyai bagian-bagian yang mempunyai fungsinya masing-masing, agar alat ini dapat bekerja sesuai dengan fungsinya dalam membantu proses daur ulang.

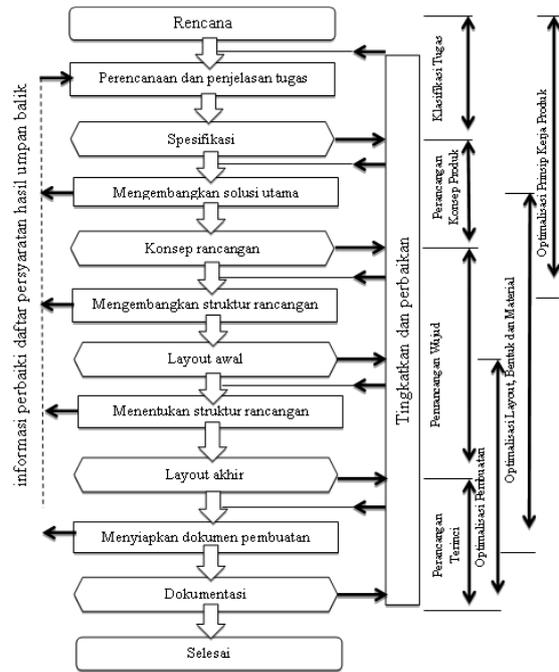
2. Metode

Kajian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 1.



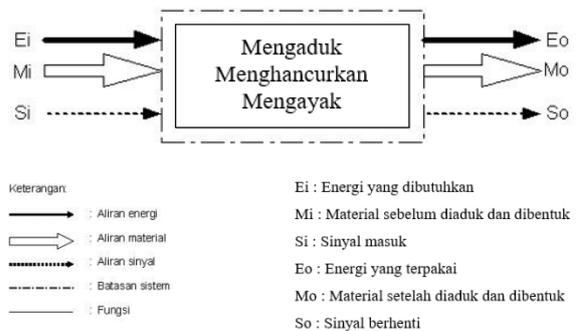
Gambar 1. Diagram alir.

Dalam pelaksanaannya, kajian ini menerapkan Metode VDI 221 [3,5,8] sesuai dengan Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses perancangan dengan metode VDI 221.

Tahap klasifikasi tugas yaitu pengumpulan informasi atau data tentang syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh rancangan suatu alat beserta batasan-batasannya. Pada tahap ini dihasilkan syarat-syarat atau spesifikasi yang gunanya untuk membantu memudahkan dalam penyusunan spesifikasi, yaitu dengan membuat daftar periksa (*check list*). Pada tahap perancangan konsep, berisi pembahasan tentang permasalahan abstraksi, membuat struktur fungsi, kemudian melakukan pencarian prinsip pemecahan masalah yang cocok dan kombinasi dari prinsip pemecahan masalah tersebut (konsep varian). Hasil dari tahap ini berupa pemecahan masalah dasar atau konsep. Tujuan dari gambaran perancangan adalah mengetahui permasalahan yang dihadapi dalam perancangan. Membuat daftar spesifikasi, dianalisa dan dihubungkan dengan fungsi yang diinginkan serta kendala yang ada. Setelah mengetahui permasalahan kemudian dibuat struktur fungsi berdasarkan aliran energi, material dan sinyal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur fungsi keseluruhan.

Untuk mendapatkan solusi keseluruhan, sedikitnya satu prinsip solusi harus dipilih untuk setiap sub fungsi, dan untuk setiap prinsip solusi dengan sub fungsi harus dikombinasikan secara sistematis kedalam keseluruhan. Jika ada M1 prinsip solusi untuk F1 sub fungsi, M2 prinsip solusi untuk F2 sub fungsi dan seterusnya, maka setelah dilakukan kombinasi akan di dapatkan secara teoritis N variasi solusi keseluruhan, dimana:

$$N = m_1, m_2, m_3, \dots, m_n \quad (1)$$

Untuk mendapatkan kombinasi yang lebih baik harus dilakukan eliminasi dan pemilihan, karena kombinasi yang didapatkan terlalu banyak dan untuk memilihnya membutuhkan banyak waktu. Oleh karena itu kombinasi tersebut harus dikurangi. Sebuah konsep haruslah memenuhi persyaratan keamanan, kenyamanan, kemudahan dalam produksi, kemudahan dalam perakitan, kemudahan perawatan dan lain sebagainya. Evaluasi berarti menentukan nilai, kegunaan atau kekuatan dari solusi dan membandingkan dengan solusi tersebut secara ideal. Evaluasi meliputi penilaian teknis, keamanan, lingkungan, nilai-nilai ekonomis. Secara garis besar, langkah-langkah untuk mengevaluasi menurut metode VDI 2221 yakni menentukan kriteria evaluasi, di mana kriteria evaluasi yang didasarkan pada spesifikasi yang telah dibuat. Memberi bobot kriteria evaluasi, kriteria evaluasi yang dipilih mempunyai tingkat pengaruh yang berbeda terhadap varian konsep. Mengumpulkan parameter, agar perbandingan setiap variasi konsep dapat dengan jelas, maka dipilih satu parameter atau besar yang dipakai oleh setiap varian. Menilai, sebaiknya harga yang dimasukkan adalah harga nominal. Menentukan nilai keseluruhan, nilai keseluruhan untuk varian konsep j dapat dihitung melalui hubungan bobot kriteria evaluasi ke i (W_i) dan nilai kriteria evaluasi ke j (W_{ij}), dengan rumus sebagai berikut:

$$OWV_j = \sum W_i V_{ij} \quad (2)$$

Memperkirakan ketidakpastian evaluasi, kesalahan evaluasi bisa disebabkan oleh beberapa hal yakni kesalahan subyektif, seperti kurangnya informasi dan kesalahan perhitungan parameter. Evaluasi terhadap titik lemah, apabila terdapat OWV yang berdekatan dari dua varian konsep, maka akan dilakukan evaluasi titik lemah. Dengan menggunakan metode evaluasi di atas, diharapkan akan diperoleh konsep solusi yang cukup memuaskan.

Perancangan Wujud

Pada tahap perancangan wujud meliputi beberapa langkah di antaranya yakni penguraian modul-modul (modul Struktur), pembentukan *layout* awal (*preliminary Lay-out*), dan penentuan *layout* jadi (*definitive Lay-Out*).

Perancangan Detail

Pada tahap ini merupakan tahap akhir dalam perancangan. Hasil perancangan detail berupa

dokumen yang meliputi gambar mesin, detail gambar mesin, daftar komponen, spesifikasi bahan, sistem pengoperasian, toleransi dan dokumen lainnya yang merupakan satu kesatuan. Kemudian dilakukan evaluasi kembali terhadap produk, apakah benar-benar sudah memenuhi spesifikasi yang diberikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Alat penghancur sampah organik ini dibuat untuk mendukung pengolahan sampah organik untuk diproses menjadi ukuran yang lebih kecil. Hasil olahan digunakan untuk bahan dasar pupuk organik. Pada perumahan di wilayah perkotaan jabodetabek terdapat anjuran bahwa setiap perumahan dianjurkan untuk menanam tanaman tematik. Salah satu perumahan di wilayah tersebut memilih halamannya dengan menanam pohon mangga. Pohon mangga tersebut berdampak adanya daun kering yang berjatuhan. Daun tersebut jika tidak dikelola dengan baik dan tidak dibuang pada tempatnya, lambat laun menjadi bencana tersumbatnya saluran air dan akhirnya menyebabkan sarang penyakit dan banjir. Hasil survey yang dilakukan pada salah satu perumahan di daerah Ciledug Tangerang yaitu di perumahan karang tengah permai, sampah organik yang dihasilkan setiap rumah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah KK di kompleks perumahan.

Nama RT	RW 13	RW 14
RT 001	65 KK	36 KK
RT 002	50 KK	38 KK
RT 003	30 KK	54 KK
Total	145 KK	128 KK

Satu lingkungan RW dari data Tabel 1, terdapat 3 Rukun Tetangga, yakni jumlahnya 128 hingga 145 Kepala Keluarga, dengan estimasi 1 KK tiap hari menghasilkan 2 kg sampah kering. Diasumsikan diambil data sampah sampah kering yang paling banyak terdapat pada RW 13 yaitu 145 KK, sehingga dapat disimpulkan akan menghasilkan 290 kg/hari. Estimasi daya motor 2HP, mesin penghacur dapat menghancurkan 600 kg/hari dengan mesin bekerja 8 jam perhari, maka dengan 290 kg/hari, mesin dapat bekerja 4 jam/hari.

Penyusunan Daftar Kehendak

Penyusunan daftar kehendak pada tahap awal proses perancangan alat penghancur sampah organik, yaitu dengan menentukan persyaratan atau sifat yang dimiliki oleh alat tersebut pada Tabel 2. Pada Tabel 2. kebutuhan yang harus diwujudkan diberikan tanda D (*demands*) sedangkan kebutuhan yang tidak harus diwujudkan diberi tanda W (*wishes*).

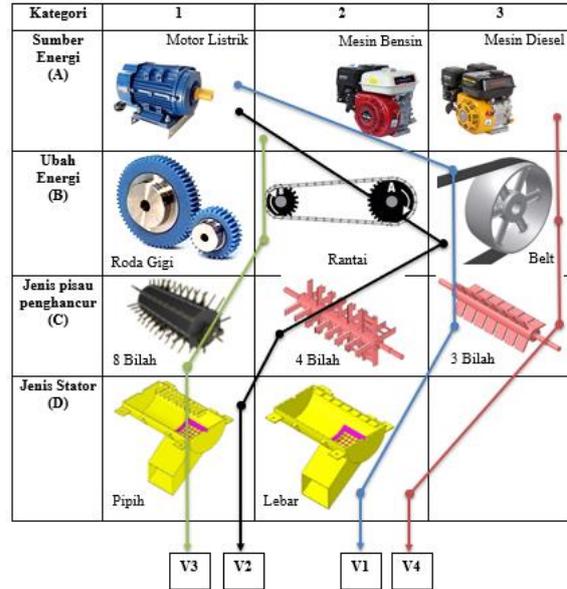
Tabel 2. Daftar spesifikasi desain.

<p align="center">Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti</p>		D : Demand W : Wishes
Peru bahan	Daftar Spesifikasi Alat Penghancur sampah organik	D / W
	Geometris <ul style="list-style-type: none"> • Dimensi Maksimum Panjang 1770 mm, Lebar 825 mm, dan tinggi 1340 mm 	D
	Kinematika <ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan penggerak motor konstan • Pengaturan kecepatan putar pisau dapat diubah dengan pengaturan perbandingan transmisi • Perlu rem untuk keadaan darurat 	D W W
	Gaya <ul style="list-style-type: none"> • Torsi yang dihasilkan cukup untuk menghancurkan 	D
	Energi <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan penggerak utama motor listrik dengan daya 2 HP (1.49 kW) • Menggunakan transmisi untuk meningkatkan torsi 	W D
	Material <ul style="list-style-type: none"> • Sebagian besar menggunakan produk lokal • Rangka harus kaku dan kuat • Komponen tersedia di pasaran • Material pisau tahan korosi 	D D D W
	Sinyal <ul style="list-style-type: none"> • Memiliki indikator on/off • Kecepatan putar dapat diukur 	D W
	Keselamatan <ul style="list-style-type: none"> • Harus aman bagi operator dan kesehatan operator sewaktu dioperasikan 	D
	Ergonomik <ul style="list-style-type: none"> • Mudah dioperasikan • Bentuknya estesis 	D W
	Produksi <ul style="list-style-type: none"> • Diproduksi oleh industri lokal 	D
	Kontrol Kualitas <ul style="list-style-type: none"> • Harus lolos uji lapangan • Memenuhi standar peralatan pertanian Indonesia (bila ada) 	D W
	Perakitan <ul style="list-style-type: none"> • Dilakukan di pabrikan • Penggantian komponen dapat dilakukan di lapangan 	D W
	Operasi <ul style="list-style-type: none"> • Dapat dilakukan untuk menghancurkan sampah organik • Dapat digunakan untuk keperluan lainnya (menghancurkan sampah non organik) 	D W
	Perawatan <ul style="list-style-type: none"> • Tidak memerlukan perawatan khusus 	D
	Biaya <ul style="list-style-type: none"> • Dalam Batasan biaya yang ditentukan oleh pabrikan • Mempunyai nilai jual yang kompetitif 	D W

Prinsip Solusi Sub Fungsi

Dibuat daftar prinsip solusi dari alat penghancur sampah untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan pada daftar kehendak pada Tabel 3.

Tabel 3. Prinsip solusi untuk masing-masing sub fungsi.



Berdasarkan daftar prinsip solusi pada Tabel 3, diperoleh kombinasi prinsip solusi sebagai berikut:

Varian 1 = A1 – B3 – C3 – D2

Varian 2 = A1 – B3 – C2 – D1

Varian 3 = A2 – B2 – C1 – D1

Varian 4 = A3 – B3 – C3 – D2

Hasil dari prinsip solusi terpilih 4 varian terbaik, untuk itu perlu diuji, sehingga diperoleh varian yang paling tepat sesuai dengan kebutuhan. Untuk pemilihan tersebut perlu diberikan bobot penilaian tiap-tiap prinsip solusi sesuai dengan variasi kombinasi.

Memilih Variasi Kombinasi

Karena jumlah variasi yang beragam, maka harus dilakukan seleksi agar pemilihan perencanaan dapat dipilih yang terbaik. Variasi kombinasi tersebut diseleksi berdasarkan kriteria sebagai berikut:

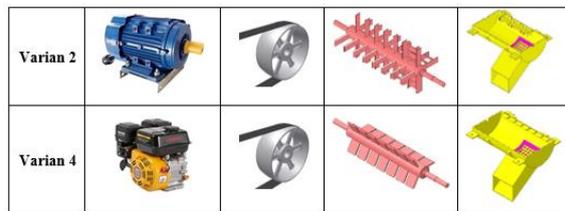
- A. Sesuai dengan kebutuhan
- B. Sesuai dengan daftar kehendak
- C. Secara prinsip dapat diwujudkan
- D. Pengetahuan tentang konsep memadai
- E. Didalam jangkauan biaya produk
- F. Sesuai dengan keinginan perencanaan
- G. Memenuhi syarat keamanan

Pengkajian variasi kombinasi untuk mendapatkan kombinasi terbaik didalam tabel lembar seleksi seperti yang terdapat di dalam Tabel 4.

Tabel 4. Variasi kombinasi.

Jurusan Teknik Mesin FTI USAKTI		Tabel Pemilihan Varian Alat Penghancur Sampah		
V A R I A N P R I N S I P S O L U S I	Kriteria Pemilihan	Keputusan		
	+ Ya	(+) Solusi yang dicari		
	- Tidak	(-) Hapuskan solusi		
	? Kurang informasi	(?) Kumpulkan informasi		
	! Periksa spesifikasi	(!) Lihat spesifikasi		
	Sesuai dengan kebutuhan			
	Sesuai dengan daftar kehendak			
	Secara prinsip dapat diwujudkan			
	Pengetahuan tentang konsep memadai			
	Didalam jangkauan biaya produk			
Sesuai dengan keinginan perencanaan				
Memenuhi syarat keamanan				
	A B C D E F G	Penjelasan	Keputusan	
V1	+ + + + ! + + +	Perlu pemeriksaan spesifikasi	!	
V2	+ + + + + + + +	Sesuai	+	
V3	! + + + ! + + +	Perlu pemeriksaan spesifikasi	!	
V4	+ + + + + + + +	Sesuai	+	

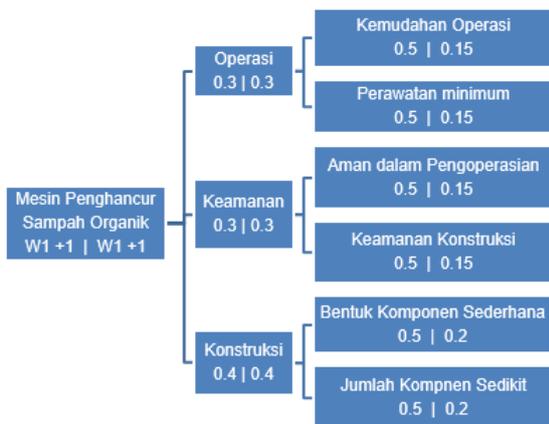
Hasil pemilihan kombinasi dari 4 varian, terpilih 2 varian yang terbaik yaitu varian 2 dan varian 4, ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Varian terpilih.

Evaluasi Varian Terpilih

Setelah ditentukan pilihan varian, maka dilakukan evaluasi. Evaluasi adalah untuk memperoleh nilai, kegunaan atau kekuatan dari solusi yang berkenaan dengan objek yang diberikan. Evaluasi akan lebih diperjelas dengan membuat diagram pohon objektif dengan faktor pertimbangannya, ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram pohon objektif.

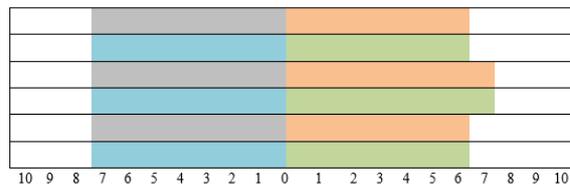
Hasil 2 varian terpilih yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 6, maka diperoleh varian 2 dengan nilai yang paling tinggi. Sehingga hasil satu desain terpilih ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 5. Hasil evaluasi varian.

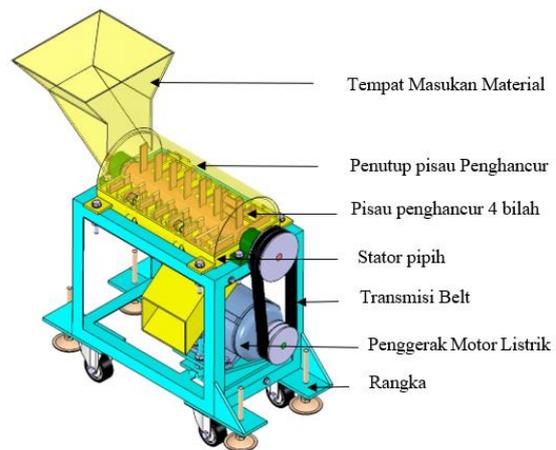
No	Kriteria	Wt	Parameter	Varian 2		Varian 4	
				Nilai	Bobot	Nilai	Bobot
1	Operasi	0.15	Kemudahan operasi	7	1.05	6	0.90
2	Operasi	0.15	Perawatan minimum	7	1.05	6	0.90
3	Keamanan	0.15	Aman dalam pengoperasian	7	1.05	7	1.05
4	Keamanan	0.15	Keamanan konstruksi	7	1.05	7	1.05
5	Konstruksi	0.2	Bentuk komponen sederhana	7	1.40	6	1.20
6	Konstruksi	0.2	Jumlah komponen sedikit	7	1.40	6	1.20
		ΣWt			ΣWt.V2 = 7		ΣWt.V4 = 6.30
		= 1					

Varian 2 : $\Sigma Wt.V2 = 7$

Varian 4 : $\Sigma Wt.V4 = 6.30$



Gambar 6. Profil nilai untuk mendeteksi titik lemah.



Gambar 7. Varian terbaik.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari kajian adalah bahwa dapat mengetahui jenis-jenis sampah berdasarkan sumbernya, sifatnya dan bentuknya, mengetahui prinsip dan cara pengolahan sampah, mengetahui sampah-sampah organik yang memungkinkan di proses. Dapat mengetahui macam-macam pisau yang umum digunakan pada proses pemotongan material sampah dan dapat mengetahui alat bantu pencacah sampah organik yang umum digunakan. Diperoleh varian yang terbaik adalah varian 2, dengan kombinasi prinsip solusi penggerak motor listrik, transmisi menggunakan belt, pisau 4 bilah, dan stator type A. Mekanisme penggerak menggunakan motor listrik dengan daya 2HP atau 1,49 kW. Kapasitas potong 600 kg/hari dengan per hari bekerja selama 8

jam. Mesin bekerja per hari sesuai dengan jumlah KK 4 jam per hari. Ukuran hasil cacahan supaya kecilnya merata diberikan penyaring pada saluran *output*. Ukuran utama mesin dengan panjang 1768,5mm, lebar 822,5mm dan tinggi 1337mm. Ukuran corong masukan 500mm x 500mm, ukuran corong pengeluaran 200mm x 300mm. Fasilitas untuk memudahkan transportasi mesin sampah dipasang roda, untuk pengaman pada saat proses produksi dipasang kaki penyangga, dan tanki diikat dengan baut pengaman serta *belt* dipasang pengaman.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti dan Lembaga Penelitian Usakti, yang telah mendukung kegiatan ini Serta Informasi data dari RT dan RW Perumahan Karang Tengah Tangerang.

Daftar Pustaka

- [1] Daniel, Yanuar, 2009, Sampah dan Manajemen Persampahan. Jakarta: Yayasan Obor.
- [2] Fajar. (2016, Agustus 2). Aneka Macam Pisau Mesin Pencacah [Online]. Available: <https://mesinsakti.blogspot.com/2016/08/aneka-macam-pisau-mesin-pencacah-plastik.html>.
- [3] Kusuma Andar. (2013, Januari 13). Tahapan Perencanaan Berdasarkan VDI 2221 [Online]. Available: <https://andarkusuma.wordpress.com/2013/01/13/tahapan-perencanaan-berdasarkan-vdi-2221>.
- [4] Nugroho Panji, 2013, Panduan Membuat Kompos Cair. Jakarta: Pustaka baru Press.
- [5] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.-H., 2007, Engineering Design. London: Springer Verlag.
- [6] Robert L. Moot, 2004, Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis. Yogyakarta: ANDI.
- [7] Taufiqullah. (2019, Januari 08). Bantalan Mekanik [Online]. Available: <https://www.tneutron.net/industri/bantalan-mekanik>
- [8] Ullman G. David, 2010, The Mechanical Design Process. New York: McGraw-Hill.
- [9] Wahab Abdul, (2011, Januari 03), Mempercepat pembuatan kompos dengan mesin komposter listrik [Online] Available: <http://aw-berbagi.blogspot.com/2011/01/mempercepat-pembuatan-kompos-dengan.html>.