

Perancangan Alat Pencacah Sampah Plastik Sebagai Bahan Baku Aspal

Rima Nindia Selan, Erich U.K Maliwemu dan Gaspar P.M Pinto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

E-mail: rima_selan@staf.undana.ac.id, erich.umbu@staf.undana.ac.id

Abstrak

Alat pencacah sampah plastik merupakan sebuah alat yang berguna untuk mengurangi jumlah sampah dengan cara mendaur ulang menjadi bahan-bahan yang memiliki nilai jual untuk masyarakat khususnya di Kota Kupang dan secara tidak langsung membantu perekonomian. Pencacahan sampah plastik sebenarnya sudah dilakukan namun menggunakan cara manual dengan pisau atau benda lainnya. Waktu yang dibutuhkan lebih lama dan produktivitas pengolahan sampah plastik belum maksimal. Perancangan Mesin Pencacah sampah plastik bertujuan untuk membantu para pengumpul plastik mengolah sampah plastik menjadi serpihan-serpihan kecil sehingga memudahkan dalam pengepakan dan pengiriman plastik keluar daerah untuk diolah kembali sebagai bahan baku pembuatan aspal. Prinsip kerja dari mesin pencacah secara umum adalah melakukan proses pemotongan rotary dengan pisau sebagai alat potongnya. Kapasitas mesin yang ditentukan 750-watt dengan putaran 2800 rpm, perancangan ini dilakukan dengan metode VDI 2221. Metode VDI 2221 merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan keadaan ekonomi.

Kata kunci: *Alat pencacah sampah plastik; proses pemotongan rotary; Metode VDI 2221*

Abstract

A Plastic waste chopper is a tool that is useful for reducing the amount of waste by recycling it into materials that have sale value for the community, especially in Kupang City, and indirectly help the economy. Plastic waste shredding has been done but using the manual method with a knife or other object. The time needed is longer and the productivity of plastic waste processing is not maximized. The design of the plastic waste chopping machine aims to help plastic collectors process plastic waste into small pieces so that it makes it easier to pack and send plastic out of the area to be reprocessed as raw material for making asphalt. The working principle of a chopping machine, in general, is to carry out the rotary cutting process with a knife as a cutting tool. The specified engine capacity is 750 watts with a rotation of 2800 rpm, this design is carried out using the VDI 2221 method. The VDI 2221 method is a method to solve problems and optimize the use of materials, technology, and economic conditions.

Keywords: *A Plastic waste chopper; the rotary cutting process; the VDI 2221 method*

PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan pokok kemasan yang banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman, namun semua produk plastik tersebut tidak dapat didaur ulang dengan waktu yang singkat. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyampaikan jumlah timbunan sampah secara nasional sebesar 175.000 ton per hari atau setara dengan 64 juta ton per tahun, jika menggunakan asumsi sampah yang dihasilkan setiap orang per hari sebesar 0,7 kg. Rosa Vivien Ratnawati, Direktur Jenderal Pengelolaan Limbah, Sampah, dan Bahan Beracun Berbahaya (PSLB3) KLHK menerangkan rata-rata timbunan sampah harian di kota metropolitan (jumlah penduduk lebih dari 1.000.000 jiwa) dan kota besar (jumlah

penduduk 500.000 –1.000.000 jiwa) masing-masing adalah 1.300-ton dan 480 ton. Dilihat dari komposisinya, jenis sampah yang paling dominan dihasilkan di Indonesia adalah organik (sisa makanan dan sisa tumbuhan) sebesar 50%, dan sampah jenis plastik sebesar 15% [1].

Kota Kupang dengan jumlah penduduk sebanyak 433.970 jiwa memasok 16% sampah plastik dari jumlah sampah keseluruhan (1.301.910 Kg) sehingga akumulasi sampah plastik di Kota Kupang menjadi 208.305,6 Kg [2]. Pengolahan sampah di Kota Kupang masih menggunakan cara tradisional seperti dibakar dan langsung ditimbun tanpa memikirkan untuk mendaur ulang sampah tersebut menjadi lebih ekonomis seperti *paving*

block, plastik daur ulang dan sebagai material pengganti aspal.

Jalan raya merupakan salah satu infrastruktur yang utama dalam pembangunan nasional, karena jalan raya merupakan sarana transportasi, pengiriman maupun perjalanan yang sering digunakan. Pada tahun 2017 pembangunan jalan tol maupun non tol semakin meningkat diberbagai penjurusan nasional, tidak hanya di pulau jawa saja. Namun permasalahan yang sering dijumpai adalah struktur jalan raya yang kurang baik sehingga mudah rusak. Kerusakan jalan raya tidak hanya di jalan kota maupun kabupaten, namun jalan nasional pun masih sering dijumpai kerusakan yang serupa. Hal ini menyebabkan ketidaknyamanan penggunaan jalan raya dan dapat beresiko terjadi kecelakaan. Salah satu cara untuk meningkatkan mutu dari jalan raya adalah dengan penambahan bahan tambah (*additive*) untuk memperbaiki mutu jalanan. Bahan tambah ini haruslah yang memiliki sifat-sifat yang mendukung ketahanan dan kekuatan dari jalan[3].

Sampah plastik yang akan digunakan didominasi oleh jenis PE (Polyethylene) yang terbagi atas LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*). Kedua jenis plastik ini sangat umum dijumpai di masyarakat, LDPE biasanya digunakan sebagai kantong plastik, botol minuman, sedangkan HDPE biasanya digunakan sebagai botol kemasan tebal maupun peralatan makan. Kedua jenis plastik ini merupakan plastik yang jarang didaur ulang karena sulitnya pengolahan. Adapun jenis polypropylene diaplikasikan sebagai kemasan botol, gelas air mineral. Kedua jenis plastik ini termasuk jenis plastik yang kuat, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dari aspal apabila ditambahkan kedalam aspal[4].

Mesin Pencacah Plastik adalah sebuah alat yang digunakan untuk mencacah atau menghancurkan plastik. Mulai dari botol minuman, botol oli, botol jerigen, plastik lembaran dan limbah-limbah plastik lainnya. Hasil cacahan plastik dapat digunakan para pengusaha sebagai bahan daur ulang plastik yang banyak dibutuhkan oleh pabrik daur ulang plastik. Umumnya cacahan tersebut biasanya berdimensi kurang lebih 0,5 centimeter[5].

Alat pencacah sampah plastik merupakan sebuah alat yang berguna untuk mengurangi jumlah sampah dengan cara

mendaur ulang menjadi bahan yang memiliki nilai jual untuk masyarakat khususnya di Kota Kupang dan secara tidak langsung membantu perekonomian.

Pada Perancangan Alat Pencacah Sampah Plastik Sebagai Bahan Baku Aspal ini menggunakan metode perancangan VDI 2221. Metode VDI 2221 merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan keadaan ekonomi. Metode ini diharapkan dapat mempermudah perancang untuk menguasai sistem perancangan tanpa harus menguasai secara detail.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah konsep desain Alat pencacah sampah plastik yang di peruntukkan sebagai bahan baku aspal, perbedaan alat pencacah sampah plastik sebagai bahan baku aspal dan alat pencacah sampah plastik pada umumnya adalah cacahan kantong plastik yang digunakan harus kering, bersih dan terbebas dari bahan organik dengan ukuran maksimal 9,5 milimeter[6]. plastik yang dicacah hanya plastik dengan jenis LDPE (Low Density Polyethylene) dan HDPE (High Density Polyethylene). Dan juga daya yang akan di pakai pada alat ini berkapasitas 750 watt serta menggunakan dua jenis pisau yaitu pisau putar dan pisau tetap dikarnak pencacahan akan dilakukan pada plastic yang pada umumnya susah dijangkau dalam proses pencacahan dengan 1 pisau saja dikarnakan material pisau yang licin dapat mengakibatkan slip pada saat pemotongan, bahan yang digunakan untuk pisau adalah base plate/plat hitam selain harganya yang tergolong terjangkau base plate juga memiliki keunggulan terhadap korosi yang membuatnya tetap awet, sehingga perawatanya lebih murah[7].

METODE

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode VDI 2221 (Verein Deutcher Ingenieure). Metode VDI 2221 merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan keadaan ekonomi. Metode ini diharapkan dapat mempermudah perancang untuk menguasai sistem perancangan tanpa harus menguasai secara detail[8]. metode VDI 2221 dibagi beberapa tahapan sebagai berikut :

Klasifikasi Tugas. Tahapan ini merupakan tahap pengumpulan informasi dan menguraikannya ke bentuk sejenis dan bentuk dasar spesifikasi, serta mengidentifikasi kendala – kendala yang dihadapi untuk mencapai solusi optimal. Hal yang perlu diperhatikan dalam membuat daftar spesifikasi adalah membedakan persyaratan apakah keharusan (*demand*) atau keinginan (*wishes*). Demand merupakan segala persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan dan wishes merupakan persyaratan dalam bentuk keinginan dan dapat dimasukkan melalui pertimbangan – pertimbangan. Untuk membantu memudahkan dalam penyusunan spesifikasi, digunakan suatu daftar periksa.

Perancangan Konsep. Tahap ini 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.

Perancangan Wujud. Tahapan ini berisi sketsa kombinasi solusi yang telah dibuat merupakan bentuk layout awal, kemudian dipilih yang memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi dan baik menurut kriteria, baik dari aspek teknis maupun ekonomi. Layout awal yang dipilih akan dikembangkan menjadi layout jadi (*definitive*) yang merupakan wujud perancangan yang sesuai dengan kebutuhan dan harapan. Layout definitive meliputi beberapa hal sebagai berikut : bentuk elemen suatu produk, perhitungan teknik, dan pemilihan bentuk dan ukuran.

Perancangan Terinci (*Detail Design*) Tahapan 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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metode VDI 2221 maka proses perancangan dan pembuatan mesin pencacah gelas plastik dengan penggerak manual dibagi beberapa tahapan sebagai berikut:

Klasifikasi Tugas

Tahapan ini merupakan tahap pengumpulan informasi dan menguraikannya ke bentuk sejenis dan bentuk dasar spesifikasi. Tahap awal dalam perancangan ini, ditetapkan spesifikasi awal dengan memperhatikan persyaratan apakah keharusan (demand) atau keinginan (wishes)

Tabel 1. Klasifikasi Tugas

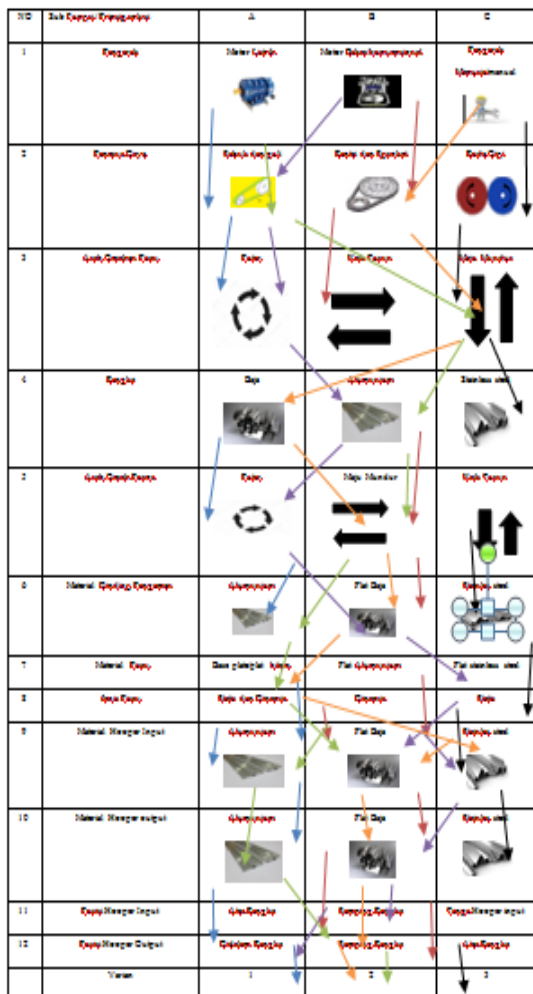
| Parameter | Spesifikasi | Demand(D)/ Wishes(W) |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | Dimensi Perancangan | D |
| Geometri | Panjang | D |
| | Lebar | D |
| | Tinggi | D |
| | Tinggi titik berat yang sesuai | D |
| Gaya | Bentuk Rancangan Hemat Material | W |
| Energi | Energi berasal dari motor penggerak | D |
| | Komponen tidak mudah rusak | D |
| Material | Material mudah di dapat | W |
| | Material tahan lama | D |
| Ergonomi | Bentuk proposional | W |
| Peralatan | Mudah untuk dibongkar pasang | W |
| Biaya Produksi | Terjangkau | W |

Perancangan konsep

Tahap ini 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). Dalam membuat daftar prinsip solusi sebaiknya memiliki sebanyak mungkin variasi. Jika prinsip solusi telah diperoleh, maka prinsip-prinsip solusi tersebut perlu dianalisis kembali agar memudahkan dalam tahap perancangan konsep selanjutnya. Hasil dari tahap ini berupa pemecahan masalah dasar atau konsep[9].

Setelah prinsip solusi sub fungsi telah dibuat, maka perlu dilakukan kombinasi yang mungkin, sehingga terbentuk suatu sistem yang paling menungjang dalam bentuk beberapa varian. Berdasarkan prinsip-prinsip solusi yang telah dilakukan di atas, dapat diperoleh beberapa kombinasi atau variasi:

- Varian 1: A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12
- Varian 2: B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B9-B10-B11-B12
- Varian 3: C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12
- Varian 4: B1-A2-A3-B4-A5-B6-C7-B8-C9-B10-B11-C12
- Varian 5: C1-B2-C3-A4-B5-B6-A7-C8-B9-B10-B11-B12
- Varian 6: A1-A2-C3-B4-B5-A6-A7-B8-A9-A10-B11-B12



Gambar 1. Alternatif Varian Solusi

Varian 1: Menggunakan Motor Listrik, penerus daya pully dan sabuk, arah gerak pisau memutar, rangka terbuat dari baja, arah gerak

poros memutar, material dinding pengaman dari alumunium, material pisau base plate/plat hitam, jenis pisau statis dan dinamis, material hooper input dari alumunium, material hooper output slumunium, posisi hooper input atas rangka dan posisi hooper output dalam rangka.

Varian 2: Menggunakan motor bakar, penerus daya rantai dan sprocket, arah gerak pisau naik turun, rangka terbuat dari alumunium, arah gerak pisau maju mundur, material dinding pengaman plat baja, material pisau plat alumunium, jenis pisau dinamis, material hooper input dari baja, material hooper output dari baja, posisi hooper input dan output samping rangka.

Varian 3 : Menggunakan penggerak manusia/manual, pnerus daya roda gigi, arah gerak pisau maju mundur, bahan rangka stainless steal, arah gerak poros naik turun, material dinding pengaman stainless steal, material pisau stainless steal, jenis pisau statis, material hooper input dan material hooper output dari stainless steal, tanpa hooper input dan hooper output terletak diatas rangka

Untuk menentukan varian yang mungkin dilanjutkan dalam proses ini, harus dilakukan seleksi terhadap varian yang ada. Salah satu cara dalam pemilihan varian dapat dilakukan dengan menggunakan selection chart seperti pada gambar 2:

| Tabel Pemilihan | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|---|---|---|-------------------------|---|---|---|---|--------------|-----|
| Mesin Pencacah Sampah Plastik Sebagai Bahan Baku Aspal | | | | | | | | | | | |
| Kriteria Pemilihan | | | | | Keputusan | | | | | | |
| (+) Ya | | | | | (+) Solusi Yang Dicari | | | | | | |
| (-) Tidak | | | | | (-) Hapus Solusi | | | | | | |
| (?) Kurang Informasi | | | | | (?) Kurang Informasi | | | | | | |
| A | Sesuai dengan fungsi keseluruhan | | | | | | | | | | |
| B | Sesuai dengan daftar' kehendak | | | | | | | | | | |
| C | Secara Prinsip dapat diwujudkan | | | | | | | | | | |
| D | Dalam batasan biaya produksi | | | | | | | | | | |
| E | Pengetahuan tentang konsep memadai | | | | | | | | | | |
| F | Sesuai dengan ketinggian pembuat | | | | | | | | | | |
| G | Memenuhi syarat keamanan | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Keterangan | Kep |
| V1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Sesuai | + |
| V2 | - | - | ? | ? | ? | - | - | - | - | Tidak Sesuai | - |
| V3 | - | - | ? | ? | - | - | - | - | - | Tidak Sesuai | - |
| V4 | - | + | + | - | + | - | - | - | - | Tidak Sesuai | - |
| V5 | - | - | - | + | - | + | - | - | - | Tidak Sesuai | - |

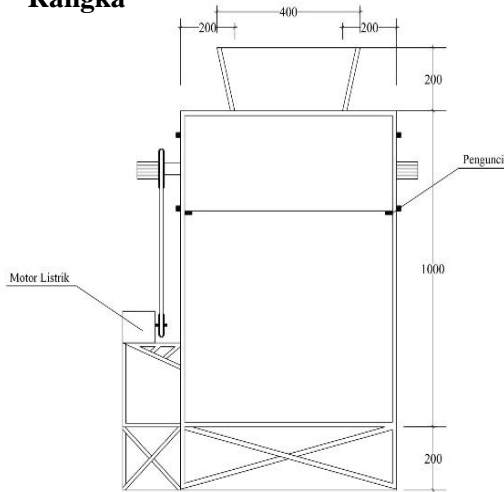
Gambar 2. Selection chart

Pada gambar 2 diatas terlihat bahwa varian yang tidak memenuhi kriteria

perancangan adalah varian 2 dan 3. Dengan memperhitungkan yang akan diwujudkan sesuai batasan perancangan, pemilihan komponen yang mudah didapatkan, maka dipilih varian 1. Varian 1 terdiri dari penggerak motor listrik, penerus daya sabuk dan puli, arah gerak berputar dari pisau dan rangka dari baja.

Tahap konsep membahas tentang permasalahan abstraksi, membuat struktur fungsi, kemudian melakukan pencarian prinsip pemecahan masalah yang cocok dan kombinasi dari prinsip pemecahan masalah tersebut (konsep varian).

Rangka



Gambar 3. Rangka

Spesifik bahan sebagai berikut:

Besi siku 4×4 cm.

Plat Galvanil 3 mm.

Dengan Ukuran:

Panjang rangka 80 cm

Lebar rangka 60 cm

Tinggi rangka 120cm

PERANCANGAN TERINCI

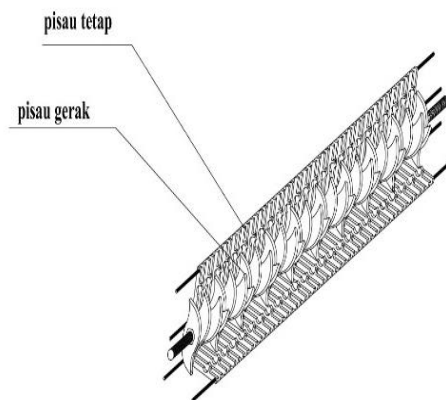
Hasil perancangan detail berupa dokumen yang meliputi gambar mesin, detail gambar mesin, daftar komponen, spesifikasi bahan, dan dokumen lainnya yang merupakan satu kesatuan. Berdasarkan perencanaan dan hasil perhitungan untuk Alat Pencacah sampah Plastik sebagai bahan baku aspal diperoleh beberapa data sebagai acuan dalam mendesain mesin tersebut. Proses perencanaan dan perhitungan sangat mempengaruhi kekuatan dan efisiensi mesin. Dalam perencanaan mesin ini harus menyesuaikan dari tujuan

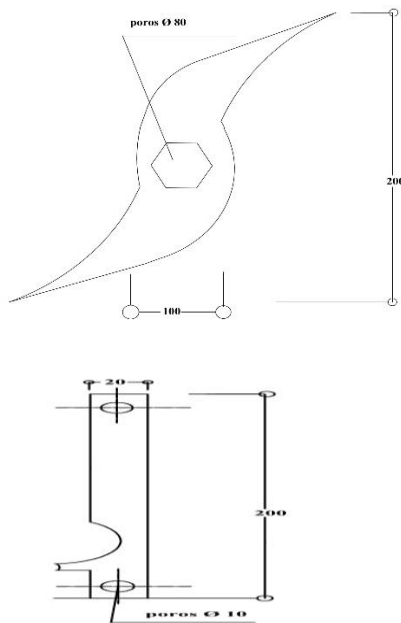
perancangan. Pada penelitian ini, mesin pencacah diperuntukkan dalam skala rumah tangga, maka desain harus minimalis dan menarik dilihat.

Tabel 2. Perencanaan Ukuran Alat

| | | |
|------------------|-------------------------|---------------------------|
| Daya Motor | | 750-watt dengan 2800(RPM) |
| Pulley | Bawah | 4 Inchi=10,16cm |
| | Atas | 6 Inchi=15,24cm |
| Poros Heksagonal | Jarak Poros Ke Bantalan | 10mm |
| | Diameter Poros | 10mm |
| Pisau | Panjang Poros | 80cm |
| | Panjang pisau | 20cm |
| Rangka | Lebar pisau | 10cm |
| | Jarak Antara pisau | 2mm |
| | Ketebalan Pisau | 3mm |
| | Tinggi Rangka | 100cm |
| Sabuk | Panjang Rangka | 80cm |
| | Lebar Rangka | 60cm |
| | Panjang Sabuk | 80cm |

Pisau





Gambar 4. Pisau

Ketebalan pisau tetap dan putar: 3mm
 Panjang pisau putar: 20cm
 Lebar pisau putar: 10cm
 Tinggi pisau tetap: 20cm
 Panjang pisau tetap: 2cm
 Tinggi pisau tetap: 20cm

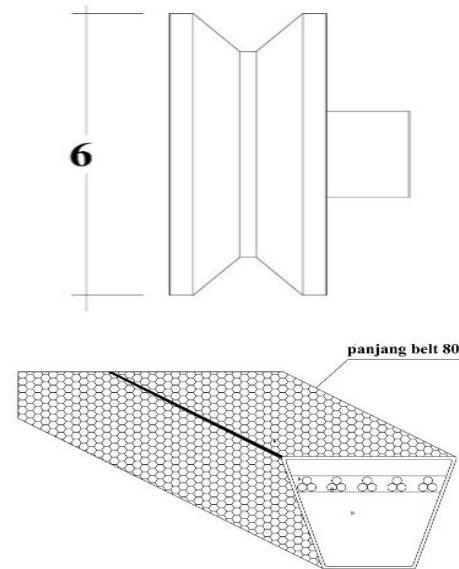
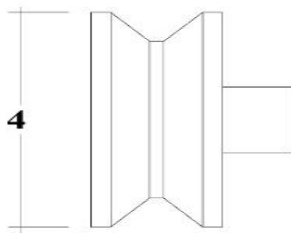
Poros



Gambar 5. Poros

Spesifikasi Poros:
 Poros Besi Hexagonal : diameter 80mm
 Panjang : 80cm

Puli Dan Sabuk



Gambar 6. Puli dan Sabuk
 Spesifikasi Pully dan Belt yang

digunakan:

Pully Alumunium A1 × 6inchi
 Pully Alumunium A1 × 4inchi
 Belt V: 80cm

Motor Listrik

Spesifikasi Motor Listrik:

Daya 750 Watt
 Rpm 280

SIMPULAN DAN SARAN

Mesin pencacah sampah plastik yang dirancang dikhususkan untuk memotong bahan plastik berjenis PE (Polyethylene) yang terbagi atas LDPE (Low Density Polyethylene) dan HDPE (High Density Polyethylene). Sebagai penggerak utama mesin pencacah sampah plastik ini menggunakan motor listrik berkapasitas 750-watt dengan putaran 2800 Rpm dan sistem transmisi menggunakan sabuk V belt dengan panjang 80 cm dan 2 Pully dengan ukuran masing masing 6inchi untuk pully atas dan 4 inchi untuk pully bawah. Poros sebagai penerima gaya putar dari motor, sabuk dan pully dengan diameter 80mm dan panjang 80mm, bentuk poros yang ditentukan adalah hexagonal untk mempermudah pemasangan dan pembongkaran pisau potong.

Pisau potong yang digunakan untuk mencacah plastik yang rencanakan maka di tuntukan 20 buah pisau gerak dan 40 buah pisau tetap yang terbagi 20 disamping kiri dan samping kanan pisau gerak dan menempel pada

rangka, bahan yang digunakan untuk pisau adalah base plate/plat hitam selain harganya yang tergolong terjangkau base plate juga memiliki keunggulan terhadap korosi yang membuatnya tetap awet, sehingga perawatannya lebih murah.

Berdasarkan perhitungan beban keseluruhan rangka yang melibatkan beban dari siku yang digunakan sebagai body rangka, berat plat galvanil yang digunakan sebagai casing rangka dan berat dari pisau potong maka beban keseluruhan yang ditopang kaki rangka adalah $49,73 \text{ Kg/m}^2$

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Baqiroh NFAB. 2019. Timbunan Sampah Nasion Capai 64 Juta Ton Per Tahun.
<https://ekonomi.bisnis.com/read/20190221/99/891611/timbunan-sampah-nasional-capai-64-juta-ton-per-tahun,..>
- 2 PUPR KPU dan PR. 2019. Rekapitulasi Data Persampahan Provinsi Nusa Tenggara Timur.
<http://ciptakarya.pu.go.id/plp/simpersampahan/baseline/rosampahdatapropolist.php?id=5300&tabid=dataumum.>
- 3 Kompas.com. 2019. Limbah Sampah Plastik Jadi Campuran Aspal Hotmix di Banyumas.
<https://www.rumahmesin.com/produk/mesin-pencacah-.>
- 4 Sri Wisnu Purwonugrogo HP. 2018. Pengolahan Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDP) Dan Polypropylene (PP) Dengan Metode Mix Plastik Coated Aggregate Untuk Meningkatkan Kualitas aspal Beton. Skripsi-TK 141581. Dep. Tek. Kim. Fak. Teknol. Ind. Inst. Teknol. Sepuluh Nop. Surabaya. .
- 5 Rumah Mesin. 2020. Mesin Pencacah Plastik.
[https://www.rumahmesin.com/produk/mesin-pencacah-plastik/.](https://www.rumahmesin.com/produk/mesin-pencacah-plastik/)
- 6 Pasien Sehat. 2015. Memahami Arti Kode Plastik Dan Penggunaannya.
<http://www.pasiensehat.com/2015/01/arti-kode-plastik-dan-penggunaannya.html.>
- 7 Darwin R.B Syaka, Ahmad Kholil, Aam Aminingsih, Afri Siswaldi IG. 2016. Disain dan Analisis Mesin Pencacah Gelas Plastik dengan Penggerak Manual. J. Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Ed. terbit Iii, progr. Stud. Pendidik. Tek. Mesin, Fak. Tek. Univ. Negri Jakarta. .
- 8 Robert Napitupulu D. 2019. Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik. J. Manutech. Progr. Stud. Peranc. Mek. Politek. Manuf. Bangka Belitung. .
- 9 Wisnu Pradana J, Dyah Rachmawati L dan S. 2018. Analisa Ekonomi Dan Perancangan Alat Pengupas Kulit Ari Kacang Hijau Dengan Metode VDI 2221. OPSI - J. Optimasi Sist. Ind. ISSN 1693-2102. Progr. Stud. Tek. Ind. Fak. Tek.