

Redesain dan Fabrikasi Bilah Pisau Shredder SKD-11 untuk Pemotongan Limbah Plastik

Muslimin^{1*}, Iman Setyadi¹, Aminudin Zuhri¹, dan Dhiya Luqyana²

¹ Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

² Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author: muslimin@mesin.pnj.ac.id

Artikel info: Diterima: 28 Juli 2023 | Disetujui 07 Agustus 2023 | Tersedia online: 31 Agustus 2023
DOI: 10.32722/jmt.v4i2.5887

Abstrak

Polusi plastik telah menjadi perhatian global karena pembuangan sampah plastik yang buruk mencemari lingkungan. Pengelolaan limbah plastik secara mandiri dapat dilakukan ditingkat lokal sebagai alternatif upaya daur ulang mandiri. Mesin Shredder plastik sederhana banyak digunakan secara lokal dengan design yang mudah, perawatan dan suku cadang yang tersedia secara lokal. Mesin shredder plastik adalah mesin yang digunakan paling awal untuk memotong sampah plastik menjadi potongan-potongan kecil. Konsep desain sederhana mesin shredder yang ada saat ini adalah cukup umum. Poros dan bilah pisau adalah komponen penting dalam mesin shredder yang menentukan kinerjanya. Geometri bilah pisau dan orientasi bilah pisau yang dipasang ke dalam poros tunggal atau ganda secara langsung mempengaruhi kinerja mesin shredder. Permasalahan utama mesin shredder adalah pisau yang cepat tumpul sehingga menurunkan produktivitas mesin. Tulisan ini bertujuan untuk meninjau berbagai faktor yang memberikan efek langsung pada kinerja pisau shredding, serta menguji bilah pisau yang sudah direesain dan difabrikasi. Berdasarkan data down time untuk pengasahan 9-bilah pisau orbital adalah 11-jam dan down time 2-bilah pisau stasioner adalah 3,5-jam sehingga total selama 150 Jam operasional atau 10% operasi. Sedangkan penggunaan pisau baru, selama 300 jam operasi masih bisa digunakan tanpa diasah.

Kata-kata kunci: Bilah pisau, Shredder, Limbah plastik, Daur ulang, SKD-11

Abstract

Plastic pollution has become a global concern due to poor disposal of plastic waste polluting the environment. Independent plastic waste management can be carried out locally as an alternative to independent recycling efforts. Simple plastic shredder machines are widely used locally with effortless design, maintenance, and locally available spare parts. A plastic shredder machine is used at the earliest to cut plastic waste into small pieces. The simple design concept of existing shredders is quite common. Shaft and knife blades are the essential components in a shredder machine that determine its performance. The blades' geometry and orientation mounted into single or multiple shafts directly affect the shredder's performance. The main problem with shredder machines is that the blades dull quickly, reducing productivity. This paper aims to review the various factors that directly affect the performance of shredding knives, as well as examine redesigned and fabricated knife blades. Based on data, the downtime for sharpening 9-blade orbital blades is 11 hours, and the downtime for 2-blade stationary blades is 3.5 hours, which is a total of 150 hours or 10% of operation. While using a new blade for 300 hours of operation can still be used without sharpening.

Keywords: Knife blade, Shredder, Plastic waste, Recycling, SKD-11



1. PENDAHULUAN

Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh European Parliamentary Research Service (ERPS) menyebutkan bahwa rasio pemanfaatan material daur ulang di seluruh negara uni eropa telah mencapai 20% (dari keseluruhan limbah) pada tahun 2012 [1]. Menurut STOA (Scientific Foresight Unit) dengan konsep sirkular ekonomi akan diperoleh sumber daya alam yang cukup untuk 10 milyar penduduk Bumi di tahun 2050. Yaitu menutup siklus pemanfaatan sumber daya alam yang terbatas sejak dalam konsep desain suatu produk [2]. Polusi plastik telah menjadi perhatian global karena pengelolaan sampah plastik yang buruk. Menurut laporan tahun 2018 Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP), pada tahun 2030 produksi plastik seluruh dunia akan mencapai 619 milyar ton/tahun. Data tahun 2018 menyebutkan hanya 9% dari 9 milyar ton plastik yang pernah diproduksi dunia telah didaur ulang, sementara sebagian besar berakhir di tempat pembuangan akhir [3].

Menurut data European Commission, Uni Eropa masih mengekspor limbah plastik 2.4 Juta ton pada tahun 2020. Di akhir tahun 2020, Uni Eropa menerbitkan amandemen terhadap aturan yang berhubungan dengan ekspor limbah. Sampah plastik, beberapa pokok perubahan aturannya antara lain melarang ekspor limbah plastik yang sulit untuk didaur ulang ke negara non-OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*). Penanganan limbah plastik dengan daur ulang juga banyak dilakukan di Indonesia baik skalanya lokal ataupun sudah dilakukan pemda [4]. Kegiatan daur ulang melibatkan rantai pasok yang panjang dari mulai pemulung, pengepul, industri pengolahan baik skala kecil maupun besar [5]. Mesin-mesin skala IKM juga telah banyak dikembangkan diantaranya adalah mesin kompresi molding dan vacuum molding skala kecil [6].

Kementerian Perindustrian Indonesia dalam upaya transformasi industri ke arah sirkular ekonomi telah menerbitkan kebijakan insentif pengurangan ppn pada pelaku industri daur ulang plastik. Hal ini dapat menunjukkan komitmen pemerintah dalam mendukung ekonomi sirkular di Indonesia. Sejalan dengan kebijakan ekonomi sirkular di negara-negara maju [2]. Pada level industri daur ulang yang lebih kecil, kebijakan tersebut diharapkan mampu mendorong pengembangan inovasi dalam pengolahan limbah plastik. Seperti misalnya inovasi dalam pembuatan mesin-mesin pengolahan yang kuat dalam unsur TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri) untuk skala UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah).

Mesin penghancur plastik sederhana dapat ditemui di banyak tempat pengolahan daur ulang limbah plastik skala UMKM. Namun, ketergantungan terhadap suku cadang impor masih menjadi kendala operasional. Dengan memperkuat TKDN, tentu akan berdampak kepada penurunan biaya mesin/belanja modal. Suku cadang pisau misalnya, saat ini dapat diperoleh (impor) dalam tempo bulanan dan dengan ketentuan MOQ (*Minimum Quantity Order*). Dalam mesin penghancur plastik sederhana, bilah pisau adalah komponen penting yang memerlukan manajemen perawatan yang baik. Oleh karena itu, dalam artikel ini dilakukan peninjauan terhadap Bilah Pisau dan alternatif fabrikasinya. Agar diperoleh solusi terhadap ketersediaan suku cadang untuk memenuhi kebutuhan UMKM.

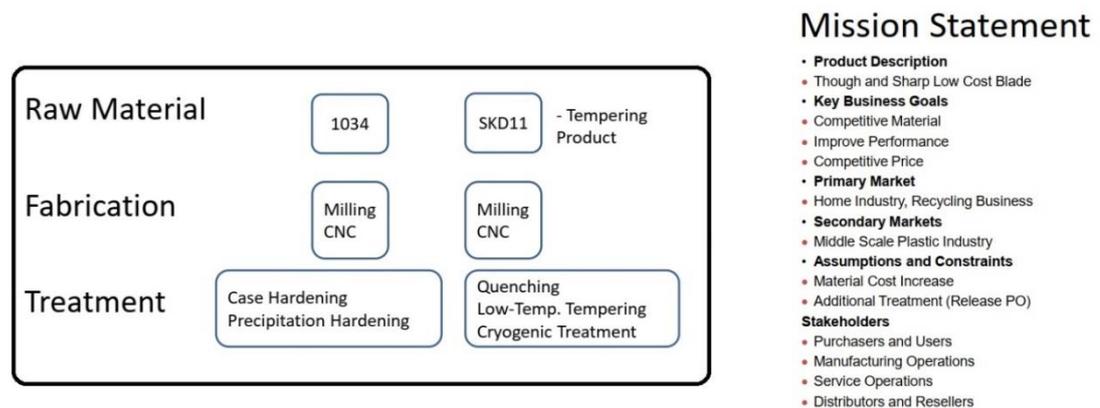
Pengasahan berkala diperlukan agar produktifitas mesin tetap stabil. Namun, efektifitas perawatan akan tergantung pada jeda perawatan bilah pisau. Umumnya, dalam industri UMKM dilakukan perawatan berkala mingguan dengan down time yang lama (1 hari produksi). Hal ini terjadi karena beberapa UMKM melakukan *cost down* terhadap suku cadang pisau. Misalnya, dengan bahan baja karbon mild steel yang lebih murah dan ketersediaan material melimpah. Bahan baja karbon umumnya dipilih karena mudah difabrikasi dengan perlakuan *heat treatment* pada bagian tajam (*cutting edge*) saja. Namun, terdapat kekurangan yang cukup mengganggu. Bilah pisau dengan bahan baja mild steel cenderung sulit untuk diasah. Material tidak rigid, sehingga presisi dimensi bilah pisau tidak bisa dipertahankan setelah proses pengasahan. Pada praktiknya, bilah pisau tersebut cenderung untuk dibuang setelah tiga kali pengasahan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Quality Function Deployment* (QFD) yang mana meliputi pendekatan secara sistematis untuk mengetahui dan menentukan permintaan konsumen. Permintaan tersebut kemudian diterjemahkan secara teknis dengan cara mengembangkan konsep desain, perencanaan proses manufaktur, dan perencanaan proses produksi yang tepat. Dengan mengembangkan produk yang sebelumnya, dibutuhkan beberapa konsep utama menurut Profesor Karl Ulrich dan Steven Eppinger [7] antara lain: identifikasi kebutuhan pelanggan, penentuan target spesifikasi produk, penyusunan konsep produk, seleksi konsep – konsep produk, pengujian konsep produk yang dipilih, penyusunan spesifikasi akhir, perencanaan proyek, analisis ekonomi, benchmark terhadap produk kompetitor, dan pemodelan dan pembuatan *prototype*.

Pertimbangan teknologi dalam pembuatan bilah pisau menggunakan permesinan konvensional, yaitu dengan mesin Freis/Milling. Seperti ditunjukkan pada skema berikut, Gambar 1. Mesin Milling dipilih karena merupakan mesin konvensional yang tersedia di bengkel-bengkel manufaktur skala UMKM. Kemudian

beberapa aspek pertimbangan pemilihan poduk tersebut diringkas dalam suatu pernyataan misi (*mission statement*).



Gambar 1. Peta jalan teknologi dan mission statement

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan pelaku UMKM dilakukan beberapa tahapan, sesuai dengan urutan yang telah dibahas pada metode penelitian. Spesifikasi yang diharapkan ada dalam bilah pisau yang dibuat dirangkum berdasarkan tingkat kepentingannya. Setelah itu dirumuskan formula yang menunjukkan nilai dasar numerik dari spesifikasi dalam satuan metriks. Dengan demikian dapat diperoleh acuan karakteristik yang terukur, dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Customer Needs			Matrix to Needs			
#	Needs	Imp	Metric	Needs	Imp	Units
1	The Blade Economic price	4	1	5, 8	4	HRC
2	The Blade widely available	5	2	5, 8	4	N/mm ²
3	The Blade made by local fabricator	3	3	5	3	J/Cm
4	The Blade made with local material available	2	4	5, 7, 8	5	Gpa
5	The Blade is easy to cut thick waste plastic	3	5	1, 2, 3	5	mm, List
6	The Blade able to catch metal object	4	6	3, 8	4	mm
7	The Blade able to operate up to 2 weeks w/o regrinding	5	7	7	5	N/mm ²
8	The Blade made easier to grind for sharpening	4	8	1, 3, 8	4	%y
9	The Blade is easier to replace	4	9	6	4	Ωm
			10	8	4	mm/s
			11	1, 2, 3	5	List

Gambar 2. Perumusan Satuan Matriks

Tahap selanjutnya adalah menghubungkan antara matriks kebutuhan dengan kemampuan dari produk [8]. Hubungan antara kebutuhan dengan kemampuan produk yang ditunjukkan pada Gambar 3 diberikan simbol lingkaran. Pemberian simbol bertujuan untuk memudahkan dalam melihat hubungan antara kebutuhan produk dengan matrik kemampuan produk sehingga akan diketahui spesifikasi yang dibutuhkan dalam pengembangan pisau.

Link Needs vs Metrics

Needs	Metrics										
	Material Hardness	Tensile Strength	Good Impact Strength	Modulus Elasticity	Raw Material thickness available	Dimension change after Machining	Fatigue Strength	Good Machinability	Electrical Resistivity	Grinding Feed ability	Standard Design, screw tightened
Economic price											
Widely available											
Made by local fabricator											
Made with local material available											
Easy to cut thick waste plastic	○	○	○	○							
Able to catch metal object									○		
Able to operate up to 2 weeks w/o regrinding				○				○		○	
Made easier to grind for sharpening	○	○		○		○		○			
Easier to replace											

Gambar 3. Hubungan kebutuhan dan satuan matriks

Kemudian setelah hubungan antara kebutuhan dan skala yang dapat dikembangkan, dibuat *benchmark* terhadap produk yang telah ada di pasaran. Kajian dilakukan dengan mengumpulkan produk sejenis melalui informasi-informasi yang disampaikan produsen di situs penjualan online dan referensi pranala lain.

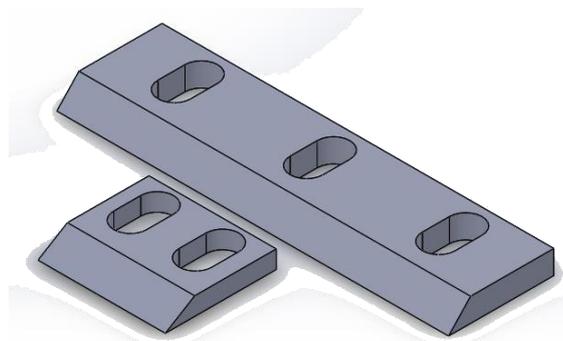
Material SKD11 dipilih sebagai bahan baku pembuatan bilah pisau [9]. SKD11 adalah baja dengan ketahanan abrasi tinggi, kekuatan tarik tinggi, dan kemampuan pengerasan tinggi. Sifat mekanik dan komposisi kimia ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut [10]. Material diperoleh dari limbah potong industri pembuatan cetakan. Pembelian dilakukan dengan memilih potongan-potongan material SKD11 yang mendekati dimensi dari bilah pisau yang akan dibuat, untuk mengurangi proses pemotongan pada saat fabrikasi. Fabrikasi bilah pisau dilakukan di sebuah workshop skala UMKM. Pemilihan peralatan potong dilakukan oleh staf yang telah berpengalaman, menyesuaikan peralatan yang tersedia di workshop. Mesin utama yang digunakan dalam proses fabrikasi adalah mesin freis/milling. Fabrikasi dilakukan dalam skala pemodelan dan prototype. Dapat dilihat pada Gambar 4. Sketsa bilah pisau.

Tabel 1. Komposisi kimia SKD11

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Cu	P	S
1,4-1,6	0,4	0,6	0,5	11-13	0,8-1,2	0,2-0,5	≤0,25	≤0,25	≤0,03	≤0,03

Tabel 2. Sifat mekanik SKD11

Kekuatan Tarik (MPa)	231
Kekuatan Yield (MPa)	154
Perpanjangan (%)	65
Kekerasan (HR)	235-268 (58 HRC)



Gambar 4. Sketsa bilah pisau

Material daur ulang utama yang dipotong dengan pisau mesin *shredder* ini adalah material polypropylene (PP), Nylon, Polycarbonate (PC) dan lainnya. Mesin *shredder* yang digunakan adalah 2 jenis mesin pencacah limbah plastik yaitu mesin *shredder* dengan kapasitas 400 kg/jam dengan pisau orbital (pisau besar) berjumlah 9 buah (Gambar 4), dan mesin *shredder* dengan kapasitas 200 kg/jam dengan pisau *stationary* (pisau kecil) berjumlah 2 buah (Gambar 4). Spesifikasi dua mesin *shredder* yang digunakan seperti pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Spesifikasi mesin penghalus

Mesin Shredder		
Kapasitas Maksimal Produksi	400 kg/jam	200 kg/jam
Jenis dan jumlah pisau	# Pisau Orbital : 9	# Pisau Stasioner : 2

Material yang digunakan pada dua jenis pisau adalah S45C dengan komposisi kimia dan sifat mekanik ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Komposisi kimia S45C

C	Si	Mn	P	S
0,42-0,48	0,15-0,35	0,6-0,9	Max 0,03	Max 0,035

Tabel 5. Sifat mekanik S45C

Kekuatan Tarik (MPa)	569
Kekuatan Yield (MPa)	343
Perpanjangan (%)	20
Kekerasan (HB)	160-220

Data *down time* pisau orbital 9-bilah orbital dalam 150 jam operasi adalah 6,5 jam (390 menit) *fixed time* dan 0,5 jam (30 menit) *variable time*. Sedangkan, *down time* 2-bilah pisau stasioner adalah 3 jam (180 menit) *fixed time* dan 0,5 jam (30 menit) *variable time*. *Fixed time* meliputi waktu pembongkaran pisau, pembersihan, dan pemasangan kembali, sedangkan variabel time adalah waktu pengasahan pisau karena tumpul. *Down time* dari kedua pisau tersebut ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Daftar *down time*

150 Operation Hour	Down time			
	Pisau Orbital		Pisau Stasioner	
Proses	Menit	Type	Menit	Type
Pembersihan				
Pendinginan	30	Fixed	30	Fixed
<i>Scrubbing</i>	60	Fixed	30	Fixed
Pencucian	30	Fixed	30	Fixed
Pengeringan	30	Fixed	30	Fixed
Pembongkaran				
Pencopotan poros	60	Fixed	0	
Pembukaan baut	60	Fixed	30	Fixed
Pemasangan				
Pemasangan baut	60	Fixed	30	Fixed
Pemasangan poros	60	Fixed	0	
Pengasahan (variabel)	30	Variabel	30	Variabel
<i>Total Fixed Down time</i>	390	menit	180	menit
	6,5	jam	3	jam
<i>Total Variable Down time</i>	30	menit	30	menit
	0,5	jam	0,5	jam

Selain kebutuhan untuk suku cadang bilah pisau yang rutin sesuai jeda *down time* tersebut di atas, pelaku UMKM juga memberikan deskripsi kebutuhan mesin untuk daur ulang limbah plastik polypropylene (PP), Nylon, Polycarbonate (PC) dan lainnya yang melimpah. Dalam hal ini limbah tipis/film dan beberapa bentuk *packaging* dari material PP, PE, ataupun PET yang tidak dapat dicacah dengan mesin pencacah yang tersedia. Potensi pemanfaatan limbah ini dapat diperoleh dalam bentuk pelet agar dapat diolah di dalam mesin injeksi. Pelaku UMKM membutuhkan mesin peletisasi skala kecil yang dapat digunakan dengan sumber daya listrik yang tersedia. Dengan skala mesin yang kecil, diharapkan dapat dilakukan investasi yang terjangkau oleh UMKM.

Namun, sesuai dengan laporan dari pengujian operasional menunjukkan bahwa bilah pisau prototype lebih awet 3 kali sehingga memperpanjang jeda *down time*. Bilah pisau *prototype* mampu beroperasi selama 3 minggu tanpa pengasahan. Selain itu, bilah pisau masih dapat diasah setelah pengasahan ketiga. Kesimpulan dari kajian penggunaan material limbah sisa potong SKD11 untuk pembuatan bilah pisau dapat memperbaiki jeda *down time* operasional. Hal ini sejalan dengan ketahanan bilah pisau yang terbuat dari material SKD11 (suku cadang impor). Optimalisasi desain dapat dilakukan untuk memperoleh keuntungan yang optimal di antara dua referensi suku cadang bilah pisau yang telah ada di pasaran. Lebih baik dari suku cadang buatan lokal, namun masih mendekati keunggulan suku cadang yang diperoleh dari impor.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini faktor yang memberikan efek langsung pada kinerja shredding adalah *down time* pada bilah pisau. *Down time* untuk pengasahan 9-bilah pisau orbital adalah 11-jam dan total seluruh *down time* 2-bilah pisau stasioner adalah 3,5-jam sehingga total *down time* yang diperlukan setiap 150 Jam operasional adalah sebanyak 14,5 jam atau 10%. Dengan penggantian material bilah pisau dengan SKD11 dapat memperbaiki jeda *down time* operasional. Hal ini sejalan dengan ketahanan bilah pisau yang terbuat dari material SKD11 (suku cadang impor). Bilah pisau prototype lebih awet 3 kali lipat sehingga memperpanjang jeda *down time*. Bilah pisau prototype mampu beroperasi selama 3 minggu tanpa pengasahan. Selain itu, bilah pisau masih dapat diasah setelah pengasahan ketiga. Optimalisasi desain dapat dilakukan untuk memperoleh keuntungan yang optimal di antara dua referensi suku cadang bilah pisau yang telah ada di pasaran. Lebih baik dari suku cadang buatan lokal, namun masih mendekati keunggulan suku cadang yang diperoleh dari impor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas CV. Almadani Plastindo Utama atas dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini.

REFERENSI

1. D. Bourguignon, *Briefing Understanding Waste Streams Treatment of Specific Waste* (2015).
2. European Parliamentary Research Service, *Towards a Circular Economy-Waste Management in the EU STUDY Science and Technology Options Assessment* (2017).
3. C. A. Velis, B. D. Hardesty, J. W. Cottom, and C. Wilcox, *Environ Sci Policy* **138**, 20 (2022).
4. Purwaningrum Pramati, *Journal of Urban and Environmental Technology* **8**, 141 (2016).
5. Rahman Alifa Maudisha and Adi Rukminto Isbandi, *Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan (JISIP)* **1** (2021).
6. R. Daniel and Muslimin, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 717* (2019).
7. V. Krishnan and K. T. Ulrich, *Manage Sci* **47**, 1 (2001).
8. Muslimin, H. Ridwan, Rosidi, B. Pambudi, and D. Luqyana, *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-8 ISAS Publishing Series: Engineering and Science* **8**, (2022).
9. D. D. Trung, *International Journal of Geology* **15**, 1 (2021).
10. X. Wu and F. Lan, *J Phys Conf Ser* **2528**, 012057 (2023).