
MEKANISME KERJA MESIN SHREDDER DAN ANALISIS KEGAGALAN PADA OPERASI PROSES PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT MATERIAL TERKONTAMINASI

WORKING MECHANISM OF SHREDDER MACHINE AND FAILURE ANALYSIS IN THE OPERATION OF RADIOACTIVE WASTE TREATMENT PROCESS CONTAMINATED MATERIALS

Ajrieh Setyawan, Hendro, Purwantara

¹ Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – Badan Tenaga Nuklir Nasional
Email: ajrieh@batan.go.id

diterima: 20 April 2021, diperbaiki : 28 April 2021, disetujui : 30 April 2021

ABSTRAK

MEKANISME KERJA MESIN SHREDDER DAN ANALISIS KEGAGALAN PADA OPERASI PROSES PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT MATERIAL TERKONTAMINASI. Mesin *Shredder* merupakan alat pencacah atau penghancur di mana pada penerapannya di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) digunakan untuk mengolah limbah radioaktif padat material terkontaminasi yang memiliki dimensi besar seperti jerigen, drum *High-density polyethylene* (HDPE), drum korosi dan lainnya. Tujuan akhir dari kegiatan ini adalah untuk memberikan informasi terkait Mesin *shredder* dan mengetahui hubungan antara mekanisme kerja proses pengoperasian mesin *shredder*, serta analisis kegagalan dalam proses pengolahan limbah radioaktif padat material terkontaminasi. Metode yang digunakan meliputi pengoperasian alat, pengamatan dan analisis kegagalan operasi alat. Hasil kegiatan diperoleh bahwa kapasitas produksi operasi mesin *shredder* sebesar 1.008 kg/jam untuk limbah padat drum HDPE 160 liter. Untuk menjaga agar operasi mesin dapat berjalan dengan baik diperlukan perawatan secara berkala. Analisis kegagalan dalam proses operasi alat *shredder* dipengaruhi oleh : operator, sistem operasi mesin, metode operasi, dan material bahan yang diolah.

Kata kunci: *Shredder*, Limbah radioaktif padat (HDPE), Analisis Kegagalan

ABSTRACT

WORKING MECHANISM OF SHREDDER MACHINE AND FAILURE ANALYSIS IN THE OPERATION OF RADIOACTIVE WASTE TREATMENT PROCESS CONTAMINATED MATERIALS. *Shredder machine* is a shredder or crusher which in its application at the Radioactive Waste Technology Center (PTLR) is used to treat solid radioactive waste of contaminated material which has large dimensions such as jerry cans, High-density polyethylene (HDPE) drums, corrosion drums and others. The final objective of this activity is to provide information related to the shredder machine and to find out the relationship between the working mechanism of the shredder machine operating process, as well as failure analysis in the process of treating solid radioactive waste of contaminated material. The method used includes operating the tool, observing and analyzing the failure of the operation of the tool. The results showed that the production capacity of the shredder machine operation was 1,008 kg / hour for 160 liter HDPE drum solid waste. To keep the machine operating properly, periodic maintenance is required. The failure analysis in the shredder tool operation process is influenced by: the operator, the machine operating system, the method of operation, and the material being processed.

Keywords: *Shredder*, Solid radioactive waste (HDPE), Failure Analysis.

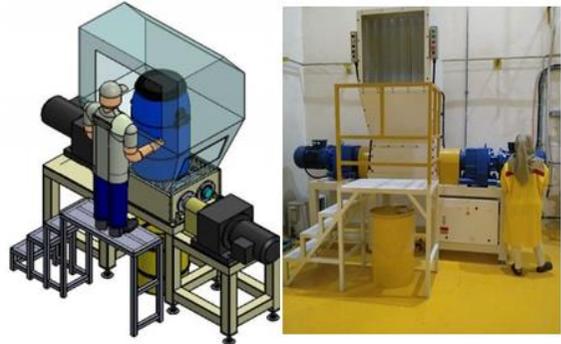
PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) merupakan pusat di bawah Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang mempunyai tugas melaksanakan pengelolaan limbah radioaktif di seluruh Indonesia. Pemanfaatan teknologi nuklir sudah pasti akan menimbulkan limbah radioaktif. Beberapa contoh limbah radioaktif padat material terkontaminasi yang memiliki dimensi besar seperti : drum HDPE terkontaminasi, jerigen terkontaminasi, dan bahan material padat terkontaminasi radioaktif lainnya. Mesin *shredder* atau disebut juga mesin penghancur dapat dijadikan salah satu alat bantu pengolahan limbah radioaktif dalam penanganan awal limbah radioaktif padat terkontaminasi yang memiliki dimensi besar dan tidak bisa ditangani langsung dengan alat pengolahan limbah kompaksi yang dimiliki PTLR. [1].

Prinsip kerja alat *shredder* yaitu menghancurkan material padat dengan mencacah limbah radioaktif seperti drum HDPE dengan menggunakan dua buah mata pisau pencacah menjadi bagian lebih kecil sehingga dapat masuk kedalam drum 100 liter. Tujuan akhir dari kegiatan ini untuk memberikan informasi proses alat *shredder* dan mengetahui hubungan antara mekanisme kerja proses pengoperasi mesin *shredder*, serta analisis kegagalan dalam proses pengolahan limbah radioaktif padat material terkontaminasi.

TEORI

Mesin *Shredder*



Gambar 1. Mesin *Shredder*

Desain alat mesin *Shredder* ditunjukkan pada Gambar 1. Mesin mengubah secara mekanik material padat terkontaminasi menjadi bagian potongan kecil. Daya yang dihasilkan oleh motor akan ditranfer menuju *gearbox* untuk mengubah kecepatan putaran menjadi putaran mata pisau penghancur dengan kecepatan putara 28 rpm^[2]. Dimensi mesin memiliki ukuran keseluruhan sebagai berikut :

Ukuran mesin <i>shredder</i>	Panjang (meter)	Lebar (Meter)	tinggi (Meter)	Berat (Kg)
	2,942	1,600	2,695	1000

Spesifikasi Komponen Mesin *Shredder Motor Electric*



Gambar 2. Motor *Electric*

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mesin *Shredder* menggunakan arus listrik AC. Spesifikasi dari mesin *Shredder* ditunjukkan pada tabel 1.

No	Spesifikasi	Detail
1	No mesin	DIT 19-024/00-00-00
2	Main Power	AC 380V
3	Control Power	AC 220V
4	Daya Motor	YUEMA 2 x 11KW
5	Horsepower	15Hp
6	Tegangan	50Hz
7	Rpm	1460
8	Rasio putaran	1:50

Pisau Penghancur



Gambar 3. Pisau Penghancur

Pisau penghancur adalah salah satu komponen yang sangat penting pada alat ini, komponen ini bertugas untuk menghancurkan limbah material padat terkontaminasi. Meterial bahan yang digunakan sebagai pisau penghancur adalah *cold work tool steel* tepatnya SKD 11 dengan ukuran pisau ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Mata Pisau Mesin *Shredder*

No	Spesifikasi	Detail
1	Panjang Poros Pisau	720 mm Bahan S45C Diameter 100mm
2	Bahan	Bahan S45C <i>Harden</i> , Tebal 25mm
3	Banyak Pisau	28 Mata pisau (bagian atas 14 dan bawah 14)
4	Pisau	<i>Blade</i> / Pisau : 3 Mata Pisau
5	<i>Cutting Chamber</i>	800mm x 600mm, Tebal Plat 20mm
6	Diameter Mata pisau	400 mm
7	Gap antar pisau	40 mm

Control panel



Gambar 4. Control Panel Mesin

Control panel adalah seperangkat rangkaian yang terdiri dari *relay*, *switch*, dan sensor yang menunjukkan parameter operasi dan pengendalian dari mesin *Shredder*. *Control panel* ini sangat penting bagi mesin *Shredder* yang bertujuan untuk mengetahui kinerja dan keselamatan operasi dari mesin *Shredder*. Sistem *Control Panel* mesin *Shredder* ditunjukkan pada Gambar 4.

Control panel pada mesin *Shredder* adalah :

- a. **MCB (*miniature circuit breaker*)**
Sebagai sistem proteksi arus berlebih didalam instalasi listrik jika terjadi beban berlebih.
- b. **MCCB**
Sebagai pengaman arus listrik utama atau dapat di gunakan sebagai *on/off* sistem operasi.
- c. **RELAY**
Sebagai pelindung komponen-komponen sensitif terhadap kelebihan arus yang bekerja dalam pengendalian.
- d. **PLC (*Programeble Logic Control*)**
Untuk mengolah data-data masukan dari sinyal input dan pengendali operasi mesin dan atau motor utama.
- e. **POWER SUPLAY**
Sebagai sumber daya (30kVa, 380volt, *3phase*) utama untuk menggerakkan mesin.
- f. **MC (*Magnetic contactor*)**
Sebagai *switch* pengendali motor utama
- g. **TRAVO**
Sebagai penyalur aliran listrik ke tegangan rendah untuk *supply* kontrol dari 380 volt ke 24 volt

Exhaust Fan



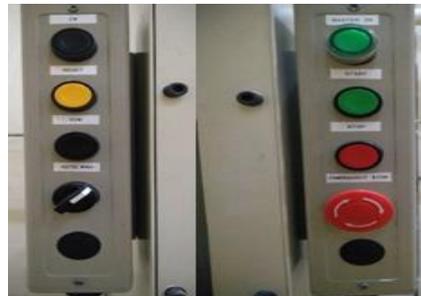
Gambar 5. *Exhaust Fan* Mesin

Exhaust fan berfungsi untuk menghisap udara kontaminasi hasil operasi mesin di dalam ruang *shredder* untuk dibuang ke saluran *system* tata udara fasilitas intalasi pengolahan limbah radioaktif (IPLR). Spesifikasi dari *exhaust fan* mesin *Shredder* ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi *Exhaust Fan*

Model	FV-24CDUN
Sumber	220 V~ 50
Tegangan	Hz
Berat	3,0
Produk (kg)	
Hembusan Udara (m ³ /h)	180
Arus (A)	0,086
Pemakaian Daya (W)	19
Putaran Per Menit (min ⁻¹)	880

Panel Operasi



Gambar 6. Panel Operasi

Pengoperasian mesin *Shredder* dapat dilakukan secara auto maupun manual. Operasi auto atau manual bekerja terkait dengan keselamatan dari alat, yaitu untuk mengantisipasi terhadap berhentinya putaran poros pisau terhadap beban berlebih. Jika putaran pisau berhenti, pada operasi auto maka secara otomatis dalam 3 detik setelah poros berhenti maka sistem akan memutar balik poros secara otomatis. Sedangkan operasi manual jika poros

pisau terhenti karena beban berlebih maka operator harus menghentikan operasi secara manual dan untuk memutar baliknya dilakukan secara manual dengan menekan tombol *counter clockwise* (CCW). Panel operasi mesin *shredder* ditunjukkan pada gambar 6. Tombol fungsi pengoperasian alat ditunjukkan pada tabel 4.

Nama	Fungsi
Tombol <i>On</i>	Menghidupkan mesin utama keseluruhan
Tombol <i>Start</i>	Untuk mengaktifkan <i>start</i> motor berjalan
<i>Stop</i>	Untuk menghentikan operasi mesin
<i>Emergency stop</i>	Untuk mematikan jika terjadi kelainan operasi pada mesin
<i>CW</i> (<i>Clockwise</i>)	Untuk mengaktifkan mesin searah jarum jam
<i>Reset</i>	Untuk mematikan fungsi mesin
<i>Forward</i> (<i>CCW</i>) (<i>counter clockwise</i>)	Untuk mengaktifkan mesin berlawanan arah jarum jam
<i>Ss</i> auto/manual	Untuk mengatur mode operasi manual/auto proses

METODOLOGI

Pengoperasian Alat.

Pengoperasian alat *Shredder* dikontrol untuk memastikan fungsi alat dapat beroperasi dengan baik dalam mencacah dan atau menghancurkan limbah radioaktif padat material terkontaminasi atau tidak. Selain itu untuk memastikan produk hasil proses dapat dimasukkan kedalam drum 100 liter untuk proses pengolahan lebih lanjut.

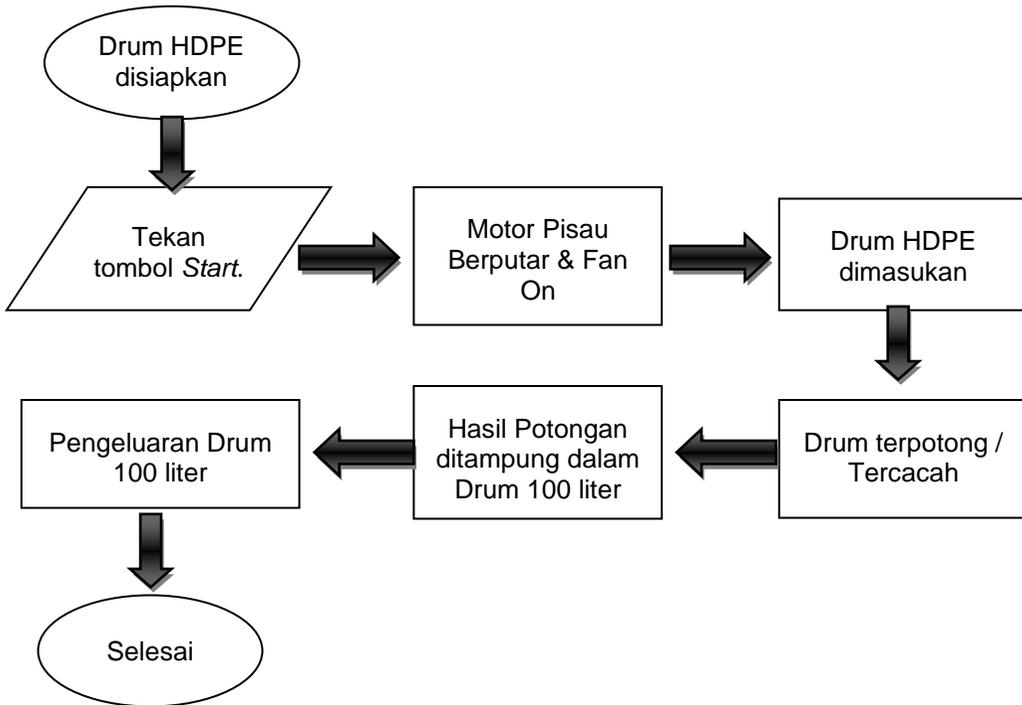
Pengoperasian alat mesin *shredder* bekerja berdasarkan urutan :

- Pemasukan umpan limbah radioaktif padat material terkontaminasi
- Pencacahan dan penghancuran dalam ruang tertutup
- Pemasukan dalam drum 100 liter
- Pengeluaran drum limbah 100 liter hasil produk mesin *Shredder*

Lingkup metodologi dari kegiatan pengoperasian alat meliputi : pemantauan mekanisme kerja, perawatan mesin dan analisis kegagalan

Analisis Kegagalan.

Analisis Kegagalan adalah suatu kegiatan yang ditujukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan alat yang bersifat spesifik dari suatu operasi system. Analisis kegagalan bisa berasal dari proses operasi, baik dari operasi alat *Shredder* maupun cara pengoperasian yang dilakukan oleh operator yang tidak sesuai. Analisis kegagalan bisa dimanfaatkan sebagai umpan balik dalam perbaikan desain dan sebagainya terhadap sistem atau komponen.



Gambar 7. Flowchart Operasi Mesin Shredder

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 8. Limbah tanah terkontaminasi dalam Drum HDPE hasil Clean Up Batan Indah.

Kegiatan *Clean Up* Batan Indah membutuhkan wadah drum HDPE sebanyak 414 drum untuk menampung tanah terkontaminasi. Apabila tanah *Clean Up* dalam drum HDPE telah

dilakukan pengolahan maka wadah drum HDPE tersebut menjadi limbah radioaktif padat terkontaminasi yang harus dilakukan pengolahan lebih lanjut

Data hasil proses pengoprasian mesin shredder



Gambar 9. Drum HDPE sebelum dan setelah diolah dengan mesin pencacah shredder

Drum HDPE 160 liter di hancurkan dalam mesin *Shredder* menjadi potongan bagian yang lebih kecil untuk kemudian hasil potongan ditampung dalam drum 100 liter agar dapat diproses menggunakan alat kompaksi yang dimiliki PTLR.



Gambar 10. Perbandingan drum HDPE dan Drum 100 liter

1 drum 100 liter dapat menampung sebanyak 3 buah drum HDPE 160 liter.

Tabel 5. Data proses Pengolahan Limbah Drum HDPE menggunakan mesin *shredder*

No	Drum HDPE 160l	Berat (Kg)	Waktu (Detik)
1	Sampel 1	7	25
2	Sampel 2	7	25
3	Sampel 3	7	25

Perhitungan rata-rata diperoleh data bahwa : Berat kosong 1 buah drum HDPE yaitu 7 kg, waktu yang diperlukan untuk proses penghancuran 1 buah drum HDPE hingga hancur rata-rata yaitu 25 detik. Kapasitas operasi dari mesin *shredder* dapat dihitung yaitu:

$$C = \frac{w}{t} \times 3600 \text{ detik}$$

$$C = \frac{7 \text{ Kg}}{25 \text{ detik}} \times 3600 \text{ detik}$$

$$C = 1.008 \text{ Kg / jam}$$

Dari perhitungan diperoleh kapasitas proses operasi mesin *Shredder* adalah 1.008 kg/jam (1 ton/jam) untuk drum HDPE 160 liter.

Perawatan Pada Mesin *shredder*

Untuk menjaga unjuk kerja fungsi alat agar beroperasi dengan baik maka dilakukan kegiatan perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance*. Perawatan adalah suatu usaha yang dilakukan untuk menjaga peralatan atau mesin agar dapat berfungsi dengan baik.

Kinerja mesin *shredder* akan berada dalam kondisi optimal apabila dilakukan pengoperasian sesuai prosedur, berhati-hati, dilakukan pemeriksaan rutin, pemeliharaan secara berkala, serta dilakukan perawatan dan perbaikan pada bagian mesin yang mengalami kerusakan. Hal yang perlu diperhatikan dalam perawatan dari mesin *shredder* adalah :

Tabel 5. Perawatan Mesin *Shredder*

Jenis Perawatan	Waktu Pemeriksaan				
	Harian	Mingguan	Bulanan	6 Bulanan	Tahunan
Pemeriksaan Kebersihan Komponen dan Area Sekitar Mesin	x				
Pengecekan Lampu Indikator Kontrol Panel	x				
Pemeriksaan Kondisi Mesin		x			
Pemeriksaan Kebocoran		x			
Pemeriksaan Saluran Udara <i>Exhaust Fan</i>			x		
Pemeriksaan Tingkat Level Oli			x		
Pemeriksaan Kondisi Oli Motor			x		
Pemeriksaan Pisau Unit			x		
Pemeriksaan Fungsi Tiap Komponen			x		

Analisis Kegagalan

Analisis Kegagalan pada alat *shredder* dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan yang bersifat spesifik dari suatu hasil produk penghancuran/pencacahan. Jenis kegagalan pada produk hasil *shredder* dapat dilihat dari bentuk akhir operasi. Analisis kegagalan bisa berasal dari proses operasi, baik dari : mesin, cara operasi dan material limbah radioaktif padat yang di hancurkan.

Metode Analisis Kegagalan proses operasi mesin *shredder* digunakanlah metode 4M.

Faktor 4M, yaitu:

1. *Man*, yaitu faktor dari manusia atau pekerja yang melakukan

pengoperasi mesin *shredder*.

2. *Machine*, yaitu faktor dari mesin atau alat pendukung untuk mempermudah suatu pekerjaan.
3. *Method*, yaitu faktor dari prosedur yang digunakan atau dilakukan
4. *Material*, yaitu faktor dari bahan material yang diolah.

Solusi untuk menyelesaikannya.

1. Faktor *Man*, yaitu dengan memberikan sosialisasi dan pelatihan kepada operator mengenai cara mengoperasikan mesin *shredder* dengan baik dan benar.

2. Faktor *Machine*, yaitu dengan memastikan bahwa komponen mesin dapat berfungsi dengan baik dan benar.
3. Faktor *Method*, yaitu dengan membikin prosedur yang baku dalam mengoperasikan mesin *shredder* dapat berupa SOP, juknis dan atau cara kerja.
4. Faktor *Material*, yaitu dengan memastikan material limbah radioaktif padat terkontaminasi yang di olah komposisi materialnya merupakan bahan yang dapat di hancurkan / dicacah menggunakan mesin *shredder*.
5. Radioactive Waste Management, IAEA- Vienna
5. K. H. Oma, 1985, *Shredder and Incinerator Technology for Treatment of Commercial Transuranic Wastes*, Pacific Northwest Laboratory Operated for the U.S. Department of Energy by Battelle Memorial Institute.
6. Undang-undang No 10 Tahun 1997 Tentang Ketenaga Nukliran, (1997)
7. PP 61 Tahun 2013 Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif
8. M. Alma, 2020, Sistem Otomatisasi Exhaust Fan pada alat Shredder di PTLR, Prosiding Seminar SENTEN, BATAN
9. Purwantara, 2020, Rancang Bangun Mesin Shredder, Buletin Limbah, PTLR-BATAN
10. PTLR, 2020, Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Tahun 2020, PTLR - BATAN

KESIMPULAN

Pengoperasi alat *shredder* memiliki kapasitas produksi operasi sebesar 1.008 kg/jam untuk material berupa Drum HDPE 160liter. Untuk menjaga agar operasi mesin dapat berjalan dengan baik diperlukan perawatan secara berkala. Analisis kegagalan dalam proses operasi alat *shredder* dipengaruhi oleh : operator, sistem operasi mesin, metode operasi, dan material bahan yang akan di hancurkan / cacah menggunakan mesin *shredder*.

DAFTAR PUSTAKA.

1. Technicatome-BATAN, *Solid radioactive Waste treatment, System Note Compaction*, 1983
2. PT. Delta Inovasi Teknologi, *Assh shredder machine*, Depok, Indonesia, 2019
3. KAERI, *Operation of Radioactive Waste Treatment Facility*, KAERI/MR-455/2006, (2006).
4. IAEA Nuclear Energy Series, 2014, *Mobile Processing Systems for*

