

Penerapan FMECA Untuk Analisis Kegagalan Komponen CNC Plasma Cutting Di Perusahaan Galangan Kapal

Amalia Rahma Fauzia¹, Mochamad Yusuf Santoso^{1*}, Aulia Nadia Rachmat¹

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: yusuf.santoso@ppns.ac.id

Abstrak

Computer Numerical Control (CNC) Plasma Cutting adalah mesin utama pada bengkel fabrikasi divisi produksi perusahaan galangan kapal yang berfungsi untuk memotong dan memberi tanda pada pelat baja atau benda kerja hingga ketebalan 147 mm dengan menggunakan gas plasma yang disemburkan melalui busur berbentuk *nozzle* dengan panas berkisar 25.000°C. Mesin *CNC Plasma Cutting* menghasilkan getaran dan debu atau polusi dalam proses kerjanya yang akan berpengaruh pada performa dan kinerja dari pekerja serta mesin itu sendiri. Berdasarkan data kegagalan komponen yang dimiliki perusahaan, diketahui bahwa mesin ini memiliki nilai kegagalan komponen (*Equipment Failure*) sebanyak 75 kegagalan dalam kurun waktu 3 tahun dari tahun 2020 hingga 2022, yang mengakibatkan terhambatnya proses produksi pemotongan pelat kapal. Maka dari itu, diperlukan analisis kegagalan menggunakan metode *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* untuk mengetahui nilai *Criticality Ranking* tertinggi. FMECA terdiri dari 2 metode yaitu metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* dan metode *Criticality Analysis (CA)*, yang menghasilkan tabel yang berisi *Failure Mechanism, Severity (S), Failure Rate (λp), Failure Effect Probability (β), Failure Ratio (α), Operating Time (t), Failure Mode Criticality Number (Cm)*, dan kesimpulan berupa *Criticality Ranking (Cr)*. Berdasarkan hasil analisis FMECA diketahui hasil akhir terdapat 41 jumlah komponen mesin, 54 mode kegagalan dengan total 75 kegagalan. Nilai *criticality ranking* tertinggi dihasilkan dari komponen selang udara atau selang angin *dust collector* yaitu sebesar 0,048561333.

Kata Kunci: *CNC Plasma Cutting, Criticality Ranking, FMECA, Selang udara dust collector*

Abstract

Computer Numerical Control (CNC) Plasma Cutting is a main machine at the fabrication workshop production division of a shipbuilding company that works for cuts and marks steel plates or work units up to 147 mm thick using plasma gas spouted through an arc-shaped nozzle with the heat of around 25,000°C. In the work process, it produces vibration and dust or pollution which will be affected the worker's performance and the machine's performance too. Based on the component failure data company, it is known that CNC Plasma Cutting has a component failure rate of 75 failures in a period of 3 years from 2020 to 2022, which affected the production process has delay. Therefore, it needs to analyze the failure using the FMECA's method (*Failure Mode Effects and Criticality Analysis*) to find out the highest *Criticality Ranking* grade. FMECA's method consists of 2 methods which is *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* method and the *Criticality Analysis (CA)* method, which produce table that is contains of *Failure Mechanism, Severity (S), Failure Rate (λp), Failure Effect Probability (β), Failure Ratio (α), Operating Time (t), Failure Mode Criticality Number (Cm)*, and the conclusion that is called *Criticality Ranking (Cr)*. From the FMECA analysis results, it is known that there are 41 components, 54 failure modes with 75 failures. The highest *criticality ranking* value for the *dust collector air hose* or *dust collector wind hose* component is equal to 0.048561333.

Keywords: *CNC Plasma Cutting, Criticality Ranking, FMECA, Dust collector air hose*

1. PENDAHULUAN

Industri perkapalan merupakan salah satu sektor yang berdaya saing global serta mendapatkan prioritas pengembangan untuk lebih produktif dan inovatif. Pengimplementasian prioritas tersebut dapat dilihat dari kinerja industri perkapalan nasional yang terus mengalami beberapa kemajuan. Kemajuan tersebut berupa peningkatan jumlah galangan kapal dan kapasitas produksinya yang mencapai hingga 15% per tahunnya. Menurut Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Industri (BPSDMI), saat ini total sudah terdapat 250 perusahaan galangan

kapal dengan kapasitas produksi sebesar 1 juta *tonase* bobot mati (*Dead Weight Tonnage/DWT*) per tahun untuk bangunan baru, serta 12 juta DWT per tahun untuk reparasi kapal. Hal tersebut sesuai dengan Peraturan Presiden No. 74 Tahun 2022 tentang Kebijakan Industri Nasional (Saputra dkk, 2017). Melihat *existensi* galangan kapal yang padat modal dan padat karya saat ini, maka masih sangat dibutuhkan investasi seperti penambahan Sumber Daya Manusia (SDM) yang *profesional* dan penambahan alat atau mesin kerja yang mendukung (Hasbullah, 2016). Dalam proses produksi yaitu mengubah bahan baku dalam beberapa tahapan produksi, tidak terlepas dari proses pemotongan yang melibatkan peralatan atau mesin (Sukmanto, 2020). Pada dasarnya, terdapat dua jenis mesin pemotongan dalam proses permesinan, yaitu mesin pemotongan konvensional dan non konvensional (Irfan, 2019).

Salah satu jenis peralatan atau mesin yang digunakan dalam proses produksi pemotongan plat kapal adalah mesin non konvensional *Computer Numerical Control (CNC) Plasma Cutting*. Plasma sendiri merupakan bentuk fase zat ke-4 setelah fase padat, cair, dan gas (Rahman dkk, 2019). Jadi, *CNC plasma cutting* merupakan mesin yang berfungsi untuk memotong plat baja atau benda kerja hingga ketebalan 147 mm dengan menggunakan gas plasma yang disemburkan melalui busur berbentuk *nozzle* dengan panas berkisar 25.000°C serta bertekanan tinggi (Yansyah & Haris, 2018). Mesin ini telah mengalami perawatan oleh perusahaan dengan menerapkan sistem pemeliharaan yang bersifat preventif atau terjadwal (*Preventive Maintenance*) dan korektif (*Corrective Maintenance*), namun berdasarkan data perusahaan dalam kurun waktu 3 tahun dari tahun 2020 hingga 2022 serta kenyataan di lapangan, ditemukan bahwa mesin *CNC Plasma Cutting* memiliki nilai kegagalan atau kerusakan komponen yang tinggi. Kegagalan atau kerusakan komponen tersebut dapat menimbulkan efek domino pada proses produksi dan juga berpeluang menjadi potensi bahaya bagi pekerja di sekitar lokasi kerja.

Dari permasalahan diatas, perlu dilakukan analisis risiko kegagalan komponen pada *CNC plasma cutting* dengan menggunakan metode *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Rahman & Fahma, 2021) dijelaskan bahwa metode FMECA merupakan jenis metode kuantitatif dengan menggunakan *matriks* kritikalitas. Metode ini ialah pengembangan dari 2 metode yaitu FMEA dengan CA. *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* adalah model sistematis untuk mengidentifikasi kegagalan pada suatu sistem menurut besarnya potensi kegagalan dan efeknya terhadap proses (Suherman & Cahyana, 2019). Untuk menerapkan peningkatan FMEA yang lebih efisien, maka diperlukan *Criticality Analysis (CA)* atau analisis nilai kekritisan (Sumarta dkk, 2017).

2. METODE

FMECA adalah metode identifikasi yang dapat menentukan titik kritis karena metode ini ialah jenis metode kuantitatif dengan menggunakan matriks kritikalitas yang dapat mengoptimalkan fungsi dari suatu pemeliharaan, metode ini memiliki keluaran (*Output*) berupa data bentuk kegagalan dan nilai kekritisan dari masing-masing komponen. Didalam metode FMECA, metode FMEA harus dilakukan terlebih dahulu sebelum memulai metode CA. Metode FMEA sendiri terdiri dari 4 (empat) tahap yaitu : Penentuan sistem yang akan dianalisis, membuat diagram blok fungsi sistem *Function Block Diagram (FBD)*, mengidentifikasi kemungkinan kegagalan dan mengidentifikasi *effect* yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut. Berikut ini parameter yang digunakan didalam *Worksheet FMEA (Department Of The US Army, 2006)* :

1. *Item Number*

Pada kolom ini diisi dengan nomor urut untuk sistem, subsistem, atau komponen yang akan dilakukan analisa.

2. *Equipment*

Pada kolom ini diisi dengan data peralatan atau komponen yang akan diidentifikasi.

3. *Function*

Pada kolom ini menjelaskan tentang fungsi dari suatu alat.

4. *Failure Mode*

Pada kolom ini menjelaskan mode kegagalan yang menyebabkan alat tersebut tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

5. *Failure Mechanism*

Pada kolom ini berisi kelemahan desain dan perubahan pada variabel yang akan mempengaruhi proses dan menghasilkan kecacatan produk.

6. *Detection of Failure*

Pada kolom ini berisi berbagai kemungkinan pendeteksian dari mode kegagalan tersebut.

7. *Effect of Failure*

Pada kolom ini diisi mengenai akibat dari kegagalan yang terjadi.

8. *Severity*

Pada kolom ini diisi peringkat yang menunjukkan tingkat keseriusan efek dari mode kegagalan. Pada tabel 1

disajikan acuan yang digunakan untuk menentukan nilai *severity*.

Tabel 1. Tingkat *Severity*

Nilai	Aspek Hukum (AH)	SEVERITY (KEPARAHAN)	
		Cedera Pada Manusia dan/atau Dampak Lingkungan (D)	Pengaruh Pada Kesehatan (PK)
1	Belum ada peraturan	Cedera ringan dan pencemaran hanya pada tempat kerjanya	Sakit ringan
2	Bersifat himbauan	Kehilangan waktu akibat cedera tanpa menimbulkan cacat dan atau berdampak ke lingkungan	Sakit dan meninggalkan kerja (ijin dari dokter)
3	Bersifat estetika/etika	Menyebabkan kecacatan dan / atau berdampak besar ke divisi/ perusahaan	Sakit dan perlu alat bantu/penurunan fungsi
4	Ada peraturan (perusahaan/ pemerintah)	Meninggal dan / atau berdampak ke sekitar perusahaan	Akut/kronis
5	Melanggar peraturan	Mengakibatkan banyak orang meninggal dan/atau berdampak luas ke masyarakat sekitar	Meninggal

Sumber: Data Perusahaan, 2022

Metode *Criticality Analysis (CA)* yaitu metode pengukuran yang berfokus terhadap efek dari suatu model kerusakan yang dapat terjadi pada peralatan atau sistem, juga dapat terjadi pada sisi keselamatan dan keberhasilan operasi. Berikut ini parameter yang digunakan didalam CA (*Department Of The US Army, 2006*):

1. *Beta* (β)

Didefinisikan sebagai *failure effect probability* (β) yang digunakan untuk menghitung *failure effects* dari setiap *failure mode*. Nilai *Beta* (β) menggambarkan kemungkinan-kemungkinan efek kegagalan dari hasil identifikasi.

2. *Failure Mode Ratio* (α)

Didefinisikan sebagai *alpha* (α). Merupakan probabilitas yang digambarkan dalam bentuk desimal yang merupakan bagian yang akan digunakan dalam identifikasi mode.

3. *Failure rate* (λ_p)

Merupakan rasio antara nilai jumlah *failure* per unit waktu dan tipe kerusakannya yang dinotasikan dalam *failure* per satu juta jam (*Failures/10⁶ hours*). Data *failure* didapatkan dari data tes aktual yang ada di lapangan atau dari hasil informasi kegagalan yang tersedia.

4. *Failure mode criticality number* (C_m)

Merupakan nilai relatif dari frekuensi *failure mode*.

5. *Criticality number* (C_r)

Merupakan perhitungan *relatif* dari *consequences* dan *frequency* dari *item* kegagalan.

6. *Criticality Ranking*

Merupakan daftar yang digunakan untuk menentukan peringkat mode kegagalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode FMEA digunakan untuk menganalisis kegagalan komponen pada *CNC Plasma Cutting*, hasil dari analisis tersebut digunakan untuk analisis lebih lanjut menggunakan metode FMECA. Tabel 2 disajikan daftar komponen serta jumlah kegagalan (*Failure Mode*).

Tabel 2. FMEA Komponen *CNC plasma cutting*

No.	Item	Jumlah Kegagalan Item	Failure Mode	Jumlah Kegagalan Tiap Mode
1	Tombol <i>Power</i> atau <i>Button</i>	1	Tombol tidak berfungsi	1
No.	Item	Jumlah Kegagalan Item	Failure Mode	Jumlah Kegagalan Tiap Mode

2	<i>Power Supply (Power Panel Cutting)</i>	1	<i>Power panel</i> tidak berfungsi	1
3	Monitor CNC	1	<i>Monitor CNC</i> redup	1
4	Kontaktor plasma	2	Kontaktor plasma <i>ngefong</i>	2
5	<i>Gas Utility Supplies</i>	1	<i>Gas Utility Supplies</i> rusak	1
6	<i>Power Plasma Marking</i>	1	<i>Tidak berfungsi</i>	1
7	<i>Torch Cutting</i>	1	<i>Torch Cutting</i> rusak	1
8	<i>Torch Marking</i>	1	<i>Torch Marking</i> rusak	1
9	<i>Bearing guide (Transversal & Longitudinal)</i>	3	<i>Bearing</i> macet	1
			Tidak berfungsi	1
			<i>Bearing Guide</i> Aus	1
10	<i>Nozzle</i>	2	<i>Nozzle</i> tidak berfungsi	2
11	Pipa pendingin atau <i>Cooling System</i>	1	Pipa pendingin bocor	1
12	Landasan Potong (Kisi-kisi)	1	Tidak dapat digunakan	1
13	Lensa Laser	1	Tidak dapat mengarahkan laser dengan lurus	1
14	<i>Chiller</i>	3	Tidak dapat mendinginkan	3
15	Panel Kontrol	1	Tidak dapat berfungsi	1
16	Motor Penggerak	1	Mesin macet	1
17	<i>Gear Pinion</i>	1	<i>Gear Pinion</i> tidak berfungsi	1
18	<i>Air Compressor</i>	3	<i>Overload</i> dan <i>overheating</i>	3
19	<i>Valve System</i> pneumatik	1	Macet	1
20	<i>Kontaktor Safmatic</i>	2	Kontak point ngefong	1
			Rusak	1
21	Kabel <i>sapmatic</i>	1	Kabel marking putus	1
22	<i>Dust Collector</i>	8	Macet dan tidak berfungsi	3
			Pintu Tidak bisa terbuka	5
23	<i>Hood</i>	1	<i>Hood</i> tidak dapat berfungsi	1
24	<i>Ducts</i>	1	<i>Ducts</i> tidak dapat berfungsi	1
25	Motor Penghisap	1	Motor penghisap tidak dapat bekerja	1
26	Flexible Cerobong	1	Tersumbat	1
27	<i>Van-belt</i>	1	Tidak bekerja secara maksimal	1
28	Penampung Kontaminan	1	Berlubang	1
29	Jendela Penghisap Manual / Pintu <i>Exhaust</i>	1	Macet / tidak bisa dibuka	1
30	Tangki Akumulator	1	Tidak berfungsi	1
31	<i>Pressure Gauge</i>	1	Tidak berfungsi	1
32	<i>Piston Dust Collector</i>	1	<i>Piston</i> pecah	1
33	<i>Air Cleaner / Filter dust collector</i>	1	<i>Filter dust collector</i> rusak	1
34	<i>Strip cyclon dust collector</i>	1	Tidak berfungsi	1
No.	Item	Jumlah Kegagalan Item	Failure Mode	Jumlah Kegagalan Tiap Mode
35	<i>Stang sirip dust collector</i>	2	Stang sirip lepas	1

			Tutup hisap lepas	1
36	Selang udara / selang angin <i>Dust Collector</i>	15	Selang udara <i>dust collector</i> bocor	4
			Selang udara lepas	3
			Regulator udara tidak berfungsi	3
			Selang udara pecah	2
			Selang udara putus	2
			Selang udara rapuh	1
37	<i>Solenoid Dust Collector</i>	2	<i>Solenoid dust collector</i> macet	1
			Tidak bisa terbuka	1
38	<i>Limit Switch Dust Collector</i>	2	<i>Limit Switch Dust Collector</i> rusak	1
			Tidak berfungsi	1
39	<i>Stang limit switch Dust Collector</i>	1	Tidak berfungsi	1
40	<i>Valve atau katup Dust Collector</i>	2	<i>Valve dust collector</i> tidak berfungsi	1
			Katup tidak bisa terbuka	1
41	<i>Regulator Valve Dust Collector</i>	1	Regulator Macet	1
Total		75	54	75

Berdasarkan **Tabel 2**, komponen dengan jumlah kegagalan tertinggi yaitu selang udara / selang angin *dust collector* yang mengalami 15 kegagalan dalam 3 tahun. Selanjutnya, komponen tersebut diidentifikasi dengan tabel FMEA. **Tabel 3** merupakan hasil FMEA komponen selang udara atau selang angin *dust collector CNC Plasma Cutting*.

Tabel 3. FMEA Komponen Selang Udara atau Selang Angin *Dust Collector CNC plasma cutting*.

Item Number	Equipment	Function	Description Of Failure			Effect Of Failure	Severity
			Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection Of Failure		
1	Selang udara atau selang angin <i>dust collector</i>	Menyalurkan tekanan udara ke <i>solenoid dust collector</i>	Selang udara <i>dust collector</i> bocor	Selang dalam keadaan getas	Udara tercemar ke sekitar	Mengakibatkan proses penyaluran udara terhambat	4
			Selang udara <i>dust collector</i> lepas	Tidak dipasang dengan benar	Terdapat bunyi angin yang cukup bising	Tidak dapat menyalurkan udara ke <i>solenoid</i>	4
			Regulator udara tidak berfungsi	Kebocoran pada pneumatik	Udara dideteksi tidak tersalurkan secara optimal	Mesin <i>dust collector</i> tidak dapat berfungsi	4
Item Number	Equipment	Function	Description Of Failure			Effect Of Failure	Severity
			Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection Of Failure		

1	Selang udara atau selang angin <i>dust collector</i>	Menyalurkan tekanan udara ke <i>solenoid dust collector</i>	Selang udara <i>dust collector</i> pecah	<i>Overload</i> atau jumlah angin didalamnya terlalu banyak dan terjadi secara kontinyu	Udara dideteksi kembali ke jalur air <i>cleaner/filter</i>	Tidak dapat mengontrol sistem penyaringan asap dan debu	4
			Selang udara <i>dust collector</i> putus	Penggunaan yang agresif	Terdapat bunyi angin yang cukup bising	Mengakibatkan proses penyaluran udara terganggu	4
			Selang udara <i>dust collector</i> rapuh	Penggunaan melebihi batas	Udara tercemar ke sekitar	Mengakibatkan proses penyaluran udara terhambat	4

Berdasarkan **Tabel 3**, diketahui bahwa fungsi dari komponen selang udara atau selang angin *dust collector* adalah untuk menyalurkan tekanan udara ke *solenoid dust collector*. Nilai *severity* sebesar 4 yang artinya dapat menyebabkan pekerja meninggal dunia dan mengalami penyakit kronis dan atau berdampak besar ke sekitar divisi/perusahaan. Nilai *severity* ini ditentukan melalui *brainstorming* dengan *expert judgement*. Pada analisis menggunakan FMEA dapat diketahui bahwa terdapat 41 komponen dengan 54 *failure mode* dan 75 kegagalan atau kerusakan pada *CNC Plasma Cutting*.

Setelah melakukan analisis FMEA, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan CA untuk mengetahui *Criticality ranking*. Berikut ini adalah penentuan nilai Cr pada komponen selang udara *dust collector* (*Department Of The US Army*, 2006) :

1. *Beta/Failure effect probability* (β)
Nilainya yaitu 1 (*actual loss*), karena efek yang ditimbulkan dari kegagalan menimbulkan kerugian.
2. *Alpha/Failure Mode Ratio* (α)
Didapatkan dari pembagian antara jumlah kegagalan tiap mode dengan jumlah kegagalan total, dimana diperoleh hasil 0,266666667 ; 0,2 ; 0,133333333 dan 0,066666667
3. *Failure rate* (λ)
Didapatkan dari hasil perhitungan jumlah kegagalan dibagi dengan 10^6 jam. Dimana diperoleh hasil 0,000004; 0,000003; 0,000002 dan 0,000001.
4. *Operation time* (t)
Didapatkan dari hasil pengoperasian mesin selama tiga tahun adalah sebesar 4.235 jam.
5. *Failure mode criticality number* (C_m)
Didapatkan dari perhitungan dengan rumus $C_m = \beta \times \alpha \times \lambda \times t$ diperoleh hasil 0,004517333; 0,002541; 0,001129333; 0,000282333
6. *Criticality Number* (C_r)
Didapatkan dari perhitungan dengan rumus $C_r = \sum C_m = 0,012140333$
7. *Criticality ranking*
Didapatkan dari perhitungan dengan rumus $C_r \times S = 0,048561333$

Tabel 4. FMECA Komponen Selang Udara atau Selang Angin *Dust Collector CNC plasma cutting*.

<i>Item Number</i>	<i>Item Function ID</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Failure Mechanism</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Failure Rate (λ_p)</i>	<i>Failure Effect Probability (β)</i>	<i>Failure Ratio (α)</i>	<i>Operating Time (t)</i>	<i>Failure Mode Criticality Number (Cm)</i>	<i>Item Criticality Number (Cr)</i>
1	<u>Selang udara atau selang angin dust collector</u> Menyalurkan tekanan udara ke <i>solenoid dust collector</i>	Selang udara <i>dust collector</i> bocor	Selang dalam keadaan getas	4	0,000004	1	0,2667	4.235	0,00451733	0,012140333
		Selang udara lepas	Tidak dipasang dengan benar	4	0,000003	1	0,2	4.235	0,002541	
		Regulator udara tidak berfungsi	Kebocoran pada pneumatik	4	0,000003	1	0,2	4.235	0,002541	
		Selang udara pecah	<i>Overload</i> atau jumlah angin didalamnya terlalu banyak dan terjadi secara kontinyu	4	0,000002	1	0,1333	4.235	0,00112933	
		Selang udara putus	Penggunaan yang agresif	4	0,000002	1	0,1333	4.235	0,00112933	
		Selang udara rapuh	Penggunaan melebihi batas	4	0,000001	1	0,0667	4.235	0,00028233	

Berdasarkan **Tabel 4**, dapat diketahui hasil dari perhitungan CA komponen selang udara *dust collector* diperoleh nilai Cr tertinggi sebesar 0,012140333. Komponen dengan nilai Cr tertinggi menandakan bahwa komponen tersebut sering mengalami kegagalan (*Department Of The US Army*, 2006).

4. KESIMPULAN

Hasil analisis yang telah dilakukan dengan metode FMEA pada *CNC Plasma Cutting* menunjukkan bahwa terdapat 41 komponen, 54 *failure mode* dan 75 kegagalan atau kerusakan selama rentang waktu 3 tahun pada 2020 sampai 2022. Perhitungan pada CA yang selanjutnya digunakan dalam metode FMECA dapat diketahui bahwa komponen selang udara *dust collector* memiliki nilai Cr tertinggi yaitu sebesar 0,012140333.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Department of The US Army*. (2006). *Failure Modes, effects and criticality analysis (FMECA) for command, control, computer, intelligence, surveillance, and reconnaissance (C4ISR) Facilities*, September, 75.
- Hasbullah, M. (2016) Strategi Penguatan Galangan Kapal Nasional Dalam Rangka Memperkuat Efektifitas Dan Efisiensi Armada Pelayaran Domestik Nasional 2030, *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*.
- Irfan, S. (2019) 'Perancangan CNC Plasma Cutting Menggunakan *Software Autodesk Inventor 2015*'. *Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*.
- Rahman, A. and Fahma, F. (2021) 'Penggunaan Metode FMECA (*Failure Modes Effects Criticality Analysis*)

- Dalam Identifikasi Titik Kritis Di Industri Kemasan', Jurnal Teknologi Industri Pertanian, pp. 110–119.
- Rahman, A.Z., Prabowo, T.S. and Santika, P.M. (2019) 'Desain dan Manufaktur Mesin CNC Plasma 3 Sumbu PT. Bangun Mesin Sejahtera', 3(1).
- Saputra, B., Mulyatno, P. and Amiruddin, W. (2017) 'JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Studi Perancangan Galangan Kapal untuk Pembangunan Kapal Baru dan Perbaikan di Area Pelabuhan Pekalongan', Jurnal Teknik Perkapalan, 5(2), p. 353.
- Suherman, A. and Cahyana, B.J. (2019) Pengendalian Kualitas Dengan Metode *Failure Mode Effect And Analysis*.
- Sukmanto, B.T. (2020) 'Persepsi Kebutuhan Karakter Kerja Industri Bagi Tenaga Kerja Bekerja Di Industri Manufaktur Kabupaten Cirebon'.
- Sumarta, D.M., Suweca, W. and Setiawan, R. (2017) 'Penerapan Metode *Failure Mode Effect And Criticality Analysis* (FMECA) Pada Drive Station Alat Angkut Konveyot Rel', 19.
- Yansyah, Sendra Pebri and Haris Setiawan. (2018). Optimasi Parameter Pemotongan Mesin CNC Plasma Cutting Dengan Menggunakan Metode *Taguchi*. Politeknik Manufaktur Bandung.