

Analisis Risiko Kegagalan Mesin *Wet Sandblasting* Dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* dan *Fishbone Diagram*

Gita Cintya Putri¹, Arief Subekti^{1*}, dan Mochamad Yusuf Santoso¹

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

*E-mail: ariefbekti@ppns.ac.id

Abstrak

Sandblasting merupakan proses pembersihan dari karat, debu, cat, dan oli yang menempel pada suatu permukaan material dengan cara menyemprotkan bahan abrasif (pasir). Pada perusahaan galangan kapal, kegiatan *sandblasting* adalah pekerjaan rutin dengan intensitas tinggi yang berisiko menimbulkan debu berlimpah. Penggunaan mesin *wet sandblasting* merupakan upaya meminimalisir pencemaran udara berupa debu. Pada aktualnya, penggunaan mesin *wet sandblasting* tetap menghasilkan debu yang banyak. Indikasi kegagalan komponen menyebabkan mesin tidak dapat berjalan maksimal. Tujuan penelitian ini melakukan analisis kegagalan pada mesin *wet sandblasting* untuk mengurangi potensi bahaya dari mesin *wet sandblasting*. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fishbone Diagram*. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan pada komponen mesin *wet sandblasting* serta menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN tertinggi akan diolah menggunakan *fishbone diagram*. *Fishbone diagram* akan mengidentifikasi komponen dengan RPN tertinggi untuk menemukan kemungkinan penyebab masalah atau faktor-faktor yang mempengaruhi masalah dan mempermudah dalam menentukan rekomendasi. Hasil dari metode FMEA, diperoleh bahwa kegagalan tertinggi terjadi pada komponen *blast nozzle* dengan jenis kegagalan mal fungsi yang memiliki nilai RPN sebesar 48. Setelah itu, Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan *fishbone diagram*, ditemukan tujuh faktor yang menjadi akar penyebab mal fungsi pada *blast nozzle*. Faktor tersebut merupakan *man, method, machine, materials, measurements, management, dan maintenance*.

Kata Kunci: *Failure Mode and Effect Analysis, Fishbone Diagram, RPN, Sandblasting*

Abstract

Sandblasting is a process of cleaning rust, dust, paint, and oil attached to a material surface by spraying abrasive material (sand). In shipyard companies, sandblasting activities are routine work with high intensity that risks causing abundant dust. Wet sandblasting machines are an effort to minimize air pollution in the form of dust. In actuality, the use of wet sandblasting machines still produces much dust. Indications of component failure cause the machine not to run optimally. This research aims to analyze failures in wet sandblasting machines to reduce the potential hazards of wet sandblasting machines. This research uses Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fishbone Diagram methods. FMEA is used to identify failures in wet sandblasting machine components and calculate the Risk Priority Number (RPN) value. The highest RPN value will be processed using a fishbone diagram. The fishbone diagram will identify the components with the highest RPN to find possible causes of problems or factors that affect the problem and make it easier to determine recommendations. As a result of the FMEA method, it was found that the highest failure was the blast nozzle with a malfunction type that had an RPN value of 48. After that, an analysis using a fishbone diagram, 7 factors were found to be the root cause of malfunction in the blast nozzle. Man, method, machine, materials, measurements, and management are factors.

Kata Kunci: *Failure Mode and Effect Analysis, Fishbone Diagram, RPN, Sandblasting*

1. PENDAHULUAN

Sandblasting merupakan proses pembersihan pada suatu permukaan material dengan cara menyemprotkan partikel (pasir) (Yudistira Marsal dkk., 2018). Proses ini dapat menimbulkan gesekan atau tumbukan yang berakibat permukaan material menjadi bersih. *Sandblasting* pada galangan kapal berfungsi sebagai metode untuk

membersihkan lambung kapal dari karat, debu, cat, dan oli yang menempel serta membentuk kekasaran pada permukaan material sehingga ketika proses pengecatan atau pelapisan cat lebih melekat dan lebih tahan terhadap korosi. Metode ini memiliki kekurangan menghasilkan banyak debu saat proses pengerjaannya. *Wet sandblasting* merupakan pencampuran bahan *blasting* berupa pasir dengan air dalam wadah bertekanan kemudian ditembakkan dengan kecepatan tinggi menggunakan udara terkompresi (Wiesbaden, 2016). Penggunaan metode *wet sandblasting* dilakukan sebagai upaya untuk meminimalisir pencemaran udara berupa debu. Namun, pada aktualnya debu yang dihasilkan dari metode *wet sandblasting* masih tergolong banyak. Kegagalan pada komponen mesin *wet sandblasting* menjadi salah satu penyebab metode ini tidak dapat bekerja secara maksimal.

Menurut Munawir dkk, (2014) untuk mengetahui penyebab komponen mesin mengalami kerusakan maupun kegagalan yang paling berdampak pada komponen, maka dapat digunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Tujuan penggunaan metode FMEA dalam penelitian ini agar lebih mudah untuk analisis mode kegagalan dari komponen mesin *wet sandblasting* dan mengetahui tingkat risiko kegagalan. Hasil dari metode FMEA berupa RPN akan diolah lebih lanjut untuk mencari penyebab dasar dari kegagalan. Penggunaan *fishbone diagram* akan membantu peneliti fokus dalam menemukan kemungkinan penyebab masalah atau faktor-faktor yang mempengaruhi masalah dan mempermudah dalam menentukan rekomendasi. *Fishbone diagram* (juga disebut diagram Ishikawa atau diagram sebab-akibat) adalah teknik grafis untuk menunjukkan beberapa penyebab dari suatu peristiwa atau fenomena tertentu (Coccia, 2018).

2. METODE

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA adalah sebuah teknik analisis risiko yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh dari sebuah kegagalan dan memprioritaskan kegagalan menurut efek yang terjadi (Badariah dkk., 2012). Prioritas risiko didapatkan dari nilai risiko dalam bentuk *Risk Priority Number* (RPN) dengan beberapa faktor. Risiko kegagalan dan akibatnya ditentukan oleh tiga faktor yang dikalikan yaitu, tingkat keparahan dari kegagalan (*severity*), frekuensi kegagalan (*occurrence*), kemungkinan kegagalan untuk terdeteksi sebelum kejadian (*detection*) (Hisprastin & Musfiroh, 2020). Pada tabel 1, 2, dan 3 merupakan acuan yang digunakan untuk menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

Tabel 1. Tingkat *Severity*

SEVERITY (KEPARAHAN)			
Nilai	Aspek Hukum (AH)	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: SOP Perusahaan, 2018

Nilai dari *severity* di pengaruhi oleh beberapa aspek yaitu Aspek Hukum (AH), Cedera Pada Manusia dan/atau Dampak Lingkungan (D), dan Pengaruh Pada Kesehatan (PK). Tiga aspek terkait akan dihitung dengan rumus yang menghasilkan nilai *severity* atau keparahan dari suatu risiko.

$$S = \frac{AH + CD + PK}{3} \quad (1)$$

Tabel 2. Tingkat *Ocuurance*

OCCURANCE (KEJADIAN)					
Ni lai	Frekuensi Proses	Frekuensi Kejadian Lalu	Sistem Perlindungan (SP)	Pemeriksaan & Pemeliharaan (PP)	Kemampuan Personil (KP)

	(FP)	(FK)	Standard	Function	Procedur e	Sched ule	Insp ectio n	Follo w up	Job	HSE
1	1 tahun	>5 tahun/ tidak ada data	Sesuai	Berfungsi	Ada/ Tidak ada	Ada	Ada	Ya	Baik	Memadai
2	3 bulan - 1 tahun	1 – 5 tahun	Sesuai	Tidak berfungsi	Ada/ Tidak ada	Ada	Ada	Tidak	Cukup	Memadai
3	1 -3 bulan	6 bulan- 1 tahun	Tidak sesuai	Berfungsi	Ada	Ada	Tidak pasti	Tidak	Baik	Kurang
4	2 hari- 1 bulan	3 - 6 bulan	Tidak sesuai	Tidak berfungsi	Ada	Ada	Tidak ada	Tidak	Cukup	Kurang
5	Harian	1 -3 bulan	Tidak sesuai	Tidak serfungsi	Ada/ Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak	Kurang	Kurang

Sumber: SOP Perusahaan, 2018

Nilai dari *occurance* di pengaruhi oleh beberapa aspek yaitu Frekuensi Proses (FP), Frekuensi Kejadian Lalu (FK), Sistem Perlindungan (SP), Pemeriksaan & Pemeliharaan (PP), Kemampuan Personil (KP). Lima aspek terkait akan dihitung dengan rumus yang menghasilkan nilai *occurance*.

$$O = \frac{FP + FK + SP + PP + KP}{5} \quad (2)$$

Tabel 3. Tingkat *Detection*

DETECTION (DETEKSI)		
Nilai	<i>Detection</i>	Keterangan
1	Pasti	Dapat langsung dideteksi secara langsung
2	Mudah	Dapat dideteksi setelah terjadi
3	Cukup sulit	Dapat diketahui setelah proses keseluruhan berakhir
4	Sulit	Dibutuhkan pengecekan terhadap keseluruhan unit
5	Sangat Sulit	Hasil deteksi tidak mampu terepresentasi secara akurat

Sumber: Utami dkk., 2016

Fishbone Diagram

Secara khusus, *Fishbone diagram* (bentuknya mirip dengan kerangka ikan) adalah alat yang umum digunakan untuk analisis sebab-akibat untuk mengidentifikasi interaksi yang kompleks dari penyebab masalah atau peristiwa tertentu. Secara umum, *Fishbone diagram* bertujuan sebagai representasi visual yang tepat dari fenomena yang melibatkan penyelidikan beberapa faktor sebab-akibat dan bagaimana mereka saling berhubungan. Apabila masalah dan akar penyebab masalah sudah diketahui maka akan mempermudah dalam merumuskan strategi ataupun tindakan (Adha dkk., 2019). Dalam menemukan sebab-akibat terjadinya penyimpangan dapat menggali faktor-faktor utama yang terlibat yaitu *people or man power, method, machine, materials, measurements, environment, dan management* (Pušnik dkk., 2019).

Expert Judgment

Menurut Meyer & Booker (2001) *Expert judgment* adalah data yang diberikan oleh seorang ahli dalam menanggapi masalah teknis. *Expert judgment* merupakan orang yang memiliki latar belakang di bidang subjek dan diakui. Pada penelitian ini *expert judgment* dilibatkan dalam menentukan nilai RPN pada FMEA, menentukan faktor sebab-akibat pada 8 faktor *fishbone diagram*, dan penentuan rekomendasi untuk kegagalan mesin *wet sandblasting*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek dari mode kegagalan komponen mesin *wet sandblasting* memiliki nilai berupa angka yang menggambarkan tingkat keparahan (*severity*), seberapa sering kegagalan dapat muncul (*occurance*) dan seberapa sulit mode kegagalan dapat dideteksi keberadaannya (*detection*). Tabel 4. Menunjukkan hasil perhitungan nilai SOD (*Severity, Occurance, dan Detection*) sehingga didapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) pada setiap

komponen mesin *wet sandblasting*.

Tabel 4. Hasil perhitungan RPN komponen mesin *wet sandblasting*

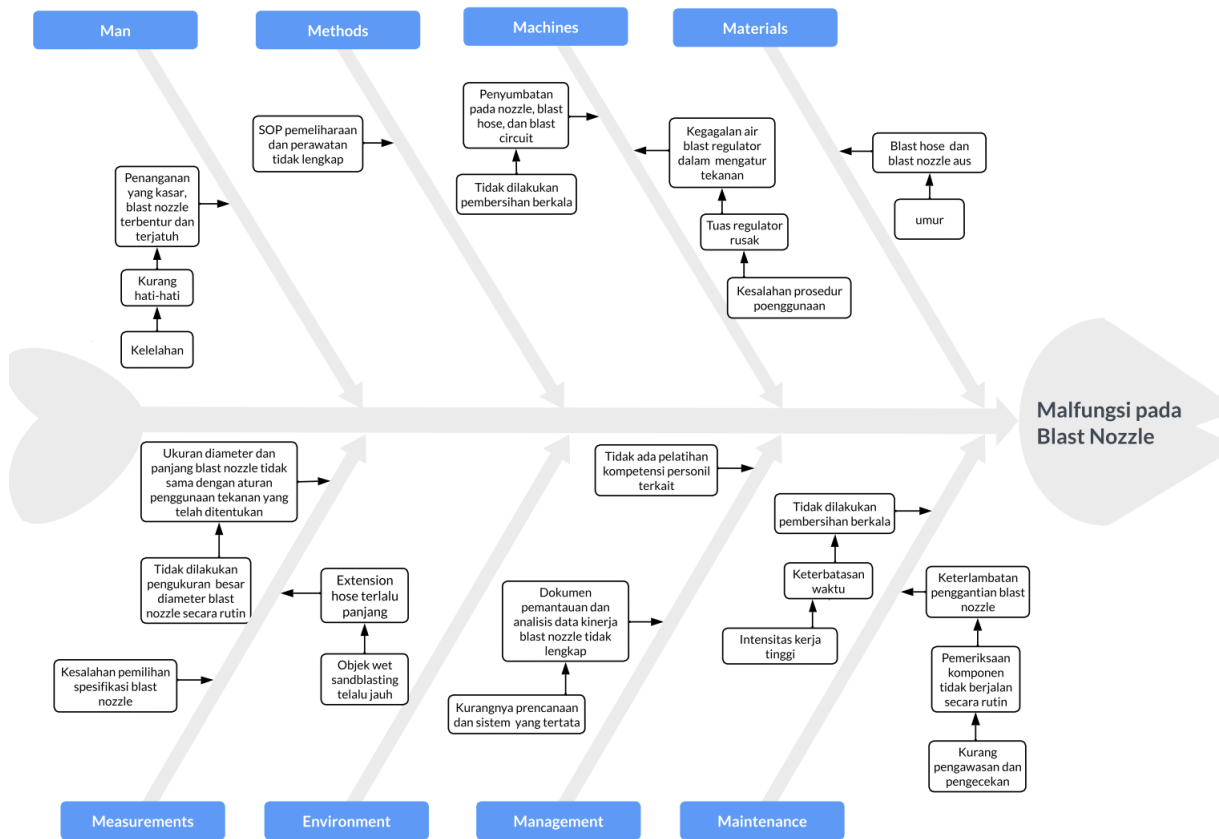
No.	Component	Severity	Occurance	Detection	RPN
1.	Frame	1	2	1	2
2.	Blast Control Switch	3	3	2	18
3.	Blast Nozzle	4	3	4	48
4.	Blast hose	4	4	2	32
5.	Pot	2	2	2	8
6.	Pop-up Handle	2	2	1	4
7.	Water Tank	1	2	2	4
8.	Water Tank Lid	1	1,6	1	1,6
9.	Pot Dump Valve	2	3	3	18
10.	Pressure Relief Valve	3	2	3	18
11.	Pot Pressure Gauge	3	1,8	1	5,4
12.	Abrasive Ball Valve	3	3	2	18
13.	Inlet Ball Valve	1	2	2	4
14.	Control Box	1	3	1	3
15.	Emergency Stop	4	1,2	4	19,2
16.	Blast Air Regulator	3	2	2	12
17.	Abrasive Metering Valve	3	1	4	12
18.	Water Pump Inlet Filter	1	4	3	12
19.	Blast Air Pressure Gauge	3	1,8	1	5,4
20.	Selector Valve	1	2	2	4
21.	Rinse Ball Valve	1	2	2	4
22.	Air Supply Connection	2	3	3	18
23.	Blast Connection	2	4	3	24
24.	Pneumatic Control Connection	3	2	4	24
25.	Electric Control Connection	4	1	2	8
26.	Supply Pressure Gauge	3	1,8	1	5,4
27.	MediaTrak	2	2,2	1	4,4
28.	Accessory Extension Hose	4	3	2	24
29.	Pot Outlet Manifold	2	2	3	12
30.	Ground Wire and Clamp	4	2	2	16
31.	Pop-up Seal	1	2	2	4
32.	Float valve	1	3	2	6

Tabel 4 menunjukkns dari total 32 komponen mesin *wet sandblasting*, *blast nozzle* merupakan komponen yang memiliki RPN tertinggi. RPN sebesar 48 ini didapatkan dari perkalian nilai *severity* sebesar 4, *occurance* sebesar 3, *detection* sebesar 4. *Blast nozzle* merupakan bagian ujung dari mesin *wet sandblasting* yang terhubung dengan *blast hose*. Komponen ini berfungsi untuk mengontrol aliran media *blasting* ke objek *blasting*.

Tabel 5. FMEA komponen *blast nozzle*

Component	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	S	Potential Cause(s) of Failure	O	Current control, prevention	Current Control, Detection	D	RPN
Blast Nozzle	Malfungsi	Penurunan daya semprot Perubahan ukuran dan pola semprotan	4	Aus, kotor	3	Pengecekan pra kerja	Peningkatan durasi kerja	4	48

Tabel 5. menunjukkan uraian lengkap FMEA dari komponen *blast nozzle*. Kegagalan yang terjadi pada *blast nozzle* adalah mal fungsi. Hasil ini menunjukkan bahwa komponen *blast nozzle* memiliki pengaruh besar atas kegagalan yang terjadi pada mesin *wet sandblasting*. RPN tertinggi hasil dari FMEA akan dilakukan pengolahan kembali menggunakan *fishbone diagram* untuk mencari akar penyebab masalah agar mempermudah dalam merumuskan rekomendasi.



Gambar 1. Hasil Fishbone Diagram

Pada Gambar 1. beserta penjelasan yang tercantum menyimpulkan bahwa terdapat 7 aspek yang berpengaruh terhadap terjadinya malfungsi terhadap *blast nozzle*. Aspek ini terdiri dari *man*, *methods*, *machines*, *materials*, *measurements*, *management*, dan *maintenance*. Dari hasil ini dapat ditentukan rekomendasi berdasarkan akar penyebabnya. Tabel 6 menyajikan detail rekomendasi untuk masing-masing aspek.

Tabel 6. Penentuan Rekomendasi

Faktor	Penyebab	Rekomendasi
<i>Man</i>	Kelelahan	Mengatur jadwal kerja yang seimbang antar operator
<i>Methods</i>	SOP pemeliharaan dan perawatan tidak lengkap	Melakukan pembentukan tim untuk melengkapi SOP pemeliharaan dan perawatan
<i>Machines</i>	Tidak dilakukan pembersihan berkala	Menetapkan jadwal pembersihan berkala yang spesifik dan teratur serta dilakukan pengawasan.
	Kesalahan prosedur penggunaan	Melakukan <i>toolbox meeting</i> setiap pagi untuk menyampaikan prosedur kerja sebagai upaya <i>refreshment</i> .
<i>Materials</i>	Umur komponen <i>blast hose</i> dan <i>blast nozzle</i>	Menggunakan komponen sesuai SOP dan rutin pengecekan untuk memperpanjang umur komponen.
	Tidak dilakukan pengukuran besar diameter <i>blast nozzle</i> secara rutin	Membuat jadwal pengukuran diameter sesuai dengan interval yang telah ditentukan.
<i>Measurements</i>	Kesalahan pemilihan spesifikasi <i>blast nozzle</i>	Menempelkan tabel spesifikasi <i>nozzle</i> pada area penyimpanan <i>nozzle</i> .
	Objek <i>wet sandblasting</i> terlalu jauh	Mengatur posisi mesin sestrategis mungkin.
<i>Management</i>	Tidak ada pelatihan kompetensi	Memberikan pelatihan kepada pekerja sesuai dengan kompetensi serta memastikan pekerja telah mengikuti pelatihan dengan baik.
	Kurangnya perencanaan dan sistem yang tertata	- Melakukan identifikasi masalah dalam perencanaan dan sistem yang berjalan. - Melakukan evaluasi kinerja perencanaan dan sistem yang ada - Melakukan perbaikan proses perencanaan dan sistem
<i>Maintenance</i>	Intensitas kerja tinggi	Menetapkan jadwal khusus dan prioritas untuk pembersihan berkala pada mesin serta melakukan penunjuka pada pekerja

		untuk bertanggung jawab atas pembersihan mesin <i>wet sandblasting</i> .
	Kurang pengawasan dan pengecekan	- Memberikan sosialisasi kepada pekerja mengenai risiko, bahaya, prosedur kerja agar taat melaksanakan pekerjaan meskipun tanpa pengawasan. - Memberikan kewenangan dan tanggung jawab kepada pekerja bertanggung jawab atas pengawasan pekerjaan.

4. KESIMPULAN

Hasil dari metode FMEA, diperoleh bahwa kegagalan yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah komponen *blast nozzle* dengan jenis kegagalan mal fungsi. Berdasarkan analisis yang dilakukan menggunakan *fishbone diagram*, ditemukan 7 faktor yang menjadi akar penyebab mal fungsi pada *blast nozzle*. faktor tersebut berupa *man, method, machines, materials, measurements, management, dan maintenance*. Secara singkat, rekomendasi yang diberikan berdasarkan akar penyebab dari hasil *fishbone diagram* berupa pengendalian administratif.

5. DAFTAR NOTASI

S	= Nilai <i>Severity</i>
AH	= Aspek Hukum
CD	= Cedera Pada Manusia dan/atau Dampak Lingkungan
PK	= Pengaruh Pada Kesehatan (PK)
O	= Nilai <i>Occurance</i>
FP	= Frekuensi Proses
FK	= Frekuensi Kejadian Lalu
SP	= Sistem Perlindungan
PP	= Pemeriksaan & Pemeliharaan
KP	= Kemampuan Personil

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adha, M. A., Supriyanto, A., & Timan, A. 2019. Strategi Peningkatan Mutu Lulusan Madrasah Menggunakan Diagram Fishbone. *Tarbawi: Jurnal Keilmuan Manajemen Pendidikan*, 5(01), 11–22.
- Badariah, N., Surjasa, D., & Trinugraha, Y. 2012. Analisa Supply Chain Risk Management Berdasarkan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). *Jurnal Teknik Industri*, 2(2), 110–118.
- Coccia, M. 2018. The Fishbone Diagram To Identify, Systematize and Analyze The Sources Of General Purpose Technologies. *Journal of Social and Administrative Sciences*, 4, 291–303.
- Hisprastin, Y., & Musfiroh, I. 2020. Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri. *Majalah Farmasetika*, 6(1),1–9.
- Meyer, M. A., & Booker, J. M. 2001. *Eliciting and Analyzing Expert Judgment* (SIAM). American Statistical Association and the Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Munawir, H., Yunanto, D., Teknik, J., & Ums, I. 2014. Analisa Penyebab Kerusakan Mesin Sizing Baba Sangyo Kikai dengan Metode FMEA dan LTA (Studi Kasus di PT Primatexco Indonesia). *Seminar Nasional IENACO*, 296–302.
- Pušnik, M., Kous, K., Godec, A., & Šumak, B. 2019. Process Evaluation and Improvement: A Case Study of The Loan Approval Process. *Proceedings of the SQAMIA*, 1–12.
- Galangan Kapal. 2018. SOP Identifikasi Aspek dan Dampak LH, 1–14
- Utami, E. A. Y., Moesriati, A., & Karnaningroem, N. 2016. Risiko Kegagalan pada Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukolilo Surabaya Menggunakan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Wiesbaden, S. F. 2016. A Significant Reduction in Dust Volumes. *IST International Surface Technology*, 44–45
- Yudistira Marsal, I., Martini, S., & Iqbal, M. 2018. Rancangan Alat Bantu Proses Sandblasting Otomatis Untuk Meminimasi Waste Of Processing Pada Proses Reparasi Tabung Menggunakan Metode Rasional Pada Pabrik Pressing PT. Wika Industri & Kontruksi Bogor. *e-Proceeding of Engineering*, 1305–1312.