

---

---

**ANALISIS RISIKO LIMBAH CAIR PADA UNIT *EFFLUENT TREATMENT*  
BERDASARKAN SISTEM MANAJEMEN LINGKUNGAN MENGGUNAKAN  
METODE FMEA DAN RCA  
DI PT. PETROKIMIA GRESIK**

Rizky Bagus Kuncoro<sup>1</sup>, Said Salim Dahda<sup>2</sup>, Elly ismiyah<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia  
e-mail: ikutiimpian@gmail.com

**ABSTRAK**

Unit *Effluent Treatment* III A adalah pengolahan limbah cair menghasilkan produk *Neutralized Water* untuk dipakai kembali ke proses. Pengolahan limbah Unit *Effluent Treatment* III A terdapat *out spec* yang menyebabkan rake macet dikarenakan endapan pada TK 6615 dan terjadi peluberan, *Cussion Pond* juga terjadi peluberan dikarenakan terdapat rake macet pada TK-6615. Pada Prosesnya terdapat risiko peluberan terhadap lingkungan, sehingga perlu perbaikan dengan menerapkan ISO 14001. Metode FMEA sangat cocok diterapkan karena setelah dilakukan identifikasi risiko, dilakukan penilaian risiko sehingga didapatkan nilai *Saverity*, *Occurance* dan *Detection* menghasilkan RPN (*Risk Priority Number*). Hasil RPN terbesar dengan nilai 100 yaitu pada item TK6615 dengan risiko endapan limbah cair menumpuk dan hasil *Neutralized Water* meluber. Dengan Metode RCA menganalisis risiko dengan mencari akar penyebab risiko dari RPN terbesar terdapat 5 faktor yaitu *miss communication team work*, pemahaman operasional rendah, kerusakan pada filter, injeksi kapur jelek dan tidak ada treatment khusus. Pada implementasi Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001 dilakukan evaluasi risiko berdasarkan ISO 14001 untuk perbaikan pada akar penyebab risiko.

**Kata kunci** : FMEA, ISO 14001, Limbah cair, RCA, Sistem Manajemen Lingkungan, Unit *Effluent Treatment* III A

**ABSTRACT**

*Unit Effluent Treatment III A is the treatment of liquid waste to produce Neutralized Water products for reuse in the process. In the Effluent Treatment Unit III A waste treatment there is an out spec which causes the rake to jam due to sediment at TK 6615 and overflow occurs, Cussion Pond also overflows because there is jammed rake in TK-6615. In the process there is a risk of spillage to the environment, so it needs to be improved by implementing ISO 14001. The FMEA method is very suitable to be applied because after risk identification, a risk assessment is carried out so that the Saverity, Occurance and Detection values are obtained to produce an RPN (Risk Priority Number). The largest RPN result with a value of 100 is on item TK6615 with the risk of liquid waste deposits accumulating and the results of Neutralized Water overflowing. The RCA method analyzes risk by looking for the root cause of the risk from the largest RPN, there are 5 factors, namely miss communication team work, low operational understanding, damage to the filter, bad lime injection and no special treatment. In the implementation of the ISO 14001 Environmental Management System, a risk evaluation is carried out based on ISO 14001 to correct the root causes of the risk.*

**Keywords:** *Environmental Management System, FMEA, ISO 14001, Liquid waste, RCA, Unit Effluent Treatment* III A.

---

**Jejak Artikel**

Upload Artikel : 20 Maret 2022  
Revisi : 25 Maret 2022  
Publish : 15 April 2022

---

## 1. PENDAHULUAN

PT. Petrokimia Gresik adalah perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang merupakan salah satu anak perusahaan dari PT. Pupuk Indonesia Holding Company (PIHC) yang berada di Indonesia. PT. Petrokimia Gresik terdapat 3 Departemen produksi, yaitu Departemen Produksi I, Departemen Produksi II, Departemen Produksi III. Pada Departemen Produksi I memproduksi ZA I dan ZA III, Urea, dan produk samping berupa gas Ammonia, CO<sub>2</sub> cair, CO<sub>2</sub> padat, Nitrogen Gas dan cair serta oksigen gas maupun cair. Departemen Produksi II memproduksi Pupuk Phospat, yaitu SP-36 dan Phonska dan Departemen Produksi III terdiri dari Departemen Produksi III A dan III B yang memproduksi Asam Phospat, Asam Sulfat, *Gypsum Purification* dan *Aluminium Fluoride* (ALF<sub>3</sub>) dan ZA II. Pada produksinya menghasilkan sisa produksi atau limbah, untuk itu PT. Petrokimia Gresik memiliki unit pengolahan limbah pada setiap Departemen Produksinya. Unit *Effluent Treatment* III A merupakan unit pengolahan limbah yang ada di Departemen Produksi III A, Departemen Produksi III A yang memproduksi Asam Phospat, Asam Sulfat, *Gypsum Purification* dan *Aluminium Fluoride* (ALF<sub>3</sub>) dan ZA II. Proses Unit *Effluent Treatment* III A dilakukan dengan injeksi kapur untuk menaikkan dari PH = < 2 menjadi PH = 6,0 – 9,0, dan ditambah kan polimer untuk menurunkan tingkat kekeruhan yaitu PO<sub>4</sub> = Max 50 ppm dan TSS = Max 50 ppm sesuai dengan kriteria dan standart yang telah ditentukan oleh perusahaan, Sehingga perlunya mengidentifikasi risiko, menganalisis risiko dan mengevaluasi risiko limbah cair pada unit *Effluent Treatment* berdasarkan sistem manajemen lingkungan menggunakan metode FMEA dan RCA di PT. Petrokimia Gresik. Upaya penanganan limbah perlu dimulai dengan tahap perencanaan guna menghindari kerugian pada perusahaan (Tarwaka dkk, 2004).

Adapun tujuan pada penelitian tugas akhir ini ialah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi risiko pengolahan limbah cair pada Unit *Effluent Treatment*.
2. Menganalisis risiko yang paling

berpotensi pada Unit *Effluent Treatment* dengan metode FMEA

3. Menganalisis penyebab risiko dengan nilai RPN tertinggi dengan metode RCA
4. Memberikan usulan perbaikan guna meminimalisir terjadinya risiko

Adapun manfaat pada penelitian tugas akhir ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui risiko pengolahan limbah cair pada Unit *Effluent Treatment*
2. Mengetahui risiko yang paling berpotensi pada Unit *Effluent Treatment* menggunakan metode FMEA
3. Mengetahui penyebab risiko dengan nilai RPN tertinggi dengan metode RCA
4. Mengetahui usulan perbaikan guna meminimalisir terjadinya risiko

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Petrokimia Gresik pada Unit *Effluent Treatment* III A dengan menggunakan data hasil analisa Laboratorium dan data *log book* pada kegagalan yang telah terjadi pada unit *Effluent Treatment*. Pengolahan data dimulai dengan Pemantauan & Pengukuran ISO 14001 dengan metode FMEA yaitu mengidentifikasi risiko kegagalan yang terjadi dari proses yang diamati, mengidentifikasi akibat (*potensial effect*) yang ditimbulkan potensi *failure mode*, menetapkan nilai *Severity* (S) merupakan penilaian seberapa serius efek mode kegagalan, mengidentifikasi penyebab (*potensial cause*) dari *failure mode* pada proses yang berlangsung, menetapkan nilai *Occurance* (O) menunjukkan hasil keseringan suatu masalah yang terjadi karena *potensial cause*, Identifikasi kontrol proses saat ini yang merupakan deskripsi dari kontrol untuk mencegah kemungkinan suatu yang menyebabkan mode kegagalan, menetapkan

nilai *Detection* (D) dimana menggambarkan seberapa mampu proses kontrol selama ini untuk mengidentifikasi maupun mencegah terjadinya mode kegagalan, Menentukan nilai RPN dengan cara mengalikan nilai *Severity* (S), *Occurance* (O), *Detection* (D)  $RPN = S \times O \times D$ , nilai RPN menunjukkan keseriusan dari *potensial failure*, semakin tinggi nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah. Kemudian tahap selanjutnya adalah Ketidaksesuaian dan tindakan koreksi dan pencegahan ISO 14001 dengan metode RCA yaitu mengidentifikasi dan memperjelas definisi *undesired outcome*, mengumpulkan data, menempatkan kejadian-kejadian dan kondisi pada *event and causal factor table* (tabel kejadian dan faktor penyebab), Gunakan tabel penyebab atau metode yang lain untuk mengidentifikasi seluruh penyebab yang berpotensi, mengidentifikasi mode kegagalan sampai dengan mode kegagalan paling bawah, dan lanjutkan pertanyaan “mengapa” untuk menidentifikasi root causes yang paling kritis. Dan terakhir dengan evaluasi risiko berdasarkan iso 14001 yaitu mengeliminasi/mereduksi kemungkinan terjadinya *unexpected event* yang meliputi tindakan pengurangan risiko jangka panjang.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Identifikasi Risiko Unit *Effluent Treatment III A*

Dilakukan dengan cara mengidentifikasi risiko dengan menentukan risiko-risiko yang terjadi pada setiap item unit *Effluent Treatment III A*. Berdasarkan hasil kuisisioner didapatkan hasil total risk terdapat pada item *Cussion Pond* dengan 7 responden menilai *Cussion pond* menempati urutan pertama yang sangat berpengaruh terhadap risiko di Unit *Effluent Treatment III A* dicantumkan pada lampiran. Contoh perhitungannya pembobotan pada *cussion pond* dalam tabel 1.1 =  $(1 \times 0) + (2 \times 0) + (3 \times 1) + (4 \times 6) / 7 = 3,85$

Berdasarkan tabel 1.1 diatas bobot terbesar pada item *Cussion Pond* dengan nilai 3,85 yang sangat berpengaruh terhadap risiko pada Unit *Effluent Treatment III A*. Dengan data risiko dengan bobot diatas dapat dilanjutkan untuk

penilaian risiko dengan menentukan nilai *Saverity*, *Occurance* dan *Detection*

No	Item	Risk	Frekuensi				Jumlah Responden	Bobot
			1	2	3	4		
1.	<i>Cussion Pond</i>	Acidic water meluber	0	0	1	6	7	3,85
2.	TK 6611 (PH Adjust Tank -1)	Mempengaruhi kualitas proses limbah cair	1	2	2	2	7	2,71
3.	TK 6612 (PH Adjust Tank -2)	Endapan dan air limbah proses meluber	2	2	2	1	7	2,29
4.	TK 6614 (Coagulation Tank)	Busa pada proses limbah cair meluber	0	2	2	3	7	3,14
5.	TK 6615 (Thickener Clarifier)	Hasil Neutralized Water meluber	0	0	2	5	7	3,71
6.	TK 6640 (Slurry Tank)	Endapan sludge meluber	0	1	3	3	7	3,29
7.	Filter	Pelubangan pada bucket filter	0	0	3	4	7	3,57
8.	Hopper	Cake (endapan padat) meluber	3	2	1	1	7	2

Tabel 1.1 Identifikasi Risiko Unit *Effluent Treatment III A* :

#### 3.2 Penilaian Risiko berdasarkan metode FMEA

Proses penetapan nilai *Saverity*, *Occurance* dan *Detection* di peroleh dari hasil kuisisioner terhadap 5 operator, 1 LK3 dan 1 Superintendent SASU III A. Contoh perhitungannya pada tabel 4.4 yaitu  $RPN = S \times O \times D$

$$= ((7 \times 7) \times (7 \times 7) \times (7 \times 7)) / 7 = 16.807$$

No	Item	Frekuensi			Jumlah Responden	RPN
		S	O	D		
1.	<i>Cussion Pond</i>	49	49	49	7	16.807
2.	TK 6611 (PH Adjust Tank -1)	28	28	21	7	2.352
3.	TK 6612 (PH Adjust Tank -2)	21	21	21	7	1.323
4.	TK 6614 (Coagulation Tank)	28	35	28	7	3.920
5.	TK 6615 (Thickener Clarifier)	42	49	49	7	14.406
6.	TK 6640 (Slurry Tank)	28	42	24	7	4.032
7.	Filter	42	49	42	7	12.348
8.	Hopper	21	14	19	7	798

**Tabel 1.2 Penilaian Risiko pada Unit Effluent Treatment III A**

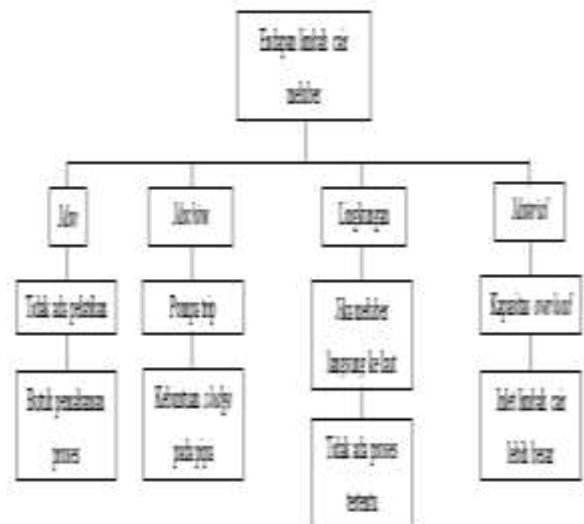
Berdasarkan Tabel 1.2 pada penilaian risiko yang terbesar adalah pada item *Cussion Pond* dengan nilai RPN sebesar 16.907. Pada item *Cussion pond* menduduki peringkat pertama dan kedua adalah pada Tk 6615 sehingga dapat dilanjutkan pada analisis risiko untuk mencari akar penyebab risiko tersebut.

**3.3 Analisis Risiko berdasarkan Metode RCA (Root Cause Analysis)**

Pada penyebab risiko dibuat dengan model pohon faktor dengan ditarik kebawah dengan akar penyebab masalah paling mendasar berdasarkan faktor pekerja, faktor alat / mesin dan faktor manajemen. 3 Faktor tersebut sangat berperan penting dalam pengoperasian Unit *Effluent Treatment III A*. Dari hasil akar penyebab masalah yang didapatkan dari

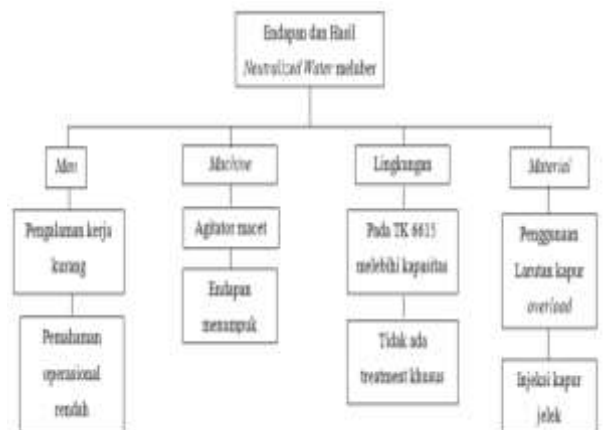
penilaian risiko terbesar maka nantinya akan dijabarkan pada evaluasi risiko tentang usulan perbaikan pada permasalahan tersebut dan juga evaluasi risiko tersebut berdasarkan iso 14001 sehingga usulan perbaikannya sesuai dengan implementasi ISO 14001.

RCA akar penyebab *Cussion Pond*



Gambar 1.1 RCA Akar penyebab *Cussion Pond*

RCA Akar penyebab pada TK 6615



Gambar 1.2 RCA Akar penyebab pada TK 6615

**3.4 Evaluasi Risiko berdasarkan ISO 14001**

Dengan diketahui prosedur ISO 14001 maka disajikan sebagai berikut :

3.4.1 Identifikasi penyebab ketidaksesuaian pada unit *Effluent Treatment III A* yaitu terdapat akar

penyebab masalah yang terbesar pada unit *Effluent Treatment* pada item *Cussion Pond* yaitu endapan limbah cair meluber. Dengan terdapat 4 ujung akar pada penyebab masalah yaitu Butuh pemahaman pada proses, kebuntuan *sludge* pada pipa, tidak ada proses tertentu dan inlet limbah cair lebih besar.

3.4.2 Identifikasi pilihan tindakan koreksi dan pencegahan serta pengendalian yang diperlukan yaitu menerapkan *treatment* khusus pada *Cussion pond* dengan injeksi soda (NaOH) pada saat setiap ada penurunan PH dan kendala pada *drag conveyor macet*.

3.4.3 Pelatihan personal yaitu dengan member sosialisasi terhadap tindakan koreksi dengan menerapkan *treatment* khusus pada *Cussion pond* dengan injeksi soda (NaOH).

3.4.4 Merekam setiap perubahan pada prosedur tertulis yang dihasilkan dari tindakan koreksi yaitu Penelitian ini mencoba menerapkan *treatment* khusus pada *Cussion Pond* dengan injeksi soda (NaOH) setiap ada penurunan PH dan kendala pada *drag conveyor macet*. Dengan SOP sebagai berikut :

a. Tuangkan 20 KG injeksi NaOH kedalam *Cussion Pond* secara berkala.

b. Tunggu hingga 15 menit PH pada *cussion pond* akan naik secara berkala.

c. Produk hasil akhir *Neutralized water* PH= 6,0 – 9,0.

Dari hasil penelitian ini sebelum penggunaan soda ( NaOH ) sangat lambat dan menghabiskan banyak kapur aktif dan masih terkendala pada *drag conveyot* macet. Setelah diberi injeksi NaOH penggunaan kapur lebih sedikit dan mengefisiensi kapur 8 Ton 1 hari. Jadi Usul injeksi NaOH bisa dipertimbangkan untuk Unit *Effluent treatment* sehingga dengan menggunakan injeksi NaOH maka endapan didalam tangki akan turun dan memperkecil terjadinya peluberan.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) dan RCA (*Root Cause Analysis*), maka dapat disimpulkan antara lain :

4.1 Hasil identifikasi risiko pengolahan limbah cair pada Unit *Effluent Treatment* yaitu Pada item *Cussion Pond* terdapat *function failure* yaitu pompa tidak bekerja maksimal, *Potensial Failure Mode* yaitu terjadi kebuntuan pada inlet pompa, *Potensial effect of failure* yaitu endapan limbah cair menumpuk dan *Risk* yaitu *Acidic water* meluber. Pada item TK 6611 (PH *Adjust Tank -1*) terdapat *function failure* yaitu larutan kapur tidak maksimal, *Potensial Failure Mode* yaitu *Drag Conveyor macet*, *Potensial Effect of failure* yaitu kualitas pencampuran pertama larutan kapur dan *acidic water* menurun dan *Risk* yaitu endapan yang meluber pada TK 6611. Pada item TK

6612 (PH *Adjust Tank* -2) terdapat *function failure* yaitu pencampuran kedua larutan kapur dan *acidic water* tidak sempurna, *Potensial failure mode* yaitu *sensor* PH tidak maksimal, *Potensial effect of failure* yaitu kebuntuan pada tangki *over flow* dan *Risk* yaitu endapan yang meluber pada TK-6612. Pada item TK 6614 (*Coagulation Tank*) terdapat *function failure* yaitu koagulasi terbentuk melebihi standart, *Potensial failure mode* yaitu proses olahan *acidic water* PH tinggi tidak sesuai standart, *Potensial effect of failure* yaitu olahan *acidic water* PH tinggi melebihi standart dan injeksi polimer melebihi standart dan *Risk* yaitu limbah busa meluber. Pada item TK 6615 (*Thickner Clarifier*) terdapat *function failure* yaitu *rake agitator* macet, *Potensial failure mode* yaitu torsi naik melebihi standart, *Potensial effect of failure mode* yaitu endapan hasil olahan menumpuk pada TK 6615 dan *Risk* yaitu hasil *neutralized water* meluber. Pada item TK 6640 (*Slurry Tank*) terdapat *function failure* yaitu tidak mampu menampung endapan kental, *Potensial failure mode* yaitu pompa *trip*, *Potensial effect of failure* yaitu pembuntuan pada inlet pompa dan *Risk* yaitu endapan limbah cair kental meluber. Pada item Filter terdapat *function failure* yaitu proses pengeringan *cake* gagal, *Potensial failure mode* yaitu *cloth* tidak mampu

menyaring dengan baik, *Potensial effect of failure* yaitu *Cloth* rusak dan konsentrasi endapan kental rendah dan *Risk* yaitu tidak terbentuknya *cake* dan pelubangan endapan limbah cair. Pada item *Hopper* terdapat *function failure* yaitu instrumentasi *hopper* macet, *Potensial failure mode* yaitu *human error*, *Potensial effect of failure* yaitu *hopper* tidak dapat dibuka dan *Risk* yaitu *Cake* (endapan padat) meluber.

4.2 Hasil analisis risiko yang paling berpotensi pada Unit *Effluent Treatment* III A dengan metode FMEA adalah Pada Penilaian risiko berdasarkan metode FMEA dengan RPN (*Risk Priority Number*) terbesar yaitu pada Tk 6615 (*Thickner Clarifier*) didapatkan hasil nilai RPN = 100 dengan risiko yaitu endapan dan hasil *Neutralized water* meluber.

4.3 Hasil menganalisis penyebab risiko dengan nilai RPN tertinggi dengan metode RCA didapatkan hasil 5 akar penyebab masalah pada Endapan dan hasil *Neutralized water* meluber yaitu *Miss Comunication Team Work*, pemahaman operasional rendah, kerusakan pada filter, injeksi kapur jelek dan SOP ketika pelubangan limbah cair tidak jelas

4.4 Usulan perbaikan guna meminimalisir terjadinya risiko yaitu Sistem rolling area sehingga mampu optimalnya pada *team work*, pelatihan dan *sharing knowledge* dalam pemahaman

operasional, membuat program kerja rutin perawatan dan alat operasional untuk mencegah kegagalan fungsi kerusakan pada filter yang menyebabkan peluberan limbah cair, menyiapkan baku mutu pengganti yaitu soda (*NaOH*) dan pre *treatment* pada *cussion pond* sesuai dengan implementasi ISO 14001.

4.5 Saran pada penelitian ini adalah dilakukan pre *treatment* pada *cussion pond* dengan injeksi soda (*NaOH*), jadi beban untuk mengolah limbah cair semakin ringan dan mengurangi penggunaan larutan kapur sehingga dapat mengurangi peluberan endapan dan limbah cair. Penelitian selanjutnya bisa mengkaji pengaruh pre *treatment* pada *cussion pond* pada proses pengolahan limbah cair pada Unit *Effluent Treatment III A*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, U. 2006. Kinerja Sistem Lumpur Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Laundry. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Halaman 12.
- Amperajaya, M. D. & Daryanto. (2007). Identifikasi Penyebab Cacat Pulley Pada Proses Pengecoran di PT Himalaya Nabeya Indonesia Dengan Metode FMEA & RCA. Jurnal Inovisi, No. 6. Volume 1. <http://ejurnal.esaunggul.ac.id/index.php/inovisi/article/view/850/781>, Diunduh pada 10 April 2016.
- Ansori, N., & Mustajib, M, I. (2013). Sisteem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System). Yogyakarta: Graha Ilmu
- Bakhtiar, Arfan, Sembiring, Irfan, Joy dan Suliantoro Heri. 2016 Analisa Penyebab Kecacatan Paving. Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis ( FMEA). PT ALAM DAYA SAKTI SEMARANG. Laporan Tugas Akhir.
- Chlander, Faith. (2004). Root Cause Analysis. New York. USA Cox, James F. and John H. Blackstone Jr. (2005). APICS Dictionary. 11st edition. APICS. Virginia.
- Gintings, P. (1992). Mencegah dan Mengendalikan Pencemaraan Industri. Pustaka Sinar Harapan Jakarta.
- Idris, Y.Z. (2003). Analisa Resiko Limbah Industri Tapioka di Sungai Tulang Bawang. Program Pascasarjana. Program Studi Magister Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Irfan, D. (2019). Usulan Perbaikan Sistem Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode RCA Dan FMEA Pada PT XYZ. Vol. 3 No. 1: Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Jucan, G. (2005). Root Cause Analysis for IT Incidents Investigation. Diakses pada 05 maret 2017.
- Kasam. (2011). Analisis Resiko Lingkungan pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: TPA Piyungan Bantul). Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Vol. 3, No 1, pp. 019-030.
- Kimura, Fumihiko. 2002. Reliability Centered Maintenance Planning Base on Computer Aided FMEA. International Seminar on Manufacturing System. Korea.
- Mahida, U. N. 1984. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. CV. Rajawali. Jakarta
- Nesti, A., Ishardita, P, Ceria, F. (2015). Alat Antrian C2000 Production Processes Design Using IDEFØ, FMEA And RCA. Vol. 3, No. 2: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri.
- Nugroho, R. 2006. Pemilihan Teknologi yang Tepat untuk Pengolahan Air Limbah Domestik di Perkotaan. PTL-BPPT. Jakarta.
- Nurul, H., Retno, W. (2017). Identifikasi Potensi Risiko Lingkungan pada Unit

- Pengolahan Limbah Cair PT XYZ. Jurnal Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Patton, E. Dorothy, Ph.D. (1992). Framework for Ecological Risk Assessment. Washington, DC : US. Environmental Protection Agency
- Puspitasari, N. B., & Martanto, A. (2014). Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin). *J@TI Undip*, 9, 93-98.
- Rahmat, D. (2014). Analisis Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Pembersihan ESP Di Departement OLEO Chemical Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Root Cause Analysis (RCA). *Jurnal Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik*.
- Silviana, Safitri. 2009. Perencanaan Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah. UI Press : Jakarta.
- Simamora, Y. & Nani, K. (2007). Analisis Risiko Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pt Ajinomoto Berdasarkan Konsep Manajemen Risiko Lingkungan *Jurnal Jurusan Teknik Industri Istitut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Stamatis, D. H. 1995. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. Milwaukee :ASQC Quality Press
- Standards Australia. (1999). Risk Management AS/NZS 4360:1999. Standards Association of Australia, Strathfield NSW
- Stoklosa, R. (1997). Risk Assessment For Environmental management Of The Marine Environment. *The APPEA Journal*, 38 (1), 715-723
- Surya, E., Syahputra, E and Juniati, N. 2018. Effect of Problem Based Learning Toward Mathematical Communication Ability and Self- Regulation Learning. Vol. 9, No. 6: International Intitute for Science Technology and Education.
- Tarwaka, Bakri, S. & Sudiajeng, L. (2004). Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas. Surakarta: UNIBA PRESS.
- Waluyo, L. 2010. Teknik dan Metode dasar Dalam Mikrobiologi. UMM Press, Malang.
- Yulyati, S., Nani, K. (2018). Analisis Risiko Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Ajinomoto Berdasarkan Konsep Manajemen Risiko Lingkungan. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya*.
- Khasanah, S., Mahbubah, N., & Hidayat, H. (2021). Deteksi Defect Proses Produksi Sarung Menggunakan ATBM Berbasis Metode Failure Mode and Effect Analysis. *JATI EMAS (Jurnal Aplikasi Teknik Dan Pengabdian Masyarakat)*, 5(3), 143-150. doi:10.36339/je.v5i3.502



