

PENERAPAN METODE *FAILURE MODE, EFFECT and CRITICALITY ANALYSIS* (FMECA) PADA REM MEKANIK SUB KOMPONEN ALAT ANGKUT KONVEYOR REL

Dewi Mulyasari Sumarta¹, I Wayan Suweca², Rachman Setiawan³
Universitas Pasundan¹, Institut Teknologi Bandung², Institut Teknologi Bandung³
Jl. DR. Setiabudi No.193 Bandung
ai_sumarta@yahoo.com¹

Abstrak

Pengertian dari FMECA (*Failure Mode Effect and Criticality Analysis*) adalah suatu metode untuk mengevaluasi ataupun mendesain dari komponen pada suatu sistem dengan cara meneliti potensi modus kegagalannya untuk menentukan dampak yang akan terjadi pada komponen atau sistem kerja. Setiap potensi dari suatu modus kegagalan diklasifikasikan berdasarkan dampak yang dapat ditimbulkan pada keberhasilan sistem tersebut ataupun pada keselamatan pengguna dan peralatan, sehingga dapat diketahui kemungkinan kondisi paling kritis pada komponen yang akan terjadi.

Alat transportasi batubara yang terbaru dengan rangkaian gerbong yang digerakkan oleh sistem penggerak luar yaitu konveyor rel. Dalam aplikasinya yang akan digunakan untuk mengangkut batubara di area tambang dari sebuah perusahaan tambang nasional dengan jarak antara *loading station* dan *unloading station* sekitar 2,3 km. Konveyor rel terdiri dari 8 sub sistem, salah satunya adalah *drive station* yang merupakan komponen penggerak dari Konveyor rel yang dipasang pada lokasi-lokasi tertentu. *Drive Station* sendiri terdiri dari 5 komponen utama, yaitu panel daya listrik, sistem kontrol, unit penggerak, mekanisme pendorong dan rem mekanik. Rem mekanik sebagai komponen utama diharapkan memiliki sub komponen yang memadai. Untuk itu, jurnal ini akan membahas nilai kekritisitas pada setiap sub komponen dari rem mekanik dengan menggunakan pendekatan FMECA.

Pengumpulan data sebagai awal dari analisis dimulai dengan rancangan dasar dan cara kerja komponen-komponen utama. Tahap selanjutnya adalah penerapan metode FMECA, yang menggabungkan prosedur FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan CA (*Criticality Analysis*). Prosedur FMEA terdiri dari penentuan sistem yang akan dianalisis, membuat diagram blok fungsi sistem, mengidentifikasi modus-modus kegagalan dan mengidentifikasi effect yang ditimbulkan oleh modus kegagalan tersebut. Sedangkan prosedur CA terdiri dari dua prosedur, yaitu perhitungan nilai kekritisitas dan melakukan pemeringkatan berdasarkan modus kegagalan. Hasil analisis dari 6 sub komponen dari komponen rem mekanik, didapatkan 1 sub komponen yang memiliki nilai kekritisitas tertinggi, yaitu pompa rem mekanik dengan nilai kekritisitas sebesar 0,633.

Kata kunci :

Konveyor rel, *Drive Station*, FMECA, FMEA, CA.

Abstract

Understanding of FMECA (*Failure Mode Effect and Critical Analysis*) is a method for evaluating or designing components on a system by examining the potential of Failure Mode to determine the impact that will occur on components or work systems. Every potential of a failure mode is classified based on the impact that can be caused on the success of the system or on the safety of users and equipment, so that the most critical possible conditions in the component will be known.

The latest coal transportation with railway coach and driven by an external drive system, rail conveyors. In the application that will be used to transport coal in the mine area from a national mining company with a distance between loading station and unloading station around 2.3 km. Rail conveyors consist of 8 sub-systems, one of the sub-system is a drive station which is a driving component of rail conveyors installed in certain locations. The Drive Station itself consists of 5 main components, namely the electric power panel, control system, drive unit, driving mechanism and mechanical brake. Mechanical brakes as the main component are expected to have adequate sub-components. For this reason, this journal will discuss the critical value of each sub-component of a mechanical brake using the FMECA approach. Data collection as the beginning of the analysis begins with the basic design and workings of the main components. The next stage is the application of the FMECA method, which combines the procedures of FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) and CA (*Critical Analysis*). The FMEA procedure consists of determining the system to be analyzed, making block diagrams of system functions, identifying failure modes and identifying the effects caused by the failure mode. While the CA procedure consists of two procedures, namely the calculation of critical values and ranking according to failure mode. The results of the analysis of 6 sub-components of the mechanical brake component, obtained 1 sub-component that has the highest critical value, namely the pump with a critical value of 0.633.

Keywords : Konveyor rel, *Drive Station*, FMECA, FMEA, CA.

I. Pendahuluan

Konveyor rel adalah alat transportasi batubara terbaru dan masih jarang digunakan. Untuk tujuan komersial, pertama dibangun pada tahun 2005 yang berlokasi di Afrika Selatan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh *Florida Institute of Phosphate*

Research dan Coaltech Transport Investigation, saat ini Konveyor rel merupakan moda transportasi batubara paling ekonomis [1,2], dengan biaya angkut per ton per kmnya paling rendah, yaitu 350 rupiah, sedangkan bila dibandingkan dengan yang lain seperti

misalnya *Road Train*, biaya angkut per ton per km mencapai 1400 rupiah.

Konveyor rel memiliki 8 sub sistem, diantaranya adalah *loading station*, *coal wagon* (gerbong), *unloading station*, *drive station*, *main rel*, *covering system*, sistem kontrol dan elektrik serta sistem keamanan. Dari delapan sub sistem tersebut yang memiliki konstruksi dan cara kerja paling kompleks adalah *drive station*. Sedangkan *drive station* sendiri terdiri dari 5 komponen utama, yaitu panel daya listrik, sistem kontrol, unit penggerak, mekanisme pendorong dan rem mekanik. Rem mekanik sebagai komponen utama diharapkan memiliki sub komponen yang memadai. maka diperlukan analisis yang mendalam pada sub sistem ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung nilai kekritisitas dan melakukan perengkingan berdasarkan modus kegagalan terhadap sub komponen dari komponen rem mekanik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. DATA dan INFORMASI

Lokasi yang akan dibangun untuk sistem Konveyor rel yaitu daerah Bangko Barat Sumatera Selatan, dengan material curah yang akan diangkut adalah batubara. Jarak lintasan dari *loading station* menuju *unloading station* kurang lebih 2,3 km. Sedangkan waktu kerja dari Konveyor rel adalah 18 jam /hari dengan umur sistem dirancang 20 tahun.

B. LANDASAN TEORI

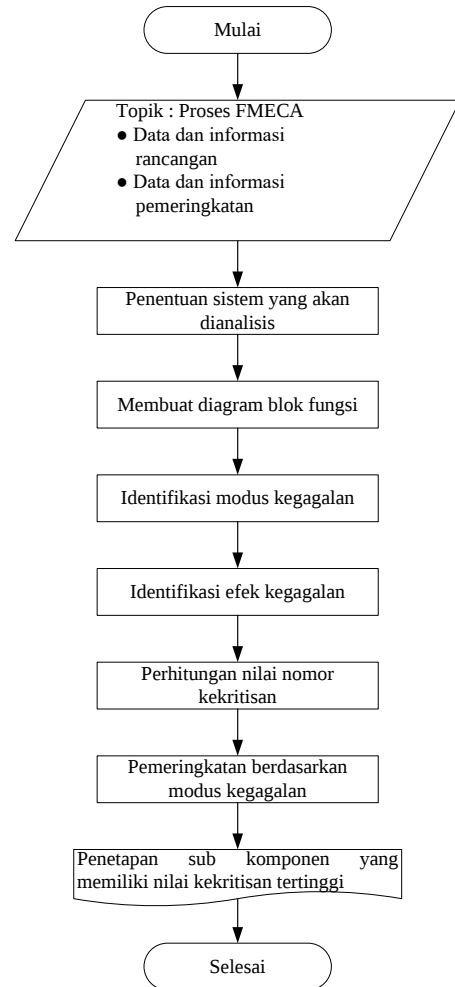
Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis* (FMECA), yaitu suatu teknik untuk mengevaluasi ataupun mendesain keandalan dari komponen pada suatu sistem dengan cara meneliti potensi modus kegagalannya untuk menentukan dampak yang ditimbulkan, baik dari keberhasilan sistem tersebut ataupun keselamatan pengguna dan peralatan, sehingga dapat diketahui kemungkinan kondisi paling kritis pada komponen-komponen tersebut [3].

FMECA terdiri dari dua metode analisa yang terpisah [4], yaitu :

1. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yang terdiri dari empat tahap, yaitu
 - Menentukan sistem yang akan dianalisis
 - Membuat blok fungsi diagram
 - Mengidentifikasi modus kegagalan
 - Mengidentifikasi efek kegagalan
2. *Criticality Analysis* (CA), yang terdiri dari dua tahap, yaitu :
 - Perhitungan nilai kekritisitas
 - Pemeringkatan setiap modus kegagalan

III. ANALISIS PERANCANGAN

Analisis perancangan yang digunakan sesuai dengan landasan teori yang telah dijelaskan di atas, dengan metode penelitian sebagai berikut :

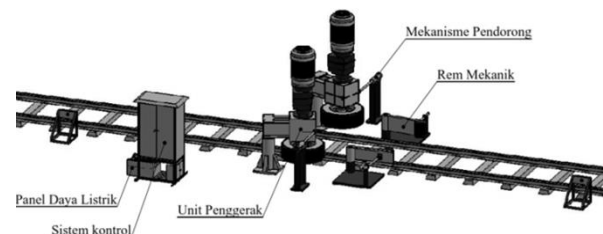


Gambar 1. Metodologi Penelitian

A. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

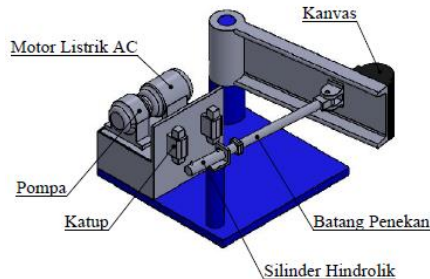
Prosedur FMEA yang terdiri dari empat tahap, yaitu :

1. Menentukan Sistem Yang Akan di Analisis



Gambar 2. Drive Station Berdasarkan Komponen Utama

Pendekatan pada sistem ini adalah pendekatan fungsional, yaitu pendekatan yang dilakukan tidak sampai dengan part terkecil. Sedangkan sistem yang dianalisis adalah sub komponen rem mekanik pada Konveyor Rel yang menggunakan motor listrik AC dengan daya 74 kW. Gambar 2 memperlihatkan konveyor rel yang terdiri dari lima komponen utama dan gambar 3 memperlihatkan komponen rem mekanik yang terdiri dari enam sub komponen.



Gambar 3. Sub komponen dari Rem Mekanik

2. Diagram Blok Fungsi

Diagram blok fungsi di buat untuk memperlihatkan keterkaitan fungsi dari suatu komponen ke komponen yang lainnya dan atau dari suatu sub komponen ke sub komponen yang lainnya.

Sebelum membuat diagram blok fungsi, sebaiknya terlebih dahulu melakukan pengkodean untuk setiap modus kegagalan pada komponen dan sub komponen dari *drive station*.

Berikut adalah diagram blok fungsi dari sub komponen rem mekanik.



Gambar 4. Diagram blok fungsi rem mekanik

3. Identifikasi Modus Kegagalan

Modus kegagalan adalah kemungkinan kegagalan pada setiap sub komponen rem mekanik, misalnya untuk sub komponen motor listrik yang memiliki fungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka kemungkinan kegagalannya adalah kumparan terbakar, bantalan rusak, input tegangan kurang, dan *shut down*.

Tabel I. Tabel Pengkodean, Fungsi dan Modus Kegagalan

KODE SUB KOMPONEN	NAMA SUB KOMPONEN	FUNGSI	KODE MK	MODUS KEGAGALAN (MK)
DS451	MOTOR LISTRIK AC	Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik	DS451a	Kumparan terbakar
			DS451b	Bearing rusak
			DS451c	Input tegangan kurang
			DS451d	Shut down

4. Identifikasi Efek Kegagalan

Identifikasi efek kegagalan adalah kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi pada setiap modus kegagalan dari masing masing sub komponen rem mekanik.

Pada tabel 2 dicontohkan, misalnya motor listrik yang mempunyai modus kegagalan kumparan terbakar, efek yang ditimbulkannya adalah motor listrik mati atau *shut down*, maka rem mekanik menjadi tidak berfungsi dan performa dari konveyor rel menurun.

Tabel II. Tabel Efek Kegagalan

KODE SUB KOMPONEN	NAMA SUB KOMPONEN	EFEK MODUS KEGAGALAN		
		EFEK LOKAL (SUB KOMPONEN)	EFEK SELANJUTNYA (KOMPONEN)	EFEK AKHIR (SUB SISTEM)
DS451	MOTOR LISTRIK AC	Shut down	Rem mekanik tidak berfungsi	Performa drive station menurun
		Suara berisik	Menimbulkan getaran dan kerusakan pada komponen lain	Performa rem menurun, drive station masih berfungsi
		Motor panas		
		Torsi motor menurun	Menimbulkan kerusakan pada komponen lain	Performa rem menurun, drive station masih berfungsi
		Motor menjadi terbakar		
		Shut down	Rem mekanik tidak berfungsi	Rem mekanik tidak berfungsi, performa drive station menurun

B. Criticality Analysis (CA)

Prosedur CA terdiri dari dua tahap, yaitu perhitungan nilai kekritisan dan pemeringkatan setiap modus kegagalan.

1. Perhitungan Nilai Kekritisan

Perhitungan nilai kekritisan ini terdiri dari lima tahap, yaitu :

- Penentuan Rasio Modus Kegagalan α**
Rasio modus kegagalan adalah nilai kemungkinan kegagalan yang sudah dinormalisasikan sedangkan nilainya didapatkan dari litelatur. Jika data tidak tersedia pada litelatur, maka penentuan nilai α berdasarkan modus kegagalan yang sering muncul.
- Penentuan Rasio Efek Kegagalan β**
Rasio efek kegagalan adalah nilai kemungkinan efek kegagalan berdasarkan modus kegagalan dan nilainya didapatkan dari tabel yang terdapat pada litelatur. Tabel penentuan nilai efek kegagalan adalah sbb :

Tabel III. Tabel Penentuan Efek Kegagalan

FAILURE EFFECT	NILAI β
Benar benar rusak	1.00
Pasti akan rusak	> 0.10 sampai < 1.00
Mungkin akan rusak	> 0 sampai 0.10
Tidak ada effect	0

- **Penentuan Laju Kegagalan λp**

Laju kegagalan adalah jumlah kegagalan dalam rentan waktu tertentu sedangkan nilainya didapatkan dari litelatur [5] yang ada. Jika data tidak tersedia pada litelatur, maka ada dua proses yang harus dilakukan, yang pertama pengasumsian nilai keandalan (R) dan selanjutnya adalah perhitungan laju kegagalan. Perhitungan laju kegagalan (λp) dapat dihitung menggunakan persamaan $R = \exp^{-\lambda p \cdot t}$. Sedangkan jika ingin mendapatkan nilai laju kegagalan untuk setiap modulus kegagalan, maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut $\lambda m = \lambda p \cdot \alpha$.

- **Penentuan Waktu Observasi t**

Waktu observasi dihitung berdasarkan waktu operasi *drive station* selama 1 tahun, yaitu 903 jam.

- **Perhitungan Nilai Kekritisian**

Nilai kekritisian untuk setiap modulus kegagalan dihitung menggunakan persamaan $C_m = \alpha \cdot \beta \cdot \lambda p \cdot t$, sedangkan untuk nilai kekritisian setiap sub komponen persamaan menjadi $C_r = \sum C_m$.

Tabel IV. Nilai kekritisian dari setiap sub komponen rem mekanik

KODE SUB KOMPONEN	NILAI KEKRITISIAN
DS451	0,00469
DS452	0,633
DS453	0,0141
DS454	0,00469
DS455	0,0001
DS456	0,007

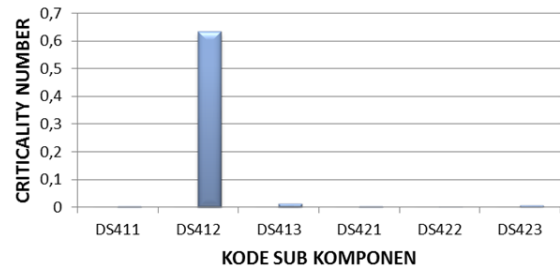
2. Pemeringkatan Setiap Modus Kegagalan

Setelah melakukan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan di atas, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemeringkatan.

Pemeringkatan dilakukan pada setiap modulus kegagalan dari sub komponen rem mekanik, yaitu mengurutkan nilai kekritisian dari yang terbesar sampai dengan yang terkecil atau sebaliknya.

Berikut adalah grafik nilai kekritisian dari sub komponen rem mekanik.

GRAFIK CRITICALITY NUMBER SETIAP SUB KOMPONEN



Gambar 5. Nilai kekritisian untuk masing-masing sub komponen rem mekanik

3. Hasil Analisis

Dari penentuan, perhitungan dan pemeringkatan berdasarkan nilai kekritisian sub komponen rem mekanik untuk setiap modulus kegagalan, maka didapatkan sub komponen rem mekanik yang memiliki nilai kekritisian tertinggi, yaitu pompa rem mekanik, dengan permasalahan bocor dan nilai kekritisian sebesar 0,633.

IV. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pemeringkatan diperoleh sub komponen rem mekanik yang memiliki nilai kekritisian yang tinggi. Dengan nilai kekritisian yang tinggi pada sub komponen rem mekanik tersebut, maka diperlukan perhatian yang lebih, seperti pemeriksaan rutin dan perawatan berkala, sehingga umur dari sub komponen tersebut dapat diketahui sebelum sebuah sistem dinyatakan *shutdown*.

Referensi

- [1] Crickmay & Associates (Pty) Ltd., Coal Transport Investigation, COALTECH, 2009.
- [2] R.Barnard, Coal Transport Investigation, dipresentasikan pada Coaltech Annual Colloquium, 28 Agustus 2009.
- [3] ARMY, (2006). *Failure Modes, Effect and Criticality Analysis (FMECA) For Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR)*. Washington.
- [4] RAC. (1993). *FMECA*. New York.
- [5] E.Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. United States of Amerika.