

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1.POMPA

Pengertian Pompa

Definisi pompa menurut Sularso , & Tohar. (1985) . Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan adalah suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain, melalui suatu media pipa dengan cara menambahkan energi pada fluida cair tersebut secara terus menerus. Energi tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek. .

Pada sisi hisap (*suction*) elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Akibatnya fluida akan mengalir ke ruang pompa. Oleh elemen pompa fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam saluran tekan (*discharge*) melalui lubang tekan. Proses kerja ini akan berlangsung terus selama pompa beroperasi. Perpindahan zat cair dapat terjadi menurut arah komponen-komponen secara mendatar maupun tegak. Perpindahan zat cair yang menurut arah mendatar, maka hambatan terdiri dari gesekan-gesekan di dalam pipa (*friksi*) dan pusaran (*turbulensi*) aliran. Pada perpindahan zat cair yang tegak lurus yang diakibatkan karena adanya perbedaan tinggi antara permukaan isap dan permukaan tekan, maka hambatan-hambatannya harus diatasi.

2.1.1.Klasifikasi Pompa

Berdasarkan cara permindahan dan pemberian energi pada fluida pompa dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu:

2.1.1.a. Pompa Pemindah Positif (*Positive Displacement Pump*)

Pompa pemindah positif ini adalah pompa dengan ruangan kerja yang secara periodik berubah dari besar menjadi kecil atau sebaliknya dari kecil menjadi besar, selama pompa bekerja. Energi yang diberikan pada cairan adalah energi potensial, sehingga fluida berpindah volume per volume.

Secara umum pompa kerja positif diklasifikasikan menjadi:

1. *Reciprocating Pump (Piston dan Plunger)*

Pompa *reciprocating* adalah pompa yang bekerja dengan mengubah energi mekanik dari penggerak pompa menjadi energi aliran dari cairan yang dipompa dengan menggunakan elemen yang bergerak bolak-balik di dalam silinder. Elemen yang bergerak bolak-balik itu dapat berupa *piston* atau *plunger*. Ketika volume silinder membesar akibat gerakan *piston* atau *plunger* maka tekanan dalam silinder akan turun dan relatif lebih kecil dari tekanan pada sisi isap, sehingga fluida pada sisi isap akan masuk ke dalam pompa.

Sebaliknya ketika volume silinder mengecil akibat gerakan *piston* atau *plunger* maka tekanan dalam silinder akan naik sehingga fluida akan tertekan ke luar. Pompa *reciprocating* mempunyai tekanan yang tinggi sehingga mampu melayani sistem dengan *head* yang tinggi. Namun kapasitas pompa ini biasanya rendah.

Tekanan yang dihasilkan tidak tergantung pada kapasitas tetapi tergantung pada daya penggerak dan kekuatan bahan. Pompa ini juga dapat bekerja pada pengisapan kering. Kekurangan pompa *reciprocating* adalah alirannya tidak kontinyu dan tidak *steady* yang disebabkan adanya gaya *inersia* akibat gerakan bolak-balik oleh piston atau plunger.

2. *Rotary Pump (Pompa Rotari)*

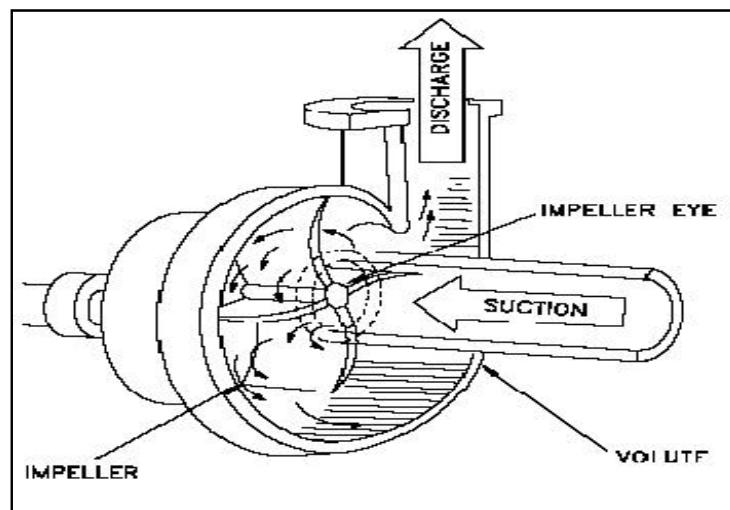
Pompa rotari adalah pompa perpindahan positif dimana energi mekanis ditransmisikan dari mesin penggerak ke cairan dengan menggunakan elemen yang berputar (*rotor*) di dalam rumah pompa (*casing*). Pada waktu rotor berputar di dalam rumah pompa, akan terbentuk kantong-kantong yang mula-mula volumenya besar (pada sisi isap) kemudian volumenya berkurang (pada sisi tekan) sehingga fluida akan tertekan keluar. Pada Gambar di bawah dapat dilihat jenis-jenis pompa rotari.

Pompa rotari banyak digunakan pada pemompaan cairan yang viskositasnya lebih tinggi dari air. Keuntungan lain adalah aliran yang dihasilkan hampir merata (*uniform*), karena putaran rotor relatif konstan.

2.1.1.b. Pompa Pemindah Tidak positif (*Non Positive Displacement Pump*)

Pompa pemindah non positif adalah suatu pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja. Pada pompa ini energi mekanik diubah menjadi energi kinetik pada fluida cair, yang kemudian diubah menjadi energi potensial pada rumah pompa, sehingga fluida cair yang keluar dari pompa berlangsung secara kontinu. Pada pompa sentrifugal, energi penggerak dari luar diberikan kepada poros yang kemudian digunakan untuk menggerakkan baling-baling yang disebut impeler. Impeler memutar cairan yang masuk ke dalam pompa sehingga mengakibatkan energi tekanan dan energi kinetik cairan bertambah. Cairan akan terlempar ke luar akibat gaya sentrifugal yang ditimbulkan gerakan impeler.

Cairan yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) dikelilingi impeler dan disalurkan ke luar pompa melalui difuser. Di dalam difuser ini sebagian energi kecepatan akan diubah menjadi energi tekanan, seperti terlihat pada gambar .



Gambar 2.1 *Non Positive Displacement Pump*

Sumber: <http://rizka-45-teknika.blogspot.com/2011/12/jenis-jenis-pompa.html>

Sentrifugal yang Sering Dijumpai di Industri

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang paling banyak digunakan karena mempunyai bentuk yang sederhana dan harga yang relatif murah.

Berikut ini adalah beberapa keuntungan pompa sentrifugal dibandingkan jenis pompa perpindahan positif.

1. Gerakan impeler yang kontinyu menyebabkan aliran lunak.
2. Kehandalan operasi tinggi disebabkan gerakan elemen yang sederhana dan tidak adanya katup-katup
3. Kemampuan untuk beroperasi pada putaran tinggi, sehingga dapat dikopel dengan motor listrik, motor bakar atau turbin uap
4. Ukuran kecil sehingga hanya membutuhkan ruang yang kecil, lebih ringan dan biaya instalasi murah .
5. Harga dan biaya perawatan murah Berdasarkan kontruksi rumah pompa atau *casing*-nya maka Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. *Single Volute Pump*
- b. *Double Volute Pump*

Jika ditinjau dari konstruksi impelernya, maka pompa sentrifugal dikelompokkan lagi menjadi:

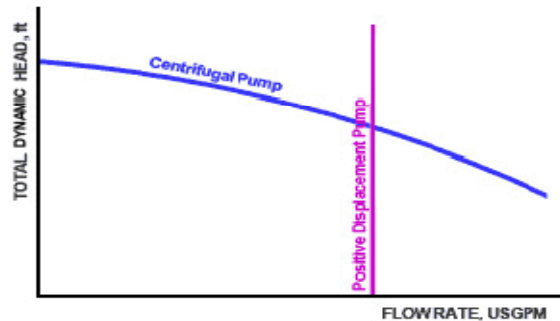
- a. Terbuka (*open type impeller*)
- b. Sebagian Terbuka (*semi open type impeller*)
- c.) Tertutup (*closed type impeller*)



Gambar 2.2 Type impeller

Sumber <http://shelf3d.com/Search/impeller>

Perbedaan dasar antara pompa sentrifugal dan pompa *positive displacement* terletak pada laju alir *discharge* yang dihasilkan oleh pompa. Laju aliran pada *discharge* pompa sentrifugal bervariasi bergantung pada besarnya *head* atau tekanan, sedangkan laju alir *discharge* pompa *positive displacement* adalah tetap dan tidak bergantung pada *head*-nya.



Gambar 2.3 Grafik *Sentrifugal vs Positive Displacement*

Sumber <http://majarimagazine.com/2008/05/dasar-dasar-pompa-sentrifugal-bagian-1/>

Konstruksi Pompa *Sentrifugal*

Pada dasarnya konstruksi pompa sentrifugal memiliki kesamaan antara yang satu dengan yang lain, yang membedakannya adalah ukuran dan jumlah *part* atau komponen di dalam. Namun secara umum, perangkat sebuah pompa sentrifugal memiliki komponen sebagai berikut:

1. Komponen Statik/ diam

Komponen statik/ diam terdiri dari :

a. *Casing* / rumah

Cassing merupakan tempat kedudukan dari *part* berputar pada pompa. Di dalam *casing* ini akan dipasang *impeller*, *shaft*, dan perangkat lainnya. *Casing* merupakan komponen pengarah aliran fluida yang ditekan oleh *impeller*.

b. *Bearing* / bantalan

Bagian ini berfungsi menahan beban *bending* dan torsi dari poros.

c. *Frame* / rangka

Bagian ini gunanya sebagai tempat bertumpu bantalan dan badan pompa.

d. *Packing* / gasket

Sebagai pencegah atau penahan kebocoran pompa.

e. *Gland packing*

Part ini, berfungsi untuk mengatur posisi dan tekanan *packing* di dalam *stuffing box*.

f. *Stuffing box*

Bagian ini berfungsi sebagai tempat dudukan *packing*.

g. *Wearing sleeve*

Wearing berfungsi sebagai pengatur *clearance* antara impeler dan *casing*.

2. Komponen Bergerak/ *Rotating Part*

a. Impeller

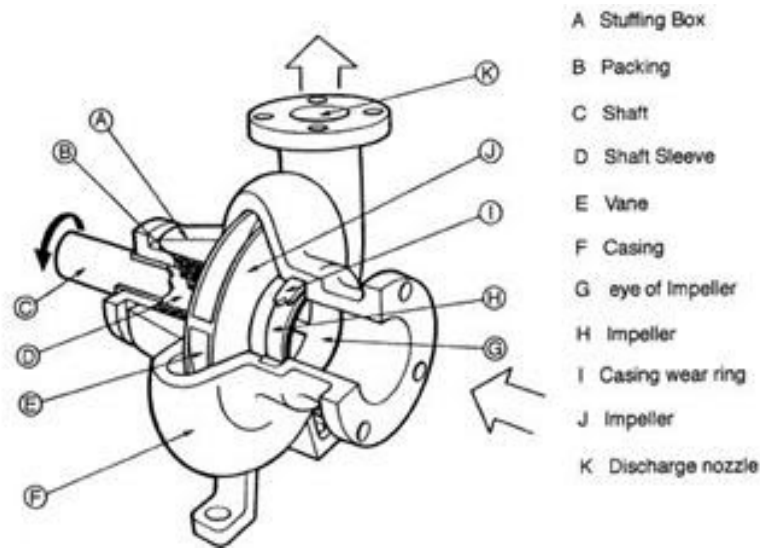
Impeler memiliki peranan yang sangat penting pada sebuah konstruksi pompa. Bagian ini yang berfungsi mengubah energi putaran poros menjadi energi tekan pada fluida. Fluida mengalir melalui sudu pada impeler, gaya sentrifugal akibat putaran dari impeler akan melemparkan fluida dengan energi tekan fluida berupa *head* yang sangat besar.

b. *Shaft* / Poros

Poros pada pompa berperan sebagai komponen yang mentransmisikan daya dari motor ke pompa untuk diubah menjadi energi kinetik dan tekanan pada fluida melalui *impeller* dan sudu-sudu pada *casing*.

c. *Shaft sleeve*

Bagian ini fungsinya melindungi poros pada *stuffing box*. Bagian-bagian Utama Pompa Sentrifugal dapat dilihat seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.4 Pompa Centrifugal

Sumber

<http://ridomanik.blogspot.com/2013/06/prinsip-kerja-pompa-sentrifugal.html>

2.2. Metode FMEA

Menurut sumber <http://qualityengineering.wordpress.com/tag/fmea>, definisi *Failure Mode and Effect Analysis* adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

Secara umum, *Failure Modes and Effect Analysis* didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

1. Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya.
2. Efek dari kegagalan tersebut.
3. Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

FMEA merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa keandalan suatu sistem dan penyebab kegagalannya untuk mencapai persyaratan keandalan dan keamanan sistem, desain dan proses dengan memberikan informasi dasar mengenai prediksi keandalan sistem, desain, dan proses. Terdapat lima tipe FMEA yang bisa diterapkan dalam sebuah industri manufaktur, yaitu :

1. *System*, berfokus pada fungsi sistem secara global
2. *Design*, berfokus pada desain produk
3. *Process*, berfokus pada proses produksi, dan perakitan
4. *Service*, berfokus pada fungsi jasa
5. *Software*, berfokus pada fungsi *software*

Berikut ini adalah tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA:

1. Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya.
2. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
3. Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses
4. Untuk membantu fokus engineer dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

Dari penerapan FMEA pada perusahaan, maka akan dapat diperoleh keuntungan – keuntungan yang sangat bermanfaat untuk perusahaan, antara lain:

1. Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk.
2. Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan.
3. Meningkatkan citra baik dan daya saing perusahaan.
4. Mengurangi waktu dan biaya pengembangan produk.
5. Memperkirakan tindakan dan dokumen yang dapat mengurangi resiko.
6. Membantu menganalisis proses manufaktur baru.
7. Meningkatkan pemahaman bahwa kegagalan potensial pada proses manufaktur harus dipertimbangkan.

8. Mengidentifikasi deefisiensi proses, sehingga para *engineer* dapat berfokus pada pengendalian untuk mengurangi munculnya produksi yang menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan yang diinginkan atau pada metode untuk meningkatkan deteksi pada produk yang tidak sesuai tersebut.
9. Menetapkan prioritas untuk tindakan perbaikan pada proses.
10. Menyediakan dokumen yang lengkap tentang perubahan proses untuk memandu pengembangan proses manufaktur atau perakitan di masa datang.

Output dari *Process* FMEA adalah:

1. Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
2. Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.
3. Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

FMEA merupakan dokumen yang berkembang terus. Semua pembaharuan dan perubahan siklus pengembangan produk dibuat untuk produk atau proses. Perubahan ini dapat dan sering digunakan untuk mengenal mode kegagalan baru. Mengulas dan memperbaharui FMEA adalah penting terutama ketika:

1. Produk atau proses baru diperkenalkan.
2. Perubahan dibuat pada kondisi operasi produk atau proses diharapkan berfungsi.
3. Perubahan dibuat pada produk atau proses (dimana produk atau proses berhubungan).
Jika desain produk dirubah, maka proses terpengaruh begitu juga sebaliknya.
4. Konsumen memberikan indikasi masalah pada produk atau proses.

Setelah di ketahui penyebab kegagalan potensial dari suatu kerusakan peralatan dari metode FMEA selanjutnya untuk melihat prioritas resiko keparahan atau RPN maka harus mencari nilai dari **Saverity (tingkat keparahan), Occurrence (tingkat kemungkinan kejadian) & Detection (Deteksi).**

2.3. Saverity (tingkat keparahan)

Tingkat keparahan adalah perkiraan subjektif numerik dari seberapa parah pelanggan (pengguna berikutnya) atau pengguna akhir yang akan merasakan EFEK kegagalan.

Tabel 2.3 Saverity (tingkat keparahan)

Rangking	Kriteria
1	Negligible severity (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini
2 3	Mild severity (pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler.
4 5 6	Moderate severity (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat.
7 8	High severity (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akan merasakan akibat buruk yang akan diterima, berada diluar batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan sangat mahal.
9 10	Potential safety problems (masalah keamanan potensial). Akibat yang di timbulkan sangat berbahaya dan berpengaruh terhadap keselamatan pengguna. Bertentangan dengan hukum.

Sumber : (Gasperz, 2002)

2.4. Occurrence (tingkat kemungkinan kejadian)

Tingkat waktu atau kemungkinan terjadinya kadang-kadang disebut, adalah estimasi subjektif numerik dari kemungkinan yang menyebabkan, jika terjadi, akan menghasilkan failure mode dan efek khususnya.

Tabel 2.4 Occurrence (tingkat kemungkinan kejadian)

Degree	Berdasarkan pada frekuensi kejadian	rating
Remote	0,01 per 1000 item	1
Low	0,1 per 1000 item	2
	0,5 per 1000 item	3
Moderate	1 per 1000 item	4
	2 per 1000 item	5
	5 per 1000 item	6
High	10 per 1000 item	7
	20 per 1000 item	8
Very High	50 per 1000 item	9
	100 per 1000 item	10

Sumber : (Gasperz, 2002)

2.5. Detection (Deteksi).

Deteksi kadang-kadang disebut efektifitas. Ini adalah perkiraan subjektif numerik efektifitas kontrol untuk mencegah atau mendeteksi penyebab atau failure mode sebelum kegagalan mencapai pelanggan. Asumsinya adalah yang menyebabkan telah terjadi.

Tabel 2.5 Detection (Deteksi).

Rating	Kriteria	Berdasarkan pada frekuensi kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada	0,01 per 1000 item

	kesempatan bahwa penyebab muncul	
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah	0,1 per 1000 item
3		0,5 per 1000 item
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi	1 per 1000 item
5		2 per 1000 item
6		5 per 1000 item
7	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif, penyebab masih berulang kembali	10 per 1000 item
8		20 per 1000 item
9	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.	50 per 1000 item
10		100 per 1000 item

Sumber : (Gasperz, 2002)

2.6. Perhitungan RPN (Risk Priority Number)

Menurut kutipan artikel di <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7134-2502109025-bab2.pdf>, untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka harus terlebih dahulu mendefinisikan tentang Severity, Occurrence, Detection yang hasil akhirnya berupa RPN (Risk Priority Number)

Perhitungan RPN (Risk Priority Number) dari hasil FMEA:

$$S \times O \times D = RPN$$

Menyediakan pendekatan evaluasi alternatif untuk Analisis Kekritisian. Jumlah prioritas risiko memberikan perkiraan numerik kualitatif risiko desain.

RPN didefinisikan sebagai produk dari tiga faktor independen dinilai :

1. **S= Saverity** (tingkat keparahan)
2. **O= Occurrence** (tingkat kejadian)
3. **D= Detection** (Deteksi).

Rumus :

$$\mathbf{RPN = (S) * (O) * (D)}$$

Risk Priority Number (RPN) adalah ukuran yang digunakan ketika menilai risiko untuk membantu mengidentifikasi "*critical failure modes*" terkait dengan desain atau proses. Nilai RPN berkisar dari 1 (terbaik mutlak) hingga 1000 (absolut terburuk). RPN FMEA adalah umum digunakan dalam industri dan agak mirip dengan nomor kekritisian yang digunakan. Dari hasil RPN tertinggi yaitu kerusakan shaft maka untuk mencari penyebab yang paling dominan terhadap gangguan pada shaft dengan menggunakan metode Root Cause Analysis.

2.7. ROOT CAUSE ANALYSIS

Definisi *Root Cause Analysis* menurut artikel pada <http://shiftindonesia.com/lean-six-sigmamengidentifikasi-akar-masalah-dalam-sistem-dan-proses-dengan-metode-root-cause-analysis-rca/> adalah tool yang populer digunakan oleh perusahaan yang menjalankan Lean Six Sigma . RCA adalah salah satu alat yang digunakan dalam inisiatif problem solving; untuk membantu tim menemukan akar penyebab (*root cause*) dari masalah yang kini sedang dihadapi. Melakukan Root Cause Analysis untuk membantu tim menemukan jawaban mengapa masalah yang spesifik bisa timbul dalam proses , RCA dapat dijalankan dalam 5 langkah berikut:

Langkah 1 – Definisikan Masalah

- Masalah apa yang sedang terjadi pada saat ini?
- Jelaskan simptom yang spesifik, yang menandakan adanya masalah tersebut!

Langkah 2 – Kumpulkan Data

- Apakah memiliki bukti yang menyatakan bahwa masalah memang benar ada?
- Sudah berapa lama masalah tersebut ada?
- *Impact* apa yang dirasakan dengan adanya masalah tersebut?

Dalam tahap ini, harus dilakukan analisa mendalam sebelum melangkah untuk melihat faktor-faktor yang berperan dalam timbulnya masalah. Untuk membuat Root Cause Analysis yang berjalan efektif, kumpulkanlah perwakilan-perwakilan dari setiap departemen yang terlibat (mulai dari staf ahli hingga staf garda depan), yang memahami situasinya. Orang-orang yang memang familiar dengan masalah tersebutlah yang mampu membantu mendapat pemahaman akan situasi saat ini.

Langkah 3 – Identifikasi Penyebab yang Mungkin

- Jabarkan urutan kejadian yang mengarah kepada masalah!
- Pada kondisi seperti apa masalah tersebut terjadi?
- Adakah masalah-masalah lain yang muncul seiring/mengikuti kemunculan masalah utama?

Dalam tahap ini, lakukan identifikasi sebanyak mungkin penyebab masalah yang bisa di pikirkan bersama. Dalam banyak kasus, orang akan mengidentifikasi satu atau dua faktor kausal, lalu berhenti. Padahal satu atau dua itu belum cukup untuk menemukan akar masalah yang sebenarnya. RCA dilakukan bukan hanya untuk menghilangkan satu dua masalah di permukaan. RCA akan membantu menggali lebih dalam dan menghilangkan akar dari keseluruhan masalah.

Gunakan beberapa *tool* berikut untuk membantu menemukan faktor-faktor kausal dari masalah:

- Analisa “5-Whys” – Tanyakan “mengapa?” berulang kali hingga menemukan jawaban paling dasar.
- Drill Down – Bagilah masalah hingga menjadi bagian-bagian kecil yang lebih detail untuk memahami gambaran besarnya.
- Apresiasi – Jabarkan fakta-fakta yang ada dan tanyakan “Lalu kenapa jika hal ini terjadi/tidak terjadi?” untuk menemukan konsekuensi yang paling mungkin dari fakta-fakta tersebut.

- Diagram sebab-akibat – Cause and Effect Diagram (Fishbone Diagram), berupa bagan yang menerangkan semua faktor penyebab yang mungkin untuk melihat dimana masalah pertama kali muncul.

Langkah 4 – Identifikasi Akar Masalah (Root Causes)

- Mengapa faktor kausal tersebut ada?
- Alasan apa yang benar-benar menjadi dasar kemunculan masalah?

Gunakan tool yang sama dengan yang digunakan dalam langkah 3 untuk mencari akar dari setiap faktor. Tools tersebut dirancang untuk mendorong anda dan tim menggali lebih dalam di setiap level penyebab dan efeknya.

Langkah 5 – Ajukan dan Implementasikan Solusi

- Apa yang bisa dilakukan untuk mencegah masalah muncul kembali?
- Bagaimana solusi yang telah dirumuskan dapat dijalankan?
- Siapa yang akan bertanggungjawab dalam implementasi solusi?
- Adakah resiko yang harus ditanggung ketika solusi diimplementasikan?

Analisa proses identifikasi *cause-effect* serta temukan kebutuhan akan perubahan dalam sistem yang lain. Hal lain yang juga sangat penting, lakukan prediksi dari efek yang akan terjadi dengan penerapan solusi. Dengan cara ini, kita dapat menghindari/menghilangkan masalah sebelum mereka muncul ke permukaan.

Salah satu cara untuk melakukannya adalah dengan menggunakan *tool Failure Mode and Effects Analysis*. *Tool* ini dibuat untuk menganalisa resiko untuk mengidentifikasi titik-titik potensial dimana kesalahan bisa terjadi. FMEA juga merupakan alat yang baik untuk diterapkan di seluruh organisasi karena makin banyak sistem yang diawali dengan FMEA, semakin sedikit masalah yang akan terjadi yang membutuhkan RCA di masa depan.

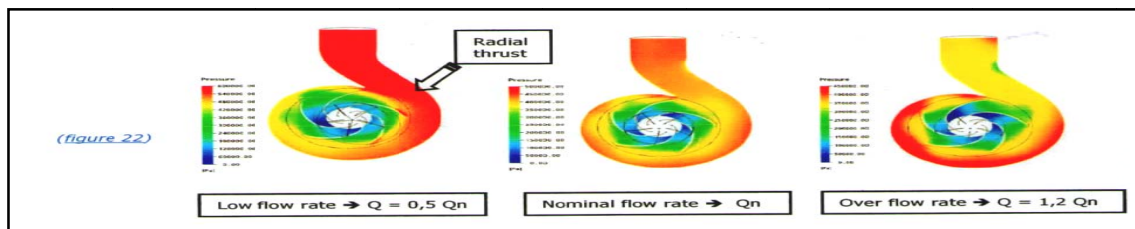
Tool lain yang berguna yaitu Kaizen. *Tool continuous improvement* ini akan membantu anda menciptakan perubahan-perubahan kecil yang bila dilakukan di banyak titik akan

meningkatkan kualitas sistem secara keseluruhan. Kaizen_sangat efektif untuk mengatasi masalah dalam proses karena dijalankan oleh orang-orang yang benar-benar terlibat dalam proses tersebut dalam keseharian. Dengan Kaizen, akar masalah akan dapat diidentifikasi dan diselesaikan dengan cepat dan efektif.

2.8. Penelitian yang pernah di lakukan sebelumnya

Penelitian oleh OEM (*Original Equipment Manufacture*) ENSIVAL Pump tahun 2009 :

Pemeriksaan patahan shaft Adanya axial crack dalam lubang mengindikasikan **mechanical fatigue** karena beban radial yang terus menerus di impeller. Permukaan patahan menunjukkan “patah karena torsi” .Torsi ini disebabkan kontak antara wear ring impeller dengan casing wear ring yang disebabkan shaft terdefleksi karena beban radial dan mechanical fatigue.



Gambar 2.7 Simulasi Fluida Dynamic

Sumber: Ensival Report Simulasi Fluida Dynamic

Kerja pompa tidak sesuai dengan duty point, flow pompa terlalu rendah.

Kondisi operasi terbaik pompa adalah jika dioperasikan pada best efficiency point (dengan flow **Qn** / sesuai design). Jika flow operasi tidak pada duty point tersebut (terlalu rendah atau tinggi) mengakibatkan terjadinya distribusi pressure tidak merata pada volute (dalam pompa). Untuk flow rendah, $Q < 0.5Q_n$, pressure tinggi di sisi discharge (warna merah) menimbulkan **gaya radial thrust** yang menyebabkan **shaft terdefleksi**.

Kesimpulan :

Shaft patah disebabkan beban radial terlalu tinggi.

Perlu perhatian :

1. Pengecekan apakah terjadi water hammer selama start dan stop
2. Pengecekan kekencangan wiring di terminal box, dikarenakan perbedaan yang besar pada intensitas masing-masing phase sehingga berpengaruh pada vibrasi.

Rekomendasi :

1. Merubah spesifikasi pompa sesuai duty point:
Flow rate : 53 m³/h
Total head : 150 mCW
Manufacture warranty pompa dapat beroperasi
2. Merubah flow pompa untuk mencapai flow nominal.
Instal minimum flow (orifice) pada tiap discharge pipa (sebelum NRV / non return valve)
3. Merubah design shaft dengan material yang lebih kuat (Manufacture warranty dapat sesuai dengan kondisi proses)