

## PERANCANGAN KONSEP SISTEM PEMELIHARAAN PIPA *INDUSTRY* MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)*

Mohammad Fadly Ari Suprpto,<sup>1\*</sup>, Sumadi<sup>1</sup>, Roy Waluyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

\*e-mail: fadlyari1878@gmail.com

### ABSTRAK

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk melakukan transportasi fluida kerja atau peralatan (equipment) dalam suatu pabrik (plant) atau dari suatu tempat ketempat lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Pada umumnya menggunakan perawatan preventif untuk merawatnya, Metode perawatan pencegahan tidak mampu memprediksi kerusakan yang akan terjadi dan tidak efisien dalam waktu pemeliharannya karena pada saat *overhaul* masih harus di cek satu persatu komponen untuk mencari kerusakan yang terjadi. Strategi perawatan yang dirasa tepat untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan perawatan berbasis kehandalan (RCM). Dengan menggunakan metode RCM diharapkan komponen dapat bertahan kehandalannya dan berjalan berkesinambungan. Dengan menggunakan RCM waktu perawatan mesin lebih cepat karena kerusakan sudah diprediksi dahulu, data tentang kerusakan yang terjadi dicatat sehingga lebih mudah dalam memprediksi mode kegagalan yang terjadi. Implementasi RCM pada tulisan ini mencakup pembuatan metode FMEA hingga pengambilan keputusan yang tepat sebagai tindakan perawatan dari komponen-komponen tersebut. Dalam menyusun RCM pendekatan yang diambil adalah pendekatan fungsional. Hasil dari penelitian ini berupa rekomendasi yang cocok diterapkan pada sistem instalasi pipa *industry*.

**Kata kunci :** *Sistem perpipaan, RCM, FMEA*

### ABSTRACT

*The piping system is a system used to transport working fluids or equipment (equipment) in a plant or from one place to another so that the production process can take place. In general, using preventive maintenance to treat it, the preventive maintenance method is not able to predict the damage that will occur and is not efficient in its maintenance time because at the time of overhaul, components still have to be checked one by one to look for damage that occurs. The treatment strategy that is considered appropriate to overcome this problem is reliability-based maintenance (RCM). By using the RCM method, it is hoped that the components can survive and run continuously. By using RCM machine maintenance time is faster because the damage has been predicted in advance, data about the damage that occurs is recorded so that it is easier to predict the failure mode that occurs. The implementation of RCM in this paper covers the making of the FMEA method to making the right decision as a maintenance action for these components. In preparing the RCM the approach taken is a functional approach. The results of this study are recommendations that are suitable to be applied to industrial pipe installation systems.*

**Keywords :** *Piping system, RCM, FMEA*

### 1. PENDAHULUAN

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk melakukan transportasi fluida kerja atau peralatan (*equipment*) dalam suatu pabrik (*plant*) atau dari suatu tempat ketempat lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Sistem perpipaan dilengkapi komponen-komponen seperti katup, flens, belokan (*elbow*), percabangan, reducer, isolasi dan lain-lain. Dalam dunia *industry* biasanya beberapa istilah

mengenai sistem perpipaan seperti piping dan pipeline. Piping adalah sistem perpipaan disuatu plant sebagai fasilitas untuk menghantarkan fluida (cair atau gas) antara suatu peralatan ke peralatan lainnya untuk melewati proses-proses tertentu. Sedangkan pipeline adalah sistem perpipaan untuk menghantarkan atau mengalirkan fluida antara suatu plant ke plant lain yang biasanya melewati beberapa daerah. Usaha untuk mengurangi kegagalan suatu peralatan dalam menjalankan fungsinya

tergantung pada dimana dan bagaimana peralatan tersebut digunakan dalam operasionalnya.

Usaha untuk mengurangi kegagalan suatu peralatan dalam menjalankan fungsinya tergantung pada dimana dan bagaimana peralatan tersebut digunakan dalam operasionalnya. Hal ini mendorong munculnya suatu metode Reliability Centered Maintenance ( RCM ) yang merupakan serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan dalam rangka untuk memastikan bahwa asset-aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang di kehendaki oleh pemakainya. RCM bertujuan untuk menjamin suatu aset untuk dapat menjalankan fungsi yang di tentukan dengan memperhatikan kosekuensi kegagalan yang ditimbulkan dalam konteks operasionalnya.

Penerapan metode RCM disini akan memeberikan keuntungan seperti : keselamatan dan intregitas lingkungan menjadi lebih diutamakan, prestasi operasional yang meningkat, efektifitas biaya operasi dan perawatan yang lebih rendah, meningkatkan ketersediaan dan realibilitas peralatan, umur komponen yang lebih lama, basis data yang lebih koperhensif, dan kerja sama yang baik diantara bagian – bagian dalam suatu instalasi

**Batasan Masalah**

Mengingat keterbatasan penelitian baik dari segi eksternal maupun internal maka perlu dilakukan beberapa pembatasan dan asumsi. Pembatasan masalah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada instalasi pipa dan pompa sentrifugal
2. Penelitian dilakukan dengan pendekatan fungsional dari bagian tersebut.
3. Pada penelitian ini tidak dilakukan perhitungan umur bagian-bagian instalasi pipa dan pompa sentrifugal.

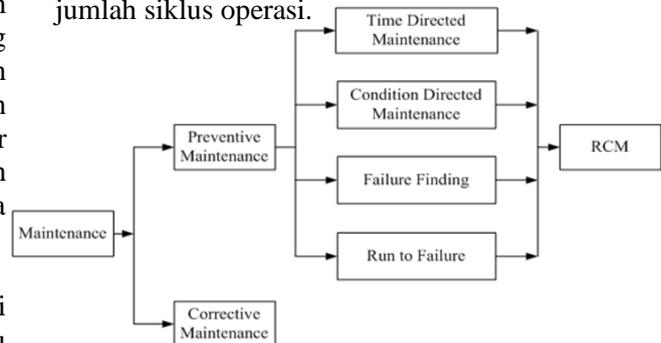
Tujuan penulis dalam pengerjaan tugas sarjana ini adalah:

1. Mengetahui penerapan metoda RCM pada desain instalasi pipa industry
2. Memperoleh pengetahuan tentang penerapan FMEA pada desain instalasi pipa industry
3. Memberikan rekomendasi mengenai jenis-jenis perawatan yang tepat digunakan untuk merawat deasain instalasi pipa *industry*.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Perawatan Pencegahan**

Perawatan pencegahan merupakan perawatan yang berdasar pada waktu. Dimana kegiatan perawatan sudah direncanakan dan dijadwalkan pada jangka waktu tertentu berdasarkan atas *manual* yang telah dikeluarkan oleh *vendor* peralatan tersebut. “ *Applied Realibility centered maintenance* “ mendefinisikan perawatan pencegahan sebagai semua kegiatan pencegahan secara terjadwal yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan pada suatu peralatan. Proses penjadwalan dapat dilakukan dengan berbagai macam metoda penjadwalan seperti membuat penjadwalan pada komputer. Selang perawatan satu dengan yang lainnya dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan waktu, jamkerja, jumlah siklus operasi.



Gambar 1 Rangkaian Kegiatan Perawatan Perawatan Korektif

Perawatan korektif merupakan tindakan perawatan yang dilakukan jika suatu peralatan sudah mengalami kerusakan atau menunjukkan tanda-tanda bahwa akan terjadi kerusakan. Perawatan korektif ini disebut juga perawatan saat rusak. Perawatan korektif ini dibagi menjadi dua kelompok:

- Perawatan korektif tidak terencana Perawatan ini dilakukan apabila peralatan tiba-tiba mengalami kerusakan mendadak. Perawatan seperti ini sifatnya sulit untuk dikendalikan dan sangat merugikan karena kegiatan produksi bisa berhenti.
- Perawatan korektif terencana

Perawatan ini dilakukan bila sudah diketahui kapan peralatan harus diperbaiki sehingga dapat dilakukan persiapan terlebih dahulu sehingga tidak mengganggu aktifitas produksi. Perawatan korektif terencana biasanya dilakukan jika alat sudah mempunyai data historis kerusakan yang menunjukkan pola yang tetap.

**Penentuan Tindakan Pencegahan**

Tindakan-tindakan yang dilakukan untuk mengatasi dan mencegah kegagalan dibagi menjadi dua katagori yaitu :

**a) Proactive task**

Tindakan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan, dalam rangka menghindarkan item dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan (*failed state*). Kegiatan ini dikenal dengan *predictive* atau perawatan pencegahan, akan tetapi RCM membatasinya dengan

- *Scheduled on condition task*  
Adalah kegiatan pemeriksaan terhadap kegagalan potensial sehingga tindakan dapat diambil untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsional atau untuk menghindari kosekuensi dari kegagalan fngsional. Dimana kegagalan potensial didefinisikan dengan sebuah kondisi yang dapat mengindikasikan sedang terjadi kegagalan atau proses kegagalan fungsi.
- *Scheduled restoration task*  
Tindakan pemulihan item atau komponen pada saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan, tanpa memperhatikan kondisinya saat itu.
- *Scheduled discard task*  
Tindakan mengganti item atau komponen pada saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan, tanpa memperhatikan kondisinya saat itu

**b) Default action**

Tindakan ini dilakukan ketika sudah berada dalam *failed state* dan dipilih ketika tindakan *proactive task* yang efektif tidak mungkin dapat diidentifikasi, kegiatan *default action* meliputi

- *Scheduled failure finding*  
Meliputi tindakan secara periodik atau dengan interval waktu tertentu terhadap fungsi-fungsi yang tersembunyi untuk mengetahui apakah item tersebut telah rusak.
- *Redesign*  
Membuat suatu perubahan untuk membangun kembali kemampuan suatu sistem, hal ini mencakup modifikasi terhadap perangkat keras dan prosedur.
- *No scheduled maintenance*  
Seperti namanya, pada kegiatan ini tidak ada usaha untuk mengantisipasi atau preventif suatu mode kegagalan yang terjadi, sehingga kegagalan tersebut

dibiarkan terjadi baru kemudian diperbaiki.

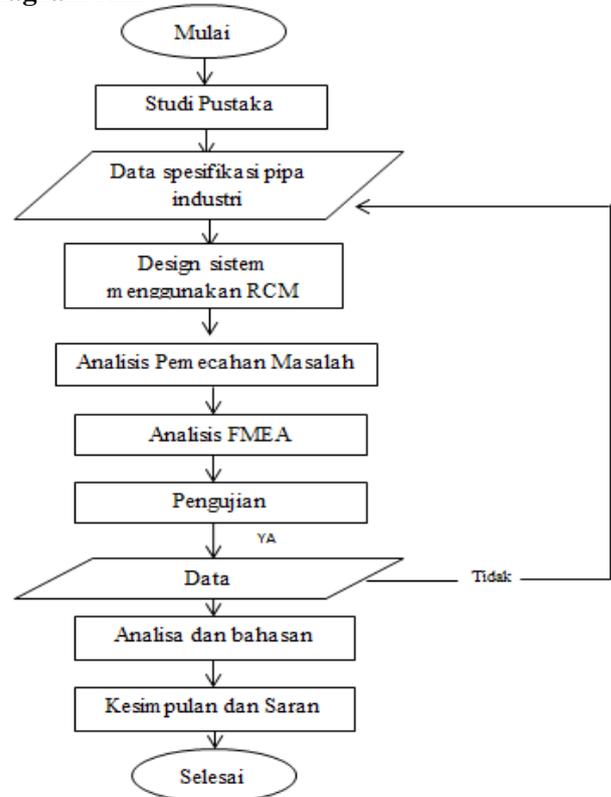
**Penerapan RCM**

Bila langkah-langkah diterapkan secara tepat, RCM dapat membuat peningkatan yang sangat baik pada keefisiensi perawatan, dan terkadang berjalan dengan sangat cepat. RCM juga memiliki kemungkinan yang sangat besar apabila perhatian secara penuh dilakukan pada waktu pelaksanaan perencanaan, bagaimana dan oleh siapa analisis dilakukan, auditing dan implementasi.

**METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini analisis yang dilakukan yaitu analisis kualitatif. Analisis ini merupakan analisis secara kualitas dari suatu mode dan dampak kegagalan. Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk memecahkan masalah dan mendapat hasil penelitian sesuai dengan yang diharapkan.

**Diagram Alir**

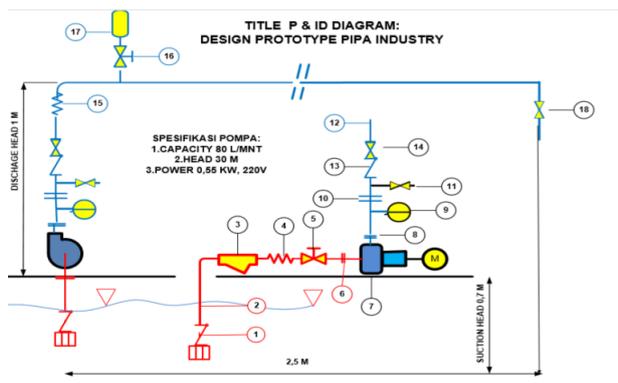


Gambar 2 Diagram Alir

**HASIL DAN BAHASAN**

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk melakukan transportasi fluida kerja atau peralatan (*equitment*) dalam suatu

pabrik (*plant*) atau dari suatu tempat ketempat lain sehinggann proses produksi dapat berlangsung. Sistem perpipaan dilengkapi komponen-komponen seperti katup, fleng, belokan (*elbow*), reducer, dan lain-lain. Dalam dunia indusry biasanya beberapa istilah mengenai sistem perpipaan seperti pipping dan pipeline, Piping adalah sistem disuatu plant sebagai fasilitas untuk menghantarkan fluida ( cair atau gas ) antara suatu peralatan ke peralatan lain untuk melewati proses-proses tertentu, sedangkan pipeline adalah sistem perpipaan untuk menghantarkan atau mengalirkan fluida antara suatu plant lainnya yang biasa melewati beberapa daerah.



**Gambar 3** Instalasi Pipa Imdustri  
Komponen dan Fungsi Pada Instalasi Pipa Industry

Dalam design instalasi pipa industry terdapat part yang dibutuhkan dalam instalasi pipa industry antara lain :

**a. Pompa Sentrifugal**

Pompa sentrifugal adalah pompa yang mempunyai elemen utama yakni berupa motor penggerak dengan sudut impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi. Prinsip kerjanya yakni mengubah energi mekanis alat penggerak menjadi energi kinetis fluida (kecepatan) kemudian fluida diarahkan ke saluran buang dengan memakai tekanan (energi kinetis sebagian fluida diubah menjadi energi tekanan) dengan menggunakan impeller yang berputar di dalam casing. Casing tersebut dihubungkan dengan saluran hisap (suction) dan saluran tekan (discharge), untuk menjaga dalam casing selalu terisi dengan cairan sehingga saluran hisap harus dilengkapi dengan katup kaki (*foot valve*).

**b. Check Valve**

Chek valve biasa digunakan untuk mengatur fluida baik berbentuk cair atau gas yang hanya mengalir ke satu arah dan mencegah adanya aliran ke arah sebaliknya atau back flow yang biasanya digunakan sebagai pengaman pada sistem perpipaan. Fungsi dari check valve adalah untuk mengatur aliran udara atau fluida agar bergerak satu arah.

**c. Valve**

Valve adalah perangkat mekanik yang mengontrol aliran (fluida) dan tekanan dalam suatu sistem atau proses dengan membuka, menutup, mengecilkan atau membesarkan arusnya. Valve adalah komponen penting dari perpipaan yang membawa fluida ,gas, uap dll. Secara umum fungsi valve adalah menghentikan dan menjalankan aliran, mengurangi dan meningkatkan aliran, mengontrol arah aliran, dan mengatur tekanan proses aliran.

**d. Expansion Joint**

Expansion Joint merupakan salah satu dari banyak jenis sambungan yang digunakan pada instalasi perpipaan. Tugasnya sangat penting karena harus bisa meredam getaran yang diakibatkan oleh pompa. Fungsi expansion joint adalah untuk meredam dan mencegah terjadinya getaran dan tekanan.

**e. Flange**

Flange adalah suatu komponen yang digunakan yang menggabungkan antara dua elemen antara pipa dengan valve, atau pipa dengan equitmen lainnya menjadi satu kesatuan yang utuh dengan menggunakan baut sebagai perekatnya. Agar nantinya kedua benda yang terpisah tersebut menjadi satu bagian yang saling menyatu untuk tujuan tertentu. Fungsi dari flange adalah sebagai komponen penyambung pipa yang dapat dilepas agar memepermudah dalam pekerjaan perbaikan atau pergantian equitmen tanpa merusak komponen dan peralatan yang terkait.

**f. Pressure Gauge**

Pressure Gauge merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup. Satuan dari alat ukur ini berupa psi (*pound per square inch*), psf (*pound per square foot*), mmHg(*milimeter of*

mercury), inHg (*inch of mercury*), bar atau atm (*atmosphere*). Pressure gauge dapat digunakan dalam rangka pemantauan tekanan udara dan gas dalam kompresor. Fungsi pressure gauge ialah sebagai alat yang menunjukkan pengukuran secara visual.

**g. Gate Valve**

Gate valve adalah jenis katup yang digunakan untuk membuka aliran dengan cara mengangkat gerbang penutupnya yang berbentuk bulat atau persegi panjang. Gate valve adalah jenis valve yang sering digunakan dalam sistem perpipaan, yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran.

**h. Pipa Carbon Steel**

Pipa merupakan pipa yang berbentuk silinder dengan lubang ditengahnya yang terbuat dari baja, logam ataupun bahan lainnya yang berfungsi untuk mengalirkan fluida yang berbentuk gas cair, atau udara.

**FMEA ( Failure Mode And Effect Analisis )**

FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa suatu kegagalan dan akibatnya untuk menghindari kegagalan tersebut. Dalam konteks kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Kegagalan yang dimaksudkan dalam definisi diatas merupakan suatu bahaya yang muncul dari suatu proses.

FMEA juga berguna untuk memprediksi komponen mana yang kritis, yang sering rusak dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi dan sistem keseluruhan pada instalasi pipa industry. Dengan demikian dapat diberikan perlakuan lebih terhadap komponen tersebut dengan tindakan pemeliharaan yang tepat. Hal utama dalam FMEA adalah *Risk Priority Number* ( RPN). RPN merupakan hasil perhitungan matematis dari keseriusan *effect (severity)*. Kemungkinan terjadinya *cause* yang menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect (occurrence)*, dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut

$$RPN = Severity \times occurrence \times detection$$

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi sebagai penunjuk kearah tindakan perbaikan. Contoh FMEA untuk komponen Pompa yaitu :

1. Komponen yang mungkin Menimbulkan kerusakan adalah Pompa sentrifugal.
2. Mode kerusakan adalah Kebocoran pada pompa sentrifugal.
3. Penyebab Kerusakan (*Failure Cause*) adalah kerusakan pada *Mechanical seal* pada pompa sentrifugal.
4. Efek Kegagalan adalah Sistem Instalasi Pipa berhenti beroperasi.

**Area Kritikal Pada instalasi Pipa**

Pada area kritikal ini yang dilakukan yaitu menganalisa function dan function failure, FMEA, Failure Consequences, Proactive task or default action. Evaluasi tersebut dilakukan untuk mengetahui tindakan apa yang harus dilakukan pada area critical instalasi pipa industry.

**Valve**

Pada instalasi pipa valve merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur debit atau volume air. Dan sebagai pengaman apabila terjadi kegagalan sistem akibat kelebihan / penyimpangan level, tekanan pada instalasi pipa, function failure dari komponen ini adalah tidak berhasilnya valve dalam mengamankan sistem pada instalasi pipa baik level tekanan, maupun temperatur. Terdapat beberapa failure mode yang mempengaruhi function failure pada komponen ini.

Tabel 1. Mode dan penyebab kegagalan komponen Valve pada instalasi pipa

Mode Kegagalan	Mode Kegagalan	Pemeliharaan an Item	Penyebab Kegagalan
Komponen Yang Abnormal Kebocoran	Terjadinya kebocoran	Komponen Umum; Posisi Komponen	Korosi ; Kegagalan Mekanis; Kegagalan Komponen
Bagian Dalam Valve )	Kegagalan Posisi Valve	Bagian Dalam Valve	Kegagalan Mekanis
Kegagalan Fungsi Valve )	Sistem Operasi yang Tertunda Kebocoran	Katup Valve	Kegagalan Komponen ;Kegagalan Mekanis
Kegagalan Sitem Operasi	Bagian Dalam Valve	Tekanan Fluida	Kurangnya Tekanan Fluida

**Pompa Sentrifugal**

Permasalahan yang sering terjadi pada pompa sentrifugal adalah penurunan kinerja ( Low Performance ) yang berhubungan dengan

penurunan debit, penurunan tekanan, dan vibrasi. Jika pompa tidak dilakukan preventive maintenance maka permasalahan akan banyak terjadi. Kondisi low performance yang menjadi permasalahan yang harus diatasi untuk menjaga kinerja pada pompa, permasalahan tersebut biasanya diakibatkan oleh volume pada casing yang tererosasi oleh cairan, impeller yang rusak, wearing pada casing dan impeller yang telah clearance, mechanical seal yang rusak atau mengalami kebocoran, gesekan yang terjadi antar komponen seperti impeller dengan ruang casing yang timbulnya suara ataupun getaran yang terjadi pada pompa, hingga mengakibatkan penurunan head, kapasitas dan efisiensi pompa.

Mode Kegagalan	Pemeliharaan Item	Penyebab Kegagalan	Efek Kegagalan
Komponen Yang Abnormal	Kabel dan Komponen pada bagian control unit	Kegagalan Komponen Listrik yang Rusak	Cairan yang mengalir tidak seperti yang diharapkan
Erratic Output (ERO)	Control Unit, Intrument (pressure)	Control failure leakage mechanical failure (impeller)	The fluid has a flowed isn't as expected (unstable) inefficient energy
Kebocoran Pada Area External	Bearing Casing Katup pelumas pipa	Korosi, Getaran, Kegagalan Mekanis	Penurunan Kinerja

Melakukan tindakan pergantian pencegahan adalah untuk menghindari terhentinya mesin akibat kerusakan komponen. Tindakan pergantian pencegahan dapat dilakukan dengan menentukan interval waktu antara tindakan pergantian (tp) yang optimal dari suatu komponen sehingga dicapai Downtime yang maksimal. Karena pergantian kegagalan dan menyeimbangkan waktu terbaik antara pergantian pencegahan dan Downtime.

Metode perhitungan yang digunakan adalah metode Age Replacement. Dalam metode ini tindakan pergantian dilakukan pada saat pengoperasian sudah mencapai umur yang ditetapkan yaitu sebesar tp. Jika pada selang waktu tp terjadi kerusakan, maka dilakukan pergantian komponen sebagai tindakan korektif. Selanjutnya umur tindakan pergantian tp dimulai dari awal dengan acuan waktu mulai bekerjanya sistem setelah dilakukan tindakan perawatan korektif.

Rumus yang digunakan Pada metode ini adalah :

$$D(tp) = \frac{\text{Total ekspektasi Downtime per siklus}}{\text{Ekspektasi Panjang Waktu Siklus}}$$

Rumus total ekspektasi Downtime per siklus dan Ekspektasi panjang waktu siklus adalah :

- Total Ekspektasi Downtime per siklus =  $Tp \cdot R(tp) + Tf \cdot (1 - R(tp))$
- Ekspektasi panjang waktu siklus =  $(tp + Tp) \cdot R(tp) + (M(tp) + Tf) \cdot (1 - R(tp))$

Maka diperoleh total Downtime per siklus D(tp) adalah :

$$D(tp) = \frac{Tp \cdot R(tp) + Tf \cdot (1 - R(tp))}{(tp + Tp) \cdot R(tp) + (M(tp) + Tf) \cdot (1 - R(tp))}$$

Keterangan rumus :

Tf = Waktu untuk melakukan pergantian Kerusakan Komponen.

Tp = Waktu untuk melakukan pergantian preventif.

tp = Fungsi kepadatan peluang dari waktu kegagalan komponen.

R(tp) = Probabilitas terjadinya pergantian pencegahan pada saat tp.

### KESIMPULAN DAN SARAN

. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan pada komponen instalasi pipa industry dengan menggunakan metode RCM maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Analisis RCM berdasarkan mode kegagalan dan analisis dampak (failure and effect analysis / FMEA), digunakan untuk menentukan perawatan yang sesuai untuk mengalokasikan setiap mode kegagalan dan kosekuensinya.
2. RCM telah berhasil dibuat pada intermediate level dan telah berhasil membuat program-program perawatan yang bermanfaat dan lebih efisien dibandingkan dengan hanya menggunakan metode perawatan preventif.
3. Dengan menggunakan metode RCM kita dapat merencanakan tindakan perawatan yang tepat, sebelum peralatan yang ingin kita rawat belum beroperasi.

Adapun saran-saran yang dapat diberikan sebagai masukan adalah sebagai berikut :

1. Lakukan pengecekan dan pemeliharaan rutin pada komponen-komponen instalasi pipa industry.
2. Lakukan pengecekan serta pemantauan secara rutin pada komponen pompa, dan valve karena memiliki resiko kegagalan yang besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

August J, Applied Reability Centered Maintenance, Panwel grup.

Dhillon B.S, Maintenability, Maintenance and reability for engineers, CRC Press, 2006

Dhilon B.S, Engineering maintenance, CRC Pres LLC, 2002

Ishikawa, Introduction of Quality Control, 1990

Mobley K.R, Maintenance Fundamental 2 edition, Elsevier, Oxford, 2004.

Plucknette D.J, Beyond scheduled Maintenance, <http://reliabilityweb.com>.

Setio, S , Perawatan Berbasis Kehandalan, Bandung FTMD, 2008