BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

1. Korosi

Menurut Kenneth R. Trethewey dan J. Chamberlain (1991: 25), korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu logam oleh reaksi elektrokimia dengan lingkunganya. Dikebanyakan situasi praktis gejala ini tidak dapat dicegah, kita hanya dapat berupaya mengendalikannya sehingga struktur atau komponen mempunyai masa pakai lebih panjang. Gejala korosi dan laju penipisan logam sangat bergantung pada lingkungan. Perubahan kecil saja pada lingkungan, yang mungkin akan dialami selama umur struktur, atau setiap kemungkinan harus berhadapan dengan lingkungan ekstrem tertentu yang terjadi selama pembuatan, pendirian atau pemeliharaan.

Sebab-sebab terjadinya semua bentuk korosi adalah sifat elektro kimia. Jikalau dua logam yang berlainan ditempatkan dalam cairan yang dapat mengalirkan listrik (elektrolit) dan dihubungkan satu dengan yang lain mengalirkan suatu arus listrik logam yang mulia oleh aliran berubah menjadi persenyawaan logam. Logam juga dapat mengalami korosi setempat karena dalam logam terdapat paduan lain. Semua bentuk korosi tidak hanya terjadi didalam cairan tetapi juga terjadi dalam udara lembab. Proses korosi dipercepat dengan suatu asam dalam air. Baja yang terkena air akan berkarat, sehingga memerlukan suatu lapisan oksida besi yang

dapat mencegahnya. Tetapi jika baja langsung terkena air maka karatnya akan lebih cepat lagi.

Seperti diketahui air mengandung garam-garam *natrium chloride* seperti garam-garam lainnya, garam inilah yang mengakibatkan korosi tersebut. Kandungan hidrogen di atas dapat dinyatakan PH (kadar keasaman). Bila konsentrasinya lebih 7,0 maka larutannya mempunyai sifat basa (alkalis), bila konsentrasinya kurang dari 7,0 maka larutannya adalah asam dan air laut pada umumnya mempunyai harga PH yang rendah sehingga sangat mudah sekali untuk menimbulkan korosi.

2. Bentuk-bentuk korosi

Menurut Kenneth R. Trethewey dan J. Chamberlain (1991: 63), korosi dibedakan menjadi beberapa bentuk, yaitu :

a. Korosi bentuk umum (*General Corrosion*)

Korosi jenis ini paling sering dijumpai, korosi ini dikontrol oleh reaksi kimia atau elektrokimia antara permukaan logam dengan korosifnya. Pengurangan berat atau ketebalan logam terjadi merata pada seluruh permukaan logam. Jenis korosi ini termasuk jenis korosi yang tidak berbahaya. Korosi bentuk umum dapat dikurangi dengan pemilihan material yang tepat, pelapisan, penambahan elemen paduan pada logam dan proteksi katodik.

b. Korosi logam tak sejenis (*Galvanic/ bimetal corrosion*)

Korosi logam tak sejenis (*dissimilar metals*) merupakan istilah yang dipakai untuk korosi akibat dua logam tak sejenis yang menyatu

membentuk sebuah sel korosi. Bila dua logam yang berbeda saling kontak dan berada pada media atau larutan yang konduktif dan korosif maka akan timbul beda potensial yang menyebabkan terjadinya aliran arus listrik atau perpindahan *electron*. Lingkungan merupakan media korosif sangat mempengaruhi proses korosi bimetal. Korosi galvanik juga bisa terjadi dimedia udara dan laju korosi tergantung dari kelembaban yang relatifnya. Di lingkungan yang sangat kering, korosi galvanik tidak terjadi karena tidak ada elektrolit yang mengantar arus.

c. Korosi sumuran (*Pitting Corrosion*)

Korosi sumuran adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang bagian yang memiliki selaput pelindung yang tergores atau retak akibat perlakuan mekanik, mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau slip yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami dan mempunyai komposisi material yang heterogen. Korosi celah ini bersifat autokatalitik artinya begitu reaksi awal terjadi, sel–sel pembentuk korosi tidak lagi tergantung pada keadaan luar.

d. Korosi Erosi

Korosi erosi adalah bentuk korosi yang timbul ketika logam terserang akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Meskipun proses-proses elektrokimia juga berlangsung. Korosi ini disebabkan oleh efek-efek mekanik seperti pengausan, abrasi dan gesekan. Pada umumnya logam-logam lunak mudah terkena serangan macam ini misalnya tembaga, kuningan, alumunium murni, dan timbal. Tetapi kebanyakan logam lain juga rentan terhadap korosi erosi, namun dalam

kondisi-kondisi aliran yang tertentu. Penyebab korosi erosi antara lain yaitu : adanya partikel dalam kondisi aliran, kerusakan akibat kondisi turbulensi (olakan) dan peronggaan atau kavitasi.

3. Definisi Kavitasi

Menurut Kenneth R. Trethewey dan J. Chamberlain (1991: 156), kavitasi atau peronggaan adalah bentuk khusus korosi erosi yang disebabkan oleh pembentukan dan pecahnya gelembung-gelembung uap di permukaan logam. Bentuk korosi ini cenderung diderita lebih banyak oleh komponen-komponen yang digerakkan dengan kecepatan tinggi dalam fluida, ketimbang di dalam pipa atau tangki dimana fluida mengalir terhadap permukaan logam yang diam. Jadi, baling-baling, kipas, dan roda gigi turbin hidrolik adalah komponen-komponen yang paling mungkin menderita korosi peronggan.

Menurut Haruo Tahara (2006: 9), kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Misalnya, air pada tekanan 1 atmosfir akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada temperatur 100°C. tetapi jika tekanan direndahkan maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah. Jika tekanannya cukup rendah maka pada temperatur kamar air juga dapat mendidih. Apabila zat cair mendidih, maka akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair, hal ini dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir di dalam pompa maupun di dalam pipa. Tempat-tempat yang bertekanan rendah dan atau yang berkecepatan tinggi di dalam aliran, sangat rawan terhadap terjadinya kavitasi.

Penulis mendefinisikan bahwa kavitasi adalah salah satu bentuk serangan karat atau korosi yang disebabkan oleh terbentuknya gelembung-gelembung yang disebabkan oleh terbentuknya uap (*vapour bubble*) dalam suatu cairan yang berdekatan dengan permukaan sebuah logam dan kemudian pecah. Kerusakan seperti ini juga disebut kavitasi erosi atau kerusakan karena kavitasi. Kavitasi umumnya terjadi pada turbin-turbin air, baling-baling kapal, impeler pada pompa-pompa, dan biasanya juga terjadi pada bagian-bagian lain yang ada kaitannya dengan kecepatan tinggi dan mengalami perubahan-perubahan tekanan.

4. Tinggi Tekan Hisap (NPSH)

Untuk menghindari kavitasi pada pompa sentrifugal, tekanan fluida pada semua titik dalam pompa harus dipertahankan diatas tekanan jenuh. Jumlah yang digunakan untuk menentukan supaya tekanan zat cair yang dipompa mampu mengindari kavitasi adalah tinggi tekan hisap dikenal dengan NPSH (*Net Positive Suction Head*).

Kondisi yang harus ada untuk menghindari kavitasi adalah bahwa NPSH yang tersedia harus lebih besar atau sama dengan NPSH yang dibutuhkan atau NPSHa ≥ NPSHr

Ketika pompa sentrifugal menghisap dari tangki ataupun penampungan yang lain, tekanan pada saat hisap dalah jumlah dari tekanan absolut pada permukaan zat cair yang ada ditanki ditambah tekanan sehubungan dengan perbedaan elevasi antara permukaan zat cair dengan hisapan pompa dikurangi kehilangan *head* yaitu gesekan pada saluran hisap dari tanki ke pompa.

Kavitasi akan terjadi bila tekanan statis suatu aliran zat cair turun sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Jadi, untuk menghindari kavitasi, harus diusahakan agar tidak ada satu bagianpun dari aliran di dalam pompa yang mempunyai tekanan statis lebih rendah dari tekanan uap jenuh cairan pada temperatur yang bersangkutan. Dalam hal ini perlu diperhatikan dua macam tekanan yang memegang peranan. Pertama, tekanan yang ditentukan oleh kondisi lingkungan dimana pompa dipasang, Kedua, tekanan yang ditentukan oleh keadaan aliran di dalam pompa.

Berhubung dengan hal tersebut di atas maka orang mendefinisikan suatu *Head* Isap Positif Neto atau NPSH, yang dipakai sebagai ukuran keamanan pompa terhadap kavitasi. Di bawah ini akan diuraikan ini diuraikan dua macam NPSH, yaitu NPSH yang tersedia pada sistem (instalasi), dan NPSH yang diperlukan oleh pompa.

a. NPSH Yang Tersedia

NPSH yang tersedia ialah *head* yang dimliki oleh zat cair pada sisi isap pompa (ekuivalen dengan tekanan mutlak pada sisi isap pompa), dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair di tempat tersebut. atau dengan kata lain adalah perbedaan antara tekanan hisap pompa dengan tekanan jenuh ketika zat cair dipompa.

b. NPSH Yang Diperlukan

NPSH yang diperlukan adalah tekanan terendah di dalam pompa terdapat di suatu titik dekat setelah sisi masuk sudu impeler. NPSH yang diperlukan berfungsi untuk menghindari terjadinya kavitasi.

Di tempat tersebut, tekanan adalah lebih rendah dari pada tekanan pada lubang isap pompa. Hal ini disebabkan oleh kerugian *head* di nosel isap, kenaikan kecepatan aliran karena luas penampang yang menyempit, dan kenaikan kecepatan aliran karena tebal sudu setempat. Jadi agar tidak terjadi penguapan zat cair, maka tekanan pada lubang masuk pompa dikurangi, penurunan tekanan di dalam pompa harus lebih tinggi dari pada tekanan uap zat cair. *Head* tekanan yang besarnya NPSH sama dengan

penurunan tekanan ini disebut NPSH yang diperlukan. Besarnya NPSH yang diperlukan berbeda untuk setiap pompa. NPSH yang diperlukan berubah menurut kapasitas dan putarannya. Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka persyaratannya adalah NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan

5. Pompa Sentrifugal

a. Definisi Pompa

Menurut Hicks Edwards (1971: 2), pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari bagian rendah ke bagian tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa.

Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

b. Pompa Sentrifugal

Menurut Haruo Tahara (2006: 4), Pompa sentrifugal, mempunyai sebuah impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi.

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutarkan impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeler, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler ke luar melalui saluran di antara sudu-sudu. Di sini *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran berbentuk *volute* (spiral) di keliling impeler dan disalurkan ke luar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekan.

Jadi, impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi persatuan berat atau *head* total dari zat cair pada *flens* keluar dan *flens* masuk disebut sebagai *head* total pompa. Sehingga dapat dikatakan bahwa pompa sentrifugal berfungsi mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan *head* kecepatan, *head* tekanan dan *head* potensial secara kontinyu.

c. Dasar teori

Pompa merupakan mesin fluida yang memberikan energi kepada fluida. Untuk pompa sentrifugal, pompa dapat bekerja karena ada impeler, shaft (pusat putaran) dan casing (penutup impeler). Mekanisme kerja dari pompa tersebut ketika impeler berputar, fluida masuk melalui volute yang berbentuk spiral. Pompa sentrifugal mempunyai impeler untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. *Head* akan menarik zat cair karena daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler didalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeller, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar, karena gaya sentrifugal maka kapasitas zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran di antara sudu-sudu.

Pompa juga mempunyai karakteristik diantaranya :

1) Kecepatan spesifik

Menurut Haruo Tahara (2006: 5) kecepatan spesifik pompa impeler sangat berguna untuk menentukan jenis impeler dan ukuran impeler. Jenis impeler berdasarkan kecepatan spesifik dapat dibedakan menjadi :

a) Impeler pompa *diffuse*r (100 rpm – 240 rpm)

b) Impeler pompa *volute* (100 rpm – 760 rpm)

c) Impeler pompa aliran campur (360 rpm – 1450 rpm)

d) Impeler pompa aliran aksial (1200 rpm – 2500 rpm)

impeler akan mempunyai arah diagonal terhadap sumbu poros. Jikalau nilai n_s diperbesar lagi maka aliran yang terjadi mempunyai arah aksial atau sejajar dengan sumbu poros.

2) Daya Air

Menurut Haruo Tahara (2006: 52), daya air adalah energi yang diperoleh air dari pompa per-satuan waktu. Daya air besarnya sama dengan daya poros pompa dikurangi kerugian daya didalam pompa.

3) Daya poros

Menurut Haruo Tahara (2006: 53), daya poros diperlukan untuk menggerakan sebuah pompa adalah sama dengan daya air ditambah kerugian daya di dalam pompa.

d. Pengklasifikasian pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam :

1) Menurut kapasitas

a) Kapasitas rendah (3 m^3/jam < 20 m^3/jam)

b) Kapasitas sedang (20 m^3/jam < 60 m^3/jam)

c) Kapasitas tinggi (>60 m^3/jam)

2) Menurut tekanan yang dihasilkan

a) Tekanan rendah (2 kg/cm^2 < 5 kg/cm^2)

b) Tekanan menengah (5 kg/cm^2 < 50 kg/cm^2)

c) Tekanan tinggi (>50kg/cm^2)

3) Menurut kecepatan spesifik

a) Kecepatan rendah

b) Kecepatan menengah

c) Kecepatan tinggi

d) Pompa aliran campur

e) Pompa aliran aksial

4) Menurut jumlah impeler dengan tingkatannya

a) Pompa dengan impeler tunggal.

b) Pompa dengan impeler banyak

5) Menurut sisi masuk impeler

a) Pompa isapan tunggal (*single suction*)

b) Pompa isapan ganda (*double suction*)

6) Menurut perencanaan rumah pompa

a) Rumah tunggal

b) Rumah bersekat-sekat, digunakan pada pompa multi tingkat.

7) Menurut letak poros

a) Pompa poros horisontal

b) Pompa poros vertikal

8) Menurut sistem penggerak

a) Dikopel langsung pada unit penggerak

b) Melewati beberapa macam jenis transmisi (belt, roda gigi, dll)

e. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutarkan impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeler, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Di sini tinggi tekanan *(head)* zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian *head* kecepatnya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran yang berbentuk *volute* (spiral) di keliling impeler disalurkan keluar pompa melalui nosel. Didalam nosel ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan.

Jadi impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau *head* total zat cair antara *flens* isap dan *flens* keluar pompa disebut *head* total pompa.

Cairan masuk ke impeler dengan arah aksial melalui mata impeler *(impeller eye)* dan bergerak ke arah radial diantara sudu-sudu impeler *(impeller vanes)* hingga cairan tersebut keluar dari diameter luar impeler. Ketika cairan tersebut meninggalkan impeler, cairan tersebut dikumpulkan didalam rumah pompa (*casing*). Salah satu

desain *casing* dibentuk seperti *spiral* yang mengumpulkan cairan dari impeler dan mengarahkannya ke *discharge nozzle*. *Discharge nozzle* dibentuk seperti suatu kerucut sehingga kecepatan aliran yang tinggi dari impeler secara bertahap turun. Kerucut ini disebut difuser *(diffuser)*. Pada waktu penurunan kecepatan di dalam *diffuser*, energi kecepatan pada aliran cairan diubah menjadi energi tekanan.

Pada lampiran 1, memperlihatkan bagaimana pompa jenis ini beroperasi yaitu :

1) Cairan dipaksa menuju sebuah impeler oleh tekanan atmosfir, atau dalam hal pompa diberikan tekanan.
2) Baling-baling impeler meneruskan energi kinetik ke cairan, sehingga menyebabkan cairan berputar. Cairan meninggalkan impeler pada kecepatan tinggi.
3) Impeler dikelilingi oleh *volute casing* atau dalam hal pompa turbin digunakan cincin *diffuser* stasioner. *Volute* atau cincin *diffuser* stasioner mengubah energi kinetik menjadi energi tekanan.

f. Komponen Utama Pompa Sentrifugal

Komponen utama dari pompa sentrifugal terlihat pada lampiran 2. dan diterangkan dibawah ini:

1) Impeler

Impeler merupakan cakram bulat dari logam dengan lintasan untuk aliran fluida yang sudah terpasang. Impeler biasanya terbuat dari

kuningan, besi tuang atau *stainless steel*, namun bahan-bahan lain juga dapat digunakan untuk paduan pembuatan impeler. Sebagaimana kinerja pompa tergantung pada jenis impelernya, maka penting untuk memilih rancangan yang cocok dan mendapatkan impeler dalam kondisi yang baik. Jumlah impeler menentukan jumlah tahapan pompa. Pompa satu tahap memiliki satu impeler dan sangat cocok untuk layanan *head* (tekanan) rendah. Pompa dua tahap memiliki dua impeler yang terpasang secara seri untuk layanan *head* sedang. Pompa multi-tahap memiliki tiga impeler atau lebih terpasang seri untuk layanan *head* yang tinggi.

Impeler dapat digolongkan atas dasar:

a) Arah utama aliran dari sumbu putaran yaitu aliran *radial*, aliran aksial, aliran campuran.

b) Jenis hisapan: hisapan tunggal dan hisapan ganda

c) Bentuk atau konstruksi mekanis dapat dilihat pada gambar lampiran 3, yaitu terdiri dari:

   i) Impeler tertutup (*close type*) memiliki baling-baling yang ditutupi oleh mantel (penutup) pada kedua sisinya dapat dilihat pada Biasanya digunakan untuk pompa air, dimana baling-baling seluruhnya mengurung air. Hal ini mencegah perpindahan air dari sisi pengiriman ke sisi penghisapan, yang akan mengurangi efisiensi pompa. Dalam rangka

untuk memisahkan ruang pembuangan dari ruang penghisapan, diperlukan sebuah sambungan yang bergerak diantara impeler dan wadah pompa. Penyambungan ini dilakukan oleh cincin yang dipasang diatas bagian penutup impeler atau dibagian dalam permukaan silinder wadah pompa. Kerugian dari impeler tertutup ini adalah resiko yang tinggi terhadap rintangan.

ii) Impeler terbuka *(open type)* dan semi terbuka *(semi open)*

Kemungkinan tersumbatnya kecil, akan tetapi untuk menghindari terjadinya penyumbatan melalui resirkulasi internal, *volute* atau *back-plate* pompa harus diatur secara manual untuk mendapatkan setelan impeler yang benar.

2) Batang Torak

Fungsinya untuk memindahkan *torque* dari motor ke impeler selama *startup* dan operasi pompa.

3) Wadah

Fungsi utama wadah adalah menutup impeler pada penghisapan dan pengiriman pada ujung dan sehingga berbentuk tangki tekanan, memberikan media pendukung dan bantalan poros untuk batang torak dan impeler.

Terdapat dua jenis wadah yaitu :

a) Wadah *volute*, yaitu memiliki impeler yang dipasang dibagian dalam wadah yang bertujuan untuk membantu kesetimbangan tekanan hidrolik pada batang torak pompa.

b) Wadah bulat, yaitu memiliki baling-baling penyebaran stasioner di sekeliling impeler yang mengubah kecepatan menjadi energi tekanan.

. **6. Pengertian *fault tree analysis.***

Teknik untuk mengidentifikasikan kegagalan (*failure*) dari suatu sistem dengan memakai FT (*Fault Tree*) yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1962 oleh H. S. Watson di *Bell Telephone Laboratories* dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran *minuteman misile* antar benua. (Priyanta 2000 : 17)

Mungkin sebagian besar *Engineer* maupun calon *Engineer* tidak asing dengan istilah *fault tree analysis*. Apalagi bagi seseorang yang berpengalaman menyelesaikan kasus berupa *trouble shooting*. Metode ini cukup efektif untuk mengetahui akar permasalahan yang akan diselesaikan. Secara teori, metode *fault tree analysis* dapat dijelaskan sebagai berikut.

Fault tree analysis (FTA) adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undesired event* terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut. (Kristiansen, 2005 : 225)

FTA adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu resiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

FTA merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak

diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

Konstruksi dari FTA meliputi gerbang logika yaitu gerbang *AND* dan gerbang *OR*. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*logic transfer components*) dan FTA. (Cheng Kuo, 2007 : 103)

Kegagalan yang ada pada sistem bisa disebabkan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikannya atau disebut juga *human error*, dan kejadian di luar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya *undesired event. Fault tree* dibangun berdasarkan pada salah satu *undesired event* yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan-kegagalan yang ada, yang digunakan untuk membangun *fault tree.* Pada satu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda yang disebabkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *undesired event* yang akan dianalisa disebut juga *top event.*

a. Kelebihan dan kekurangan metode *fault tree analysis*

Menurut Cheng Kuo (2007: 227), *fault tree analysis* mempunyai kelebihan dan kekurangan, yaitu:

1). Kelebihan

a). Dalam kasus sebuah sistem yang kompleks pohon kesalahan memberikan cara yang baik dan logis untuk mengintegrasikan berbagai penyebab. Konstruksi diagram pohon dapat menentukan probabilitas nilai-nilai dan membantu memberikan pemahaman yang lebih baik dari suatu system.

b). Pohon kesalahan dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas sehingga perbedaan dari berbagai penyebab dapat dibandingkan, dampak terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai. (Cheng Kuo, 2007: 227)

2). Kekurangan

a). Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangunan pohon yang tepat. Kesalahan memasukkan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar

b). Sulit untuk memilih gerbang logika yang paling tepat di saluran penghubung dan hal ini dapat menimbulkan secara luas variasi-variasi nilai yang dihasilkan. (Cheng Kuo, 2007: 227)

b. Prinsip kerja metode *fault tree analysis*

Prinsip kerja metode *fault tree analysis* menurut Kristiansen (2005: 227), adalah :

1) Kegagalan sistem / kecelakaan
2). *Fault tree analysis* terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan system / kecelakaan
3) Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika "*AND*" atau "*OR*" atau gerbang logika lainnya.
4) Kejadian di atas dan semua peristiwa terdapat beberapa penyebab dan ditandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.
5) Akhir dari peristiwa mengarah pada dimana tingkat kegagalan data yang memungkinkan, ini adalah penyebab utama yang dilambangkan lingkaran dan merupakan keputusan untuk membatasi metode ini.

c. Simbol dan istilah dalam metode *fault tree analysis*

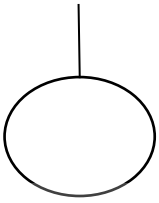
Simbol-simbol yang digunakan adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol transfer, berikut adalah bentuk simbol dan pengertian dari tiap-tiap simbol, baik simbol kejadian, simbol *transfer* dan simbol gerbang yang digunakan pada metode *fault tree analysis* menurut Kristiansen (2005: 227), adalah :

1). Simbol kejadian

Simbol kejadian adalah simbol-simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem yang ada pada suatu proses terjadinya *top event.*

Terdapat 5 simbol yaitu :

a) *Basic event/primery event*



Gambar 2.1 *Basic event*

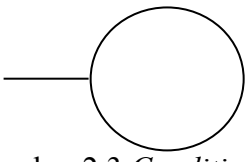
Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan *basic event* atau *primery event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Artinya, simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

b). *Undeveloped event*

Gambar 2.2 *Undeveloped event*

Simbol *diamond* ini digunakan untuk menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak yang tidak dapat lagi berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya lagi baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya sehingga menjadi suatu kejadian akhir dari suatu masalah yang terjadi pada suatu penelitian.

c). *Conditioning event*

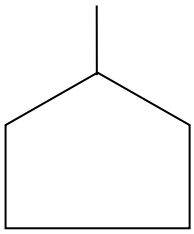


Gambar 2.3 *Conditioning event*

Simbol oval ini untuk menyatakan *conditioning event*, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang

INHIBIT dan *PRIORITY AND*). Jadi kejadian *output* terjadi jika kejadian *input* terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.

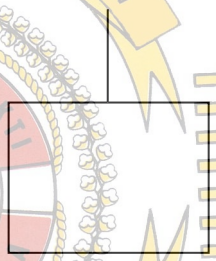
d). *External event*



Gambar 2.4 *External event*

Simbol rumah digunakan untuk menyatakan *external event* yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

e). *Intermediate event*



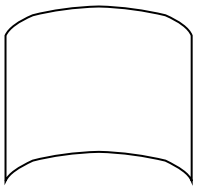
Gambar 2.5 *Intermediate event*

Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian *input* gagal yang masuk ke gerbang.

2). Simbol gerbang

Simbol gerbang dipakai untuk menunjukan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output* dengan kata lain, kejadian *out put* disebabkan oleh kejadian *input* yang saling berhubungan dengan cara-cara tertentu pada sebuah proses suatu sistem.

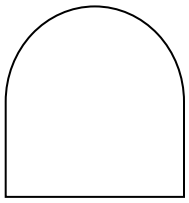
a). Gerbang *OR*



Gambar 2.6 Gerbang *OR*

Gerbang *OR* dipakai untuk menunjukan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan *input*nya terjadi.

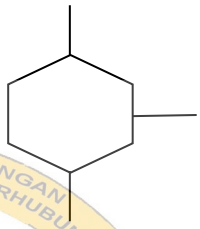
b). Gerbang *AND*



Gambar 2.7 Gerbang *AND*

Gerbang *AND* digunakan untuk menunjukan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

c). Gerbang *INHIBIT*



Gambar 2.8 *INHIBIT*

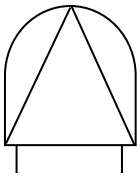
Gerbang *INHIBIT*, dilambangkan dengan segi enam, merupakan kasus khusus dari gerbang *AND*. *Output* disebabkan oleh satu *input*, tetapi juga harus memenuhi kondisi tertentu sebelum *input* dapat menghasilkan *output*.

d). Gerbang *EXCLUSIVEOR*

Gambar 2.9 *EXCLUSIVE OR*

Gerbang *EXCLUSIVE OR* adalah gerbang *OR* dengan kasus tertentu, yaitu kejadian *output* muncul jika satu kejadian ikut muncul.

e). Gerbang *PRIORITY AND*

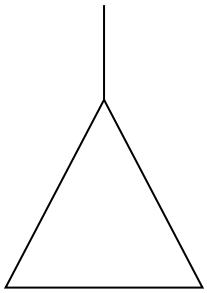


Gambar 2.10 *Priority-And*

Gerbang *PRIORITY AND* adalah gerbang *AND* dengan syarat dimana kejadian *output* muncul hanya jika semua kejadian *input* muncul dengan urutan tertetu.

3). Simbol *transfer*

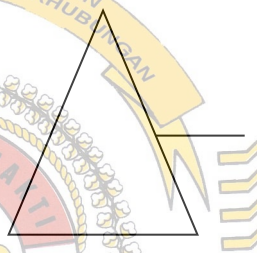
a). *Triangle-in*



Gambar 2.11 *Triangle-in*

Triangle-in atau *transfers-in*, titik dimana sub-*fault tree* bisa dimulai sebagai kelanjutan pada *transfers out*.

b). *Triangle out*

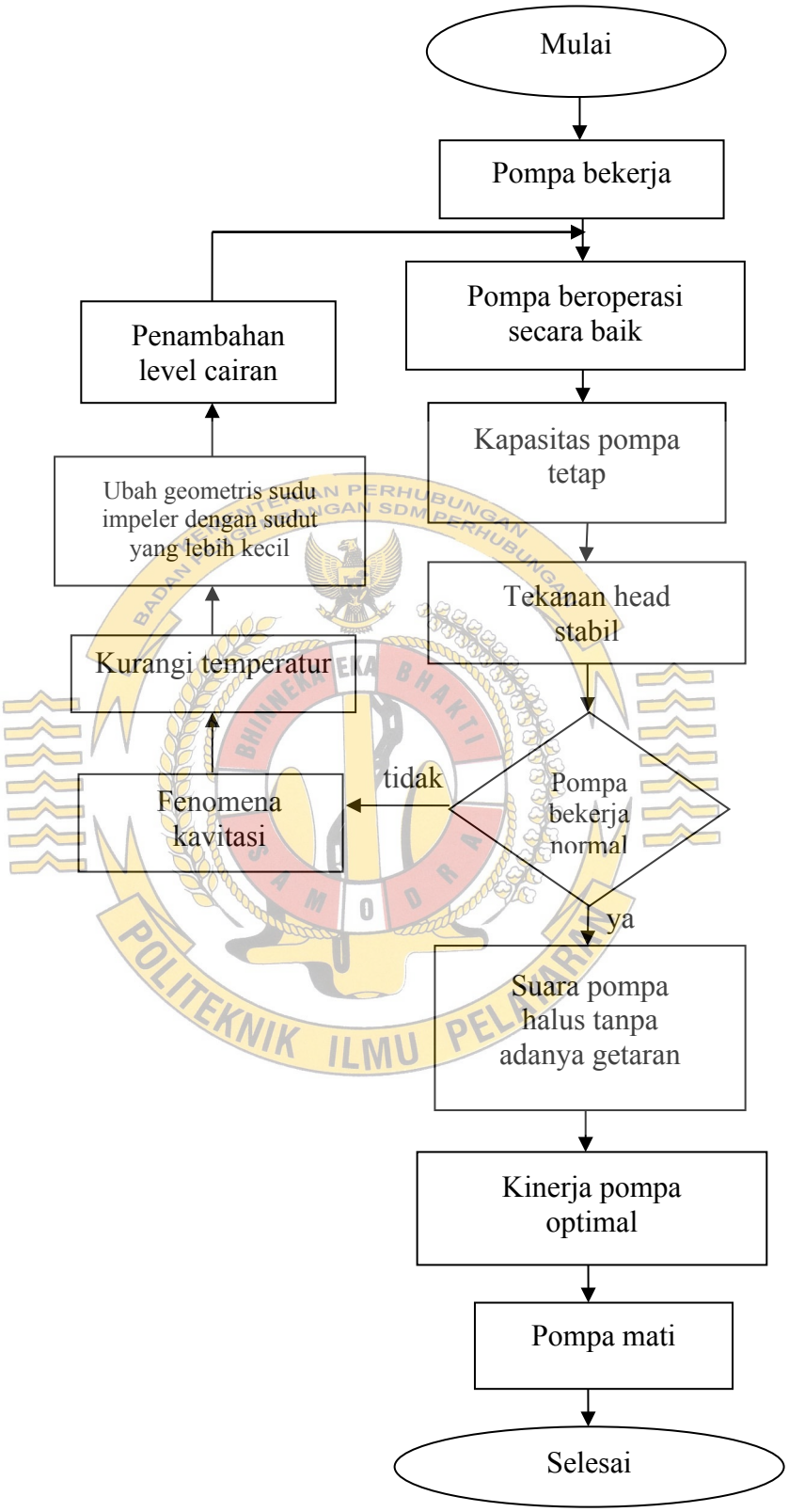


Gambar 2.12 *Triangle-out*

Triangle-out atau *transfers out*, titik dimana *fault tree* dipecah menjadi *sub-fault tree.*

B. Kerangka pikir penelitian

Dalam hal ini penulis akan memaparkan beberapa kerangka pikir secara bagan alur pengaruh kavitasi dalam kinerja pompa sentrifugal dalam menjawab atau menyelesaikan pokok permasalahan yang telah dibuat. Adapun diagram alur dapat dilihat pada gambar diagram alur 1 dibawah ini :



Gambar 2.13 : Pengaruh Kavitasi Terhadap Kerja *boiler feed pump*

C. Definisi operasional

Melihat akan kenyataan pentingnya pengaruh kavitasi terhadap kinerja pompa sentrifugal, yang mana menimbulkan rasa keingintahuan bagi pembaca maka di bawah ini akan di jelaskan mengenai pengertian dari istilah yang ada :

1. Impeler

   Adalah cakram bulat dari logam yang berbentuk seperti kipas dengan lintasan untuk aliran fluida yang sudah terpasang.

2. NPSH (*Net Point Suction Head*)

   Adalah Tekanan yang diperlukan ini, disiapkan oleh pabrik pembuat pompa dan dihitung berdasarkan asumsi bahwa air yang dipompakan adalah *fresh water* pada suhu 68ºF.

3. *Imploding*

   Adalah Gelembung-gelembung yang pecah dari segala sisi, tetapi bila jatuh menghantam bagian dari metal seperti impeler atau *volute* tidak bisa pecah dari sisi tersebut.

4. Kurva karakteristik

   Adalah kurva yang menunjukan antar hubungan tinggi tekan, kapasitas, daya dan efisiensi pompa untuk diameter impeler dan ukuran rumah pompa tertentu.

5. Tekanan uap jenuh

   Adalah setiap cairan pada temperatur di atas titik bekunya akan terbentuknya uap pada permukaan bebasnya. Jika tekanan cukup rendah maka pada temperatur kamar air dapat mendidih. Misal air pada tekanan 1

atmosfir akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada *temperature* 100°C dan pada tekanan dibawahnya maka akan mendidih lebih cepat kurang dari 100°C.

6. Kecepatan spesifik

   Adalah kecepatan dalam putaran per menit yang impelernya berputar bila ukurannya diperkecil kapasitas 1 gpm terhadap tinggi tekan sebesar 1 ft.

7. *Vane passing syndrome*

   Kerusakan akibat kavitasi jenis ini terjadi ketika diameter luar impeler lewat terlalu dekat dengan *cutwater* pompa.

7. BEP (*Best Efficiency Point*)

   yaitu kondisi operasi dimana pompa bekerja paling optimum.

8. NPSHr (*Net Positive Suction Head required*)

   yaitu nilai *head absolut* dari *inlet* pompa yang dibutuhkan agar tidak terjadi kavitasi.

9. NPSHa (*Net Positive Suction Head available)*

   yaitu nilai *head absolute* yang tersedia pada *inlet* pompa.

10. *Minimum flow*

    yaitu *flow rate* yang terkecil yang dibutuhkan agar pompa beroperasi dengan baik. Apabila laju alir lebih rendah dari *minimum flow*, pompa dapat mengalami kerusakan.

11. Efisiensi

    yaitu besarnya perbandingan antara energi yang dipakai *(input)* dengan energi *output* pompa.

12. BHP *(Brake Horse Power)*

yaitu *power* (daya) yang dibutuhkan oleh pompa untuk bisa bekerja sesuai dengan kurvanya; memiliki satuan hp.

13. TDH **(** *Total Dynamic Head*)

yaitu besarnya *head* pompa. Merupakan selisih antara *head discharge* dengan *head suction* terkadang disebut *head* atau total *head.*

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BHINNEKA EKA BHAKTI
SAMUDRA
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN