Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Definisi dan Tujuan Perawatan

2.1.1. Definisi Perawatan

“Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *Maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. Sedangkan fasilitas yang dimaksud disini, sudah barang tentu bukannya hanya mesin-mesin produksi saja yang memerlukan perawatan, tetapi juga fasilitas lain seperti generator, turbin dan fasilitas penunjang kantor lainnya. (Sudrajat, 2011,2).”

“Berdasarkan definisi tersebut, maka terdapat beberapa alasan melakukan beberapa pekerjaan perawatan, antara lain : (Sudrajat,2011,3).

1. Agar fasilitas dapat siap dipakai pada saat yang diperlukan.
2. Seiring dengan waktu, tentunya kondisi dari suatu fasilitas yang mengalami pemakaian, kemampuan kinerjanya lambat laun akan menurun karena tanpa perawatan semua fasilitas tersebut akan melemah secara bertahap tapi pasti, sehingga tidak lagi mempunyai kemampuan kerja baik secara teknis maupun ekonomis.
3. Diharapkan akan dapat memperpanjang umur pakai dari fasilitas tersebut.

Perkembangan dan evolusi perawatan terjadi melalui beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Perawatan tidaklah dikenal sebagai suatu keilmuan tertentu.
2. Perawatan dianggap sebagai spesialisasi tersendiri.
3. Mulai memperhatikan perawatan pencegahan.
4. Mulailah diperkenalkan aspek-aspek manajerial.
5. Peran perawatan masuk ke dalam proses desain.

6. Perawatan mulai menggunakan suatu perencanaan di seluruh operasi perawatan dan data-data kejadian yang berhubungan dengan pekerjaan di masa lalu yang dipakai sebagai masukan."

2.1.2. Tujuan Perawatan

"Perawatan adalah pendukung bagi kegiatan komersil dengan cara efektif, efisien dan berbiaya rendah. Adanya biaya perawatan ini, maka mesin produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan tercapai. Beberapa tujuan perawatan yang utama adalah (Sudrajat, 2011,16).

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan diluar batas serta menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan, selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Mencapai tingkat biaya perawatan secara efektif dan efisien secara keseluruhan.
5. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
6. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi dengan cara mengurangi *downtime*.
7. Memperpanjang umur atau masa pakai dari mesin tersebut."

2.2. Jenis-jenis Kebijakan Perawatan

2.2.1. Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan kerusakan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Kebijakan ini merupakan strategi yang kurang baik, sehingga dapat menimbulkan biaya tinggi dan kehilangan kesempatan untuk mengambil keuntungan ``bagi perusahaan karena diakibatkan terhentinya mesin, keselamatan kerja tidak terjamin, kondisi mesin tidak diketahui dan tidak ada perencanaan waktu, tenaga kerja maupun biaya yang baik (Sudrajat, 2011).

Metode ini dikenal juga sebagai perawatan yang didasarkan pada kerusakan (*failure based maintenance*). Kebijakan perawatan ini kurang sesuai untuk mesin-mesin dengan tingkat kritis yang tinggi atau mempunyai harga yang mahal dan hanya sesuai untuk mesin-mesin yang sederhana dimana tidak memerlukan perwatan secara intensif. Keuntungan dari kebijakan perawatan kerusakan, yaitu (Sudrajat, 2011):

1. Murah dan tidak perlu melakukan perawatan.
2. Cocok untuk mesin yang murah, sederhana dan modular.

Adapun kerugiannya adalah (Sudrajat, 2011):

1. Kasar dan berbahaya.
2. Menimbulkan kerugian yang besar bila ditetapkan pada mesin yang mahal, kompleks, dan dituntut tingkat keselamatan tinggi.
3. Tidak bisa menyiapkan sumber daya manusia.

2.2.2. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive Maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi (Sudrajat, 2011).

Semua fasilitas produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan terjamin kelancarannya dan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap dipergunakan untuk proses produksi. Dimungkinkan bahwa pembuatan suatu jadwal pemeliharaan akan tepat dan rencana produksi akan sesuai target.

Tujuan *preventive maintenance* diarahkan untuk memaksimalkan *availability* dan meminimasikan ongkos peningkatan *reliability*. Ruang lingkup kegiatan bisa hanya mencakup area proses (*operation, utility, main process* dan lain-lain) atau bisa diperluas ke area lain seperti *building office* dan fasilitas umum (Sudrajat, 2011). Kriteria penentuan fasilitas yang masuk dalam program perawatan pencegahan dilihat dari (Sudrajat, 2011):

1. Apakah kerusakan alat berdampak pada keselamatan?
2. Apakah kerusakan alat dapat menyebabkan *system down*?
3. Apakah biaya perbaikannya tinggi dan lama?
4. Ketersediaan *spare part* dari fasilitas tersebut.
5. Kondisi kerja dari fasilitas tersebut.

2.2.3. Perawatan Terjadwal (*Schedule Maintenance*)

Perawatan terjadwal merupakan bagian dari perawatan pencegahan. Perawatan ini bertujuan mencegah terjadi kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Strategi perawatan ini, disebut juga sebagai perawatan berdasarkan waktu (*time based maintenance*). Kebijakan perawatan ini cukup baik dalam mencegah terhentinya mesin yang tidak direncanakan (Sudrajat, 2011).

Rentang waktu perawatan ditentukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan. Kekurangannya, jika rentang waktu perawatan terlalu pendek akan mengganggu aktivitas produksi dan dapat meningkatkan kesalahan yang timbul karena kurang cermatnya teknisi dalam memasang kembali komponen yang diperbaiki serta kemungkinan adanya kontaminan yang masuk kedalam sistem. Jika rentang waktu perawatan terlalu

panjang kemungkinan mesin akan mengalami kerusakan sebelum tiba waktu perawatan (Sudrajat, 2011).

2.2.4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif ini pun merupakan bagian dari perawatan pencegahan. Perawatan prediktif ini dapat diartikan sebagai strategi perawatan, di mana pelaksanannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri. Cara menentukan kondisi mesin dilakukan tindakan pemeriksaan atau *monitoring* secara rutin, jika terdapat tanda atau gejala kerusakan segera mengambil tindakan perbaikan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut (Sudrajat, 2011).

Perawatan prediktif disebut juga perawatan berdasarkan kondisi (*Condition Based Maintenance*) atau juga disebut *monitoring* kondisi mesin (*Machinery Condition Monitoring*). Artinya sebagai penentuan kondisi mesin dengan cara memeriksa mesin secara rutin, sehingga dapat diketahui keandalan mesin serta keselamatan kerja terjamin. Kegiatan *monitoring* yang harus dipenuhi, pertama menetapkan langkah-langkah pemeriksaan, merencanakan prosedur inspeksi sehingga dapat menghemat waktu dan melakukan pemeriksaan secara rutin terhadap kelengkapan mesin dan peralatan agar dapat (Sudrajat, 2011):

1. Memastikan sistem beroperasi sesuai rencana.
2. Melakukan pemeriksaan terhadap kondisi mesin.
3. Melakukan evaluasi potensi yang akan menimbulkan gangguan dan kerusakan.
4. Melakukan penaksiran terjadinya kerusakan.
5. Melakukan identifikasi komponen-komponen pengganti.
6. Membuat jadwal perbaikan berdasarkan kebutuhan.

Dilakukannya kegiatan inspeksi dapat diketahui kondisi mesin secara pasti dan gejala kerusakan dapat terdeteksi secara dini. Ada beberapa pertimbangan dalam menentukan frekuensi untuk melakukan inspeksi, yaitu beban kerja, umur, pengalaman dan kritisnya fasilitas. Kegiatan dilakukan bisa berupa (Sudrajat, 2011):

1. Perawatan, yang merupakan langkah pemeliharaan secara rutin yang didasarkan pada cara perawatan harian, mingguan, bulanan dan seterusnya. Bisa juga didasarkan pada jumlah jam pemakaian tertentu atau satuan *output* per produksi.
2. Perbaikan, yang dimaksud dengan perbaikan disini adalah perbaikan kecil yang mungkin timbul dari hasil pemeriksaan.

Tujuan perawatan prediktif ini terutama untuk (Sudrajat, 2011):

1. Mereduksi *breakdown* dan kecelakaan yang disebabkan oleh kerusakan alat.
2. Meningkatkan waktu operasi dan produksi.
3. Mereduksi waktu dan *cost of maintenance*.
4. Meningkatkan kualitas produk dan pelayanan.

2.3. Standar dalam Perencanaan Perawatan

Standar adalah salah satu bentuk rencana dari perencanaan dalam proses manajemen yang merupakan satu gambaran pencapaian dari kegiatan-kegiatan yang telah direncanakan (Sudrajat, 2011). Definisi standar yaitu suatu keputusan pencapaian yang diharapkan dan telah disetujui sebagai suatu solusi terbaik saat itu dalam memecahkan situasi permasalahan. Jenis-jenis standar dalam perusahaan secara umum (Sudrajat, 2011):

1. Standar teknik

   Penerapan pada tingkat produktif suatu bisnis antara lain seperti material, komponen-komponen, produk, proses pengerjaan, prosedur dan metode pengerjaan, metode pengujian, gambar kerja dan lain-lain.
2. Standar manajerial

   Penerapannya pada tingkat administratif suatu bisnis antara lain seperti kebijakan perusahaan, prosedur ketenagakerjaan, sistem akuntansi, evaluasi performansi dan lain-lain.

2.3.1. Standar Kerja Perencanaan Perawatan

Standar kerja perencanaan merupakan hal penting di dalam manajemen manufaktur, guna menghadapi persaingan yang terutama dalam menyeimbangkan segitiga *quality*, *delivery* dan *cost*. Perawatan memerlukan estimasi kerja dan perencanaan yang akurat dalam menunjang kelancaran sistem produksi. Perawatan juga memerlukan standar-standar kerja untuk digunakan sebagai tolak ukur dalam menentukan kadar kerja, sehingga mudah melakukan pengambilan keputusan yang tepat (Sudrajat, 2011).

Organisasi perawatan membutuhkan standar yang sama guna mengembangkan efisiensi dan pengoperasian kerja yang ekonomis, sehingga mencapai sasaran seperti yang telah direncanakan. Manajemen perawatan perlu diarahkan ke arah yang sama dengan manajemen manufaktur. Adapun inti dari manajemen perawatan yang baik yaitu pengendalian, sedangkan pengendalian yang baik berdasarkan pada standar kerja sebagai tolak ukurnya (Sudrajat, 2011).

2.4. Analisis Produktivitas

2.4.1. *Six Big Losses*

“Adapun pengukuran produktivitas *six big loss* ini yaitu kegiatan tindakan-tindakan yang tidak hanya berfokus pada pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin/ peralatan dan minimalkan *downtime* mesin/ peralatan. (Rahmad,Pratikto dkk,2012)”

Menurut Nakajima, 1988 menggunakan mesin seefisien mungkin artinya memaksimalkan fungsi dari kinerja mesin produksi dengan tepat guna dan berdaya guna. Untuk dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi mesin pada *six big losses*. Adapun enam kerugian besar tersebut adalah sebagai berikut :(Nakajima, 1988)

1. *Equipment Failur/Breakdown* (Kerugian karena kerusakan mesin).

   Kerusakan mesin akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan akibat berkurangnya volume produksi atau kerugian marerial akibat produksi yang cacat.

2. *Set up and Adjustment Losses* (Kerugian karena pemasangan dan penyetelan).
   Kerugian karena *set up and adjustment losses* adalah semua waktu *set up* termasuk waktu penyesuaian dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan mengganti suatu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk produksi selanjutnya.

3. *Idling and Minor Stoppages Losses* (Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat).
   Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupaun karena berhenti sesaat muncul jika faktor eksternal mengakibatkan mesin berhenti berulang-ulang atau beroperasi tanpa menghasilkan produk.

4. *Reduced Speed Losses* (Kerugian karena penurunan kecepatan mesin).
   Menurunnya kecepatan produksi timbul jika kecepatan operasi aktual lebih kecil dari kecepatan mesin yang telah dirancang beroperasi dalam kecepatan normal.

5. *Process Defects Losses* (Kerugian karena produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang).
   Produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian *material*, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkat dan biaya untuk pengerjaan ulang. Kerugian akibat pengerjaan ulang termasuk biaya tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk mengolah dan mengerjakan kembali ataupun memperbaiki produk yang cacat, hal ini akan menjadi masalah yang besar.

6. *Reduced Yieled Losses* (Kerugian akibat pada awal waktu produksi hingga mencapai kondisi produksi yang stabil).
   Reduced yieled losses adalah kerugian waktu dan materil yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas yang telah diharapkan. Kerugian yang timbul tergantung pada faktor-

faktor seperti keadaan operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan dan pemasangan mesin ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan proses produksi yang dilakukan.

2.4.2. Pengertian *Total Productive Maintenance*

"Total productive maintenance adalah program yang melibatkan semua pihak yang terdapat dalam suatu perusahaan untuk dapat saling bekerja sama dalam menguarangi waktu *downtime*. Sebuah sistem perawatan preventif untuk memaksimalkan kecanggihan peralatan yang meliputi semua department dan fungsi organisasi. Dikenalkan pertama kali di jepang oleh Siichi Nakajima pada tahun 1998, dan dikembangkan dari *preventive maintenance* sistem dari Amerika. (Susetyo,2017)"

"Total productive maintenance merupakan filosopi yang bertujuan memaksimalkan efektifitas dari fasilitas yang digunakan di dalam industri. Yang tidak hanya dialamatkan pada perawatan saja tapi pada semua aspek dari operasi dan instalasi dari fasilitas produksi termasuk juga didalamnya peningkatan kinerja dari orang-orang yang bekerja dalam perusahaan itu. (Said, Susetyo,Joko,2008)"

2.5. *Overall Equipment Efectiveness* (OEE)

"Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah total pengukuran terhadap *performance* yang berhubungan dengan *availability* dari proses produktivitas dan kulitas. Pengukuran OEE menunjukkan seberapa baik perusahaan mengunakan sumber daya yang dimiliki termasuk peralatan, pekerja dan kemampuan untuk memuaskan konsumen dalam hal pengiriman yang sesuai dengan spesifikasi kualitas menurut konsumen (Borris,2006,26)." *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah tingkat keefektifan fasilitas secara menyeluruh yang diperoleh dengan memperhitungkan *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product*. (Roy Davis, 1995 : 35).

Jika diberitahu bahwa keefektifan peralatan di Plant X lebih dari 85%, dapat diasumsikan bahwa peralatan tersebut dioperasikan secara efektif dan efisien. Tapi metode perhitungan apa yang manjadi dasar kalkulasi? Banyak perusahaan menggunakan istilah "tingkat keefektifan peralatan", namun metode perhitungannya sangat bervariasi.

2.5.1 *Availability*

"$Availability$ adalah rasio dari jumlah waktu bahwa alat tersebut mampu membuat produk berkualitas. Elemen *availability ratio* yang digunakan untuk mengukur nilai OEE adalah dengan memperhatikan total waktu kerusakan yang dihasilkan dari *unscheduled downtime*, proses *set-up* dan kerusakan yang tidak direncanakan lainnya.

Faktor penting *availability* adalah $Total\ time\ available$ dan $downtime$. $Total\ time\ available$ adalah total waktu produksi dalam sehari, yang dapat dipisahkan dalam beberapa aktivitas, sedangkan *down time* yaitu waktu operasi mesin berhenti karena mengalami kerusakan (Boris,2006,29).

$$Availability = \frac{(Total\ time\ available - downtime)}{Total\ time\ available} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots .. (1)$$

Keputusan manjemen akan sangat diperlukan untuk mendefinisikan apa yang diterima sebagai *downtime* dan untuk mengontrol *loading time*. Dunia industri sendiri memiliki standar untuk menentukan berapa *availiability* yang harus dicapai, yaitu minimal 85%. Pada point tertentu diperlukan pengetahuan untuk melakukan pengujian untuk melakukan tes, pemeriksaan, pergantian agar bisa memastikan berapa *downtime* yang terjadi.

2.5.2 *Performance*

Jika alat ini berjalan di atas melalui kurang dari kemampuan, maka kita mengalami masalah kerugian. Alat yang berjalan setengah kecepatan sama dengan waktu berhenti 50 persen. Sangat menarik bahwa banyak orang tidak menghargai itu sampai secara khusus ditunjukkan. kinerja alat didefinisikan sebagai rasio jumlah produk yang dibuat dengan jumlah produk yang bisa dibuat.

$$Performance\ Efficiency = \frac{number\ of\ units\ manufactured}{possible\ number\ of\ units}\ x\ 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Number of units manufactured yaitu waktu operasin mesin yang sesuai dengan target. Sedangkan *possible number of units* yaitu waktu operasi mesin yang sebenarnya terjadi di lantai produksi.

2.5.3 *Quality*

Quality ratio merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. *Quality* dapat digunakan untuk menunjukkan proporsi produksi yang tidak sempurna dengan volume produksi total. *Quality* meliputi kegagalan pada tahap produksi biasanya pada mesin khusus atau garis produksi.

$$Quality\ (\%) = \frac{number\ of\ units\ produced\ -\ number\ of\ defects}{number\ of\ units\ produced}\ x\ 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)”$$

Berdasarkan penghargaan yang pernah diberikan oleh Japan Institute of Plant Maintenance sebagai promotor kunci TPM melalui PM *Price*, kondisi ideal OEE yaitu sebagai berikut: (Nakajima, 1988, 27)

- *Availability* > 90%
- *Performance Efficiency* > 95%
- *Rate Quality Product* > 99%

Dari ketiga faktor diatas maka untuk perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* yaitu:

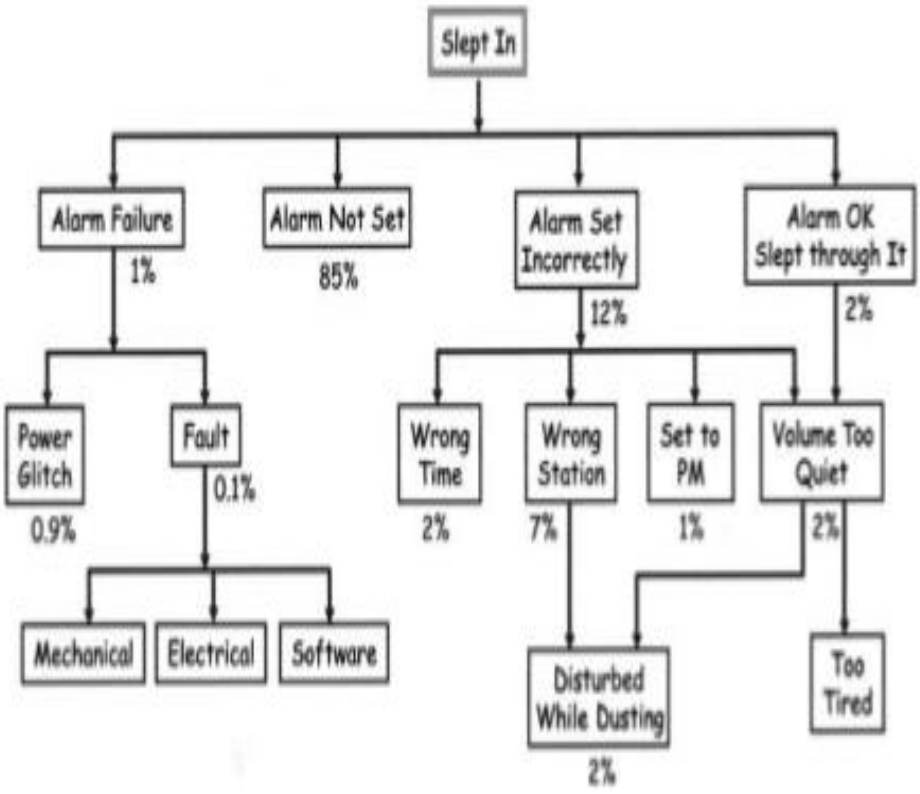
OEE = *Availability Ratio* (%) x *Performance Ratio* (%) x *Quality Ratio* (%)

2.6 *Fault Tree*

Fault Tree Analysis (FTA) dikembangkan sekitar tahun 1962, oleh disebabkan karena banyaknya kejadian kecelakaan udara. Dilakukan oleh Bell Telephone Laboratories. FTA berorientasi pada fungsi (*function oriented*) atau yang lebih dikenal dengan "*top down*" *approach* karena analisa ini berawal dari sistem level (*top*) dan meneruskannya kebawah. Titik awal dari analisa ini adalah pengidentifikasian mode kegagalan fungsional pada top level dari suatu sistem atau subsistem. FTA adalah teknik yang banyak dipakai untuk studi yang berkaitan dengan resiko dari keandalan dari suatu sistem *engineering*.

"*Fault three analisis* merupakan metodologi analisis yang menggunakan model grafis untuk menunjukan analisis proses secara visual. FTA memungkinkan untuk mingidentifikasi kejadian gagal berdasrkan penilaian probabilitas kegagalan. (Susetyo, Joko, 2009)"

Even potensial yang menyebabkan kegagalan dari suatu sistem *engineering* dan probabilitas terjadinya even tersebut dapat ditentukan dengan FTA. Sebuah TOP even yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem (*system failure*), harus ditentukan terlebih dahulu dalam mengkonstruksikan FTA. Sistem kemudian dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan yang didefinisikan pada top event. *Fault Tree* adalah sebuah model grafis yang terdiri beberapa kombinasi kesalahan (*faults*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. Setelah mengidentifikasi top even, even-even yang memberi kotribusi secara langsung terjadinya top even diidentifikasi dan dihubungkan ke top even dengan memakai hubungan logika.



Gambar 2.1. *Fault Tree* Diagram (Borris, 2006)