

ANALISIS DEFECT MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) BERDASARKAN DATA GROUND FINDING SHEET (GFS) PT. GMF AEROASIA

Tara Ferdiana¹ dan Ilham Priadythama²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami 36A Surakarta 57126

Telp. 0271-632210

E-mail: ¹taraferdiana@gmail.com, ²ilham.megaspin.net

ABSTRAK

PT. GMF AeroAsia menggunakan suatu sistem Ground Finding Sheet sebagai upaya untuk meningkatkan pelayanan kualitas kabin. GFS digunakan untuk mencatat berbagai temuan kerusakan yang ada beserta penyebabnya. Dari data GFS yang didapat dari bagian kontrol, banyak temuan kerusakan atau kecacatan yang terjadi. Untuk menganalisis lebih jauh terhadap permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan tidak hanya untuk menyelesaikan permasalahan komponen pada kabin pesawat, tetapi juga untuk melakukan upaya penjagaan kualitas. Pendekatan yang digunakan adalah metode Fault Tree Analysis (FTA) karena alasan efisiensinya. Melalui pendekatan ini dapat dilakukan perbaikan proses secara terus-menerus, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan proses dan kualitas produk. Selain itu, metode FTA menggunakan konsep pemikiran yang mendorong untuk mengurangi cacat dengan mencari dan menganalisis akar penyebab permasalahan yang ada sehingga dapat dicari solusi pencegahannya. Berdasarkan hasil dari metode FTA diperoleh 15 basic event yang dapat menyebabkan defect di part kabin pesawat, yaitu diantaranya penempelan/pengecatan kurang sempurna, suhu ruang yang berubah ubah, penggunaan dari konsumen, defect bawaan, perawatan kurang rutin, debu, substansi bahan makanan, frekuensi pemakaian, tidak ada standar material, umur material, tempat sulit dijangkau, warna cerah, mudah mengikat debu, operator lalai/ceroboh, dan tidak dikalibrasi. Namun dalam hal defect akibat penggunaan dari konsumen tidak dibahas pada kajian ini karena kajian yang dibahas fokus kepada permasalahan proses internal perusahaan.

Keywords: *Fault Tree Analysis, GFS, Defect, Kabin Pesawat, Akar Masalah*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT. GMF AeroAsia adalah salah satu perusahaan yang bergerak dibidang penerbangan khususnya pada perawatan pesawat. Saat ini PT. GMF AeroAsia diakui sebagai salah satu fasilitas terbaik dan terbesar dalam pemeliharaan, perbaikan dan overhaul pesawat di kawasannya.

Pada perkembangannya, banyak sekali tantangan yang harus dihadapi oleh PT GMF AeroAsia sebagai penyedia jasa MRO, salah satunya adalah MRO harus mampu menangani perbaikan yang berkelanjutan guna menjaga kualitas pelayanan yang terbaik. Namun dalam usahanya meraih *World Class MRO of Customer Choice* seperti yang diutarakan dalam visinya, banyak hal – hal yang perlu diperhatikan dan diperbaiki secara kontinyu dan cepat guna menjamin kualitas terbaiknya. Salah satunya yang perlu diperhatikan adalah pada kabin pesawat yang notabene merupakan tempat para penumpang pesawat melihat dan merasakan langsung bagaimana tampilan dan kenyamanan di dalam pesawat. Dalam industri penerbangan, konsumen utama adalah penumpang pesawat. Penumpang akan menilai apakah pelayanan yang diberikan oleh maskapai itu baik atau buruk dilihat dari tampilan fisik pesawat. Tampilan fisik yang dimaksud adalah kondisi interior kabin pesawat. Dimana layanan kualitas kabin semakin hari harus semakin meningkat karena penumpang saat ini tidak hanya menuntut selamat sampai tujuan, namun juga menuntut ada layanan di kabin pesawat itu lebih baik.

PT GMF AeroAsia menggunakan suatu sistem GFS (*Ground Finding Sheet*) sebagai upaya untuk meningkatkan pelayanan kualitas kabin. GFS digunakan untuk mencatat berbagai temuan kerusakan yang ada beserta penyebabnya. Dari data GFS (*Ground Finding Sheet*) yang didapat dari bagian kontrol tersebut, banyak sekali temuan kerusakan atau kecacatan yang terjadi.

Pada dasarnya PT. GMF AeroAsia akan mendapatkan keuntungan, bila ada perbaikan atau penggantian komponen pesawat. Namun dengan tingginya persaingan, GMF tidak hanya menawarkan layanan perbaikan maupun penggantian saja, GMF juga harus bisa memberikan kepuasan kepada *customer*. Salah satunya memberikan kualitas perawatan yang baik dan mempunyai ketahanan yang panjang atau setidaknya sesuai dengan umur rata – rata komponen. Selain itu, karena sebagian besar

sistem pembayaran GMF dengan customernya berdasarkan waktu pengerjaan (*based on pay by the hour*) seperti sistem borongan, maka apabila GMF bisa mempertahankan atau memperpanjang umur dari komponen - komponen yang ada di pesawat, maka itu berarti GMF bisa mengurangi biaya dan memperbesar profit yang didapat. Salah satu usaha GMF atau dalam kasus ini di unit *cabin maintenance*, dilakukanlah pemetaan terhadap komponen pesawat, dan salah satunya adalah pemetaan terhadap kerusakan komponen pesawat.

Untuk menganalisis lebih jauh terhadap permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan tidak hanya untuk menyelesaikan permasalahan komponen pada kabin pesawat, tetapi juga untuk melakukan upaya penjagaan kualitas. Pendekatan yang digunakan adalah metode *Fault Tree Analysis* (FTA) karena alasan pemilihan metode ini adalah dapat menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan, menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan, menganalisa kemungkinan sumber-sumber resiko sebelum kegagalan timbul, menginvestigasi suatu kegagalan, dan efisiensinya. Melalui pendekatan ini dapat dilakukan perbaikan proses secara terusmenerus, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan proses dan kualitas produk. Selain itu, metode FTA menggunakan konsep pemikiran yang mendorong untuk mengurangi cacat dengan mencari dan menganalisis akar penyebab permasalahan yang ada sehingga dapat dicari solusi pencegahannya.

LANDASAN TEORI

Fault Tree Analysis merupakan sebuah *analytical tool* yang menerjemahkan secara grafik kombinasi-kombinasi dari kesalahan yang menyebabkan kegagalan dari sistem. Teknik ini berguna mendeskripsikan dan menilai kejadian di dalam sistem (Foster, 2004).

Metode *Fault Tree Analysis* ini 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.

Menurut Priyanta (2000), terdapat 5 tahapan untuk melakukan analisa dengan *Fault Tree Analysis* (FTA), yaitu sebagai berikut:

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang ditinjau
2. Penggambaran model grafis *Fault Tree*
3. Mencari minimal cut set dari analisa *Fault Tree*
4. Melakukan analisa kualitatif dari *Fault Tree*
5. Melakukan analisa kuantitatif dari *Fault Tree*

Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Konstruksi dari *fault tree analysis* meliputi gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*Logic Transfer Components*) dan *Fault Tree Analysis*.

Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis* yang digunakan dalam menguraikan suatu kejadian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis*

| Simbol | Keterangan |
|---|-------------------|
|  | Top Event |
|  | Logic Event OR |
|  | Logic Event AND |
|  | Transferred Event |
|  | Undeveloped Event |
|  | Basic Event |

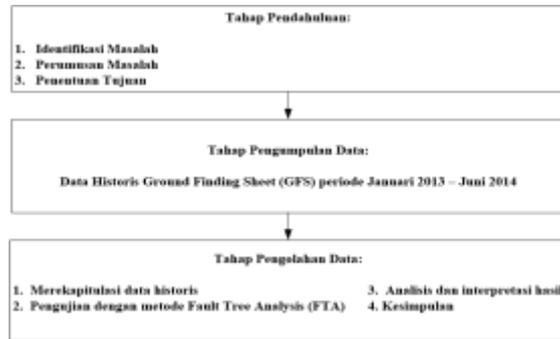
Manfaat dari metode *fault tree analysis* adalah:

1. Dapat menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan.
2. Menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan.

3. Menganalisa kemungkinan sumber-sumber resiko sebelum kegagalan timbul.
4. Menginvestigasi suatu kegagalan.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian dalam makalah ini secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Pada gambar tersebut dijelaskan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini. Tahap awal yang dilakukan adalah tahap pendahuluan yang terdiri dari identifikasi masalah, perumusan masalah, dan penentuan tujuan. Identifikasi masalah bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dalam perusahaan. Kemudian pada bagian perumusan masalah peneliti menentukan sasaran-sasaran yang akan dibahas dalam penelitian dan mencari solusi bagi masalah yang ada dengan teori-teori yang diperoleh dari perkuliahan maupun dari referensi. Langkah terakhir dalam tahap pendahuluan adalah penentuan tujuan penelitian. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang menimbulkan kecacatan dan jenis-jenis kecacatan pada komponen kabin pesawat, mengetahui penyebab-penyebab kecacatan yang terjadi, dan merancang usulan perbaikan yang efektif digunakan untuk pengendalian kualitas pada *cabin maintenance*. Setelah itu dilanjutkan dengan tahap pengumpulan data dan pengolahan data.

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Identifikasi Kerusakan

Tahap awal yang dilakukan dalam pengolahan data yaitu dengan mengidentifikasi kerusakan. Dari data kecacatan part – part dari kabin pesawat yang telah ditemukan, kemudian dibuat check sheet seperti dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. Check Sheet Kategori Defect

| No | Subject | Defect by Category | Frekuensi | Total |
|----|-------------------|---------------------------|-----------|-------|
| 1 | Armpcap | Adjustment | 56 | 401 |
| | | Cleaning | 49 | |
| | | Relaminating / Repainting | 148 | |
| | | Repairing | 10 | |
| | | Replacement | 138 | |
| 2 | Spring Pocket | Adjustment | 165 | 334 |
| | | Cleaning | 76 | |
| | | Relaminating / Repainting | 6 | |
| | | Repairing | 7 | |
| | | Replacement | 80 | |
| 3 | Buffet and Galley | Adjustment | 78 | 327 |
| | | Cleaning | 121 | |
| | | Relaminating / Repainting | 55 | |
| | | Replacement | 18 | |
| 4 | Seat Belt | Adjustment | 14 | 314 |
| | | Cleaning | 123 | |
| | | Relaminating / Repainting | 9 | |
| | | Repairing | 24 | |
| | | Replacement | 144 | |
| 5 | Door | Adjustment | 29 | 296 |
| | | Cleaning | 117 | |
| | | Relaminating / Repainting | 77 | |
| | | Replacement | 16 | |

Tabel 3. Check Sheet Jenis Defect

| No | Subject | Defect | Frekuensi | Total |
|----|-------------------------------------|--------------------|-----------|-------|
| 1 | Armpcap (Relaminating / Repainting) | Air bubble | 4 | 148 |
| | | Colour gloomy/pale | 3 | |
| | | Delamination | 2 | |
| | | Peel of | 139 | |
| 2 | Spring Pocket (Adjustment) | Loose | 58 | 165 |
| | | Unlevel | 2 | |
| | | Unproper install | 69 | |
| | | Weak | 36 | |
| | | Dirty | 102 | |
| 3 | Buffet and Galley (Cleaning) | Stain | 19 | 121 |
| | | Broken | 3 | |
| 4 | Seat Belt (Replacement) | Damage | 7 | 144 |
| | | Missing | 71 | |
| | | Not illuminate | 2 | |
| | | Torn | 28 | |
| | | Worn | 33 | |
| | | Dirty | 107 | |
| | | Stain | 10 | |
| 5 | Door (Cleaning) | | | 117 |

Pada tahap ini, langkah awal yang dilakukan adalah membuat check sheet mengenai jumlah defect berdasarkan kategori yang ada. Kategori – kategori tersebut antara lain *adjustment, cleaning, relaminating / repainting, repairing, replacement*. Dari masing – masing part (subject) dibuat check sheet untuk mengetahui kategori apa yang paling banyak terjadi.

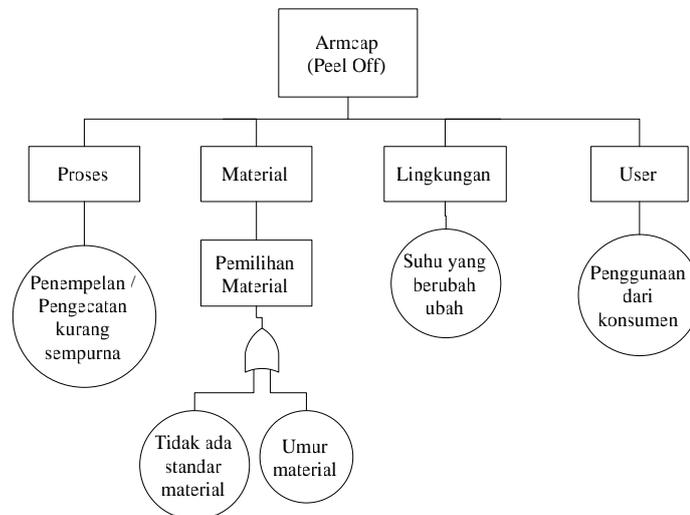
Dari tabel 3 diatas telah diperoleh bahwa pada subject *armcap* yang memiliki jumlah defect terbanyak terjadi pada kategori defect *relaminating / repainting*, pada subject *spring pocket* yang memiliki jumlah defect terbanyak terjadi pada kategori defect *adjustment*, kemudian untuk subject buffet galley dan pintu kabin (*door*) yang memiliki jumlah defect terbanyak terjadi pada kategori defect *cleaning*, lalu pada subject *seat belt* yang memiliki jumlah defect terbanyak terjadi pada kategori defect *replacement*.

Setelah diketahui kategori defect terbanyak dari masing – masing subject maka dilanjutkan dengan membuat check sheet berdasarkan masing – masing kategori defect tiap part (subject). Dari tiap – tiap kategori defect tersebut dianalisis kembali untuk mengetahui jenis defect apa yang paling menyebabkan terjadinya kecacatan / kerusakan pada masing – masing subject (Tabel 4).

Fault Tree Analysis

Dalam membuat *fault tree*, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi potensi penyebab dari kesalahan – kesalahan yang terjadi pada tiap part yang akan dikaji sehingga diperoleh penyebab secara umum yang menyebabkan kecacatan part yang kemudian dijadikan acuan untuk membuat *fault tree*. Setelah diketahui penyebab umum yang menyebabkan kecacatan di tiap part, maka selanjutnya dilakukan break down secara terperinci dalam cabang – cabang yang membentuk *fault tree*, sampai ditemukan kejadian paling dasar atau disebut dengan *basic event*. Langkah tersebut menerangkan semua urutan sebab dan akibat kejadian yang menyebabkan terjadinya *top level event*. Dalam membangun *fault tree* digunakan simbol-simbol tertentu yang digunakan untuk mewakili adanya sebab akibat yang sudah dijelaskan di bab sebelumnya. Berikut *fault tree* untuk masing-masing subject part dari kabin pesawat yang akan dianalisis.

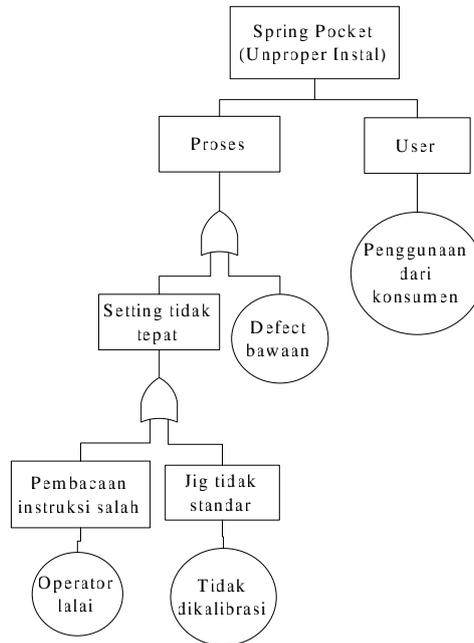
1. Kecacatan *armcap* akibat *peel off*



Gambar 2. Fault Tree Kecacatan dari Armcap

Dari *fault tree* mengenai kecacatan *armcap* karena *peel off* pada gambar 2 dapat disimpulkan bahwa *basic event* yang menyebabkan kecacatan tersebut antara lain penempelan / pengecatan yang kurang sempurna, tidak ada standar pemilihan material, suhu yang berubah ubah, dan umur material. Untuk *basic event* yang berasal dari kesalahan konsumen tidak dianalisis karena penelitian ini fokus pada kecacatan yang disebabkan internal perusahaan.

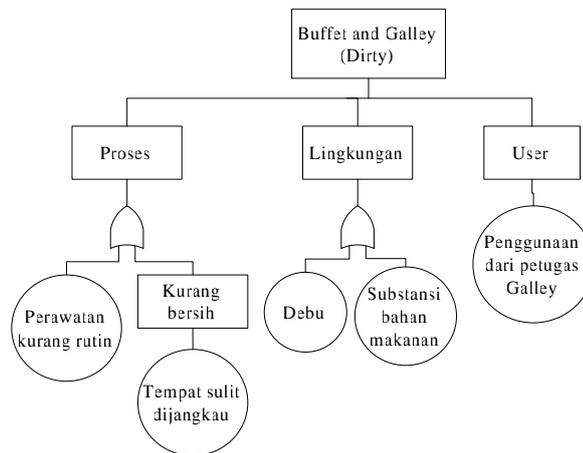
2. Kecacatan *spring pocket* akibat *unproper instal*



Gambar 3. Fault Tree Kecacatan dari *Spring Pocket*

Dari fault tree mengenai kecacatan *spring pocket* karena *unproper instal* pada gambar 3 dapat disimpulkan bahwa basic event yang menyebabkan kecacatan tersebut antara lain operator lalai sehingga terjadi kesalahan dalam pembacaan instruksi, alat bantu ukur atau jig yang digunakan tidak sesuai atau tidak dikalibrasi sehingga terjadi kesalahan pada ukuran yang menyebabkan penyetingan pada *spring pocket* tidak tepat. Kemudian karena defect bawaan dari pabrik pembuatan *spring pocket* itu sendiri. Untuk basic event yang berasal dari kesalahan konsumen tidak dianalisis karena penelitian ini fokus pada kecacatan yang disebabkan internal perusahaan.

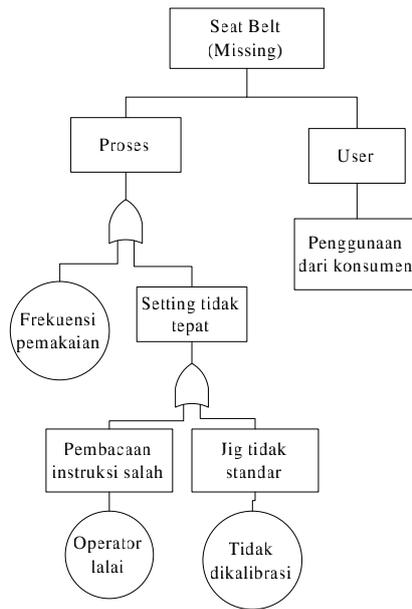
3. Kecacatan buffet dan galley akibat kotor



Gambar 4. Fault Tree Kecacatan dari *Buffet and Galley*

Dari fault tree mengenai kecacatan *buffet and galley* karena dirty / kotor pada gambar 18 dapat disimpulkan bahwa basic event yang menyebabkan kecacatan tersebut antara lain perawatan yang kurang rutin dan ada beberapa tempat yang sulit dijangkau, debu, substansi bahan makanan sehingga buffet dan galley kurang bersih. Untuk basic event yang berasal dari kesalahan pengguna tidak dianalisis karena penelitian ini fokus pada kecacatan yang disebabkan internal perusahaan.

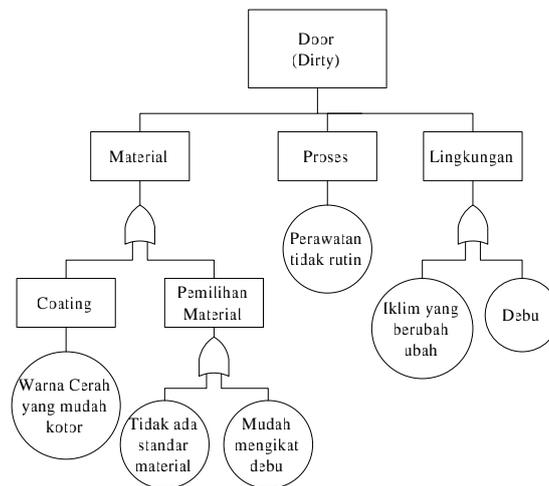
4. Kecacatan *seat belt* akibat *missing*



Gambar 5. Fault Tree Kecacatan dari *Seat Belt*

Dari fault tree mengenai kecacatan *seat belt* karena *missing* / hilang pada gambar 19 dapat disimpulkan bahwa basic event yang menyebabkan kecacatan tersebut antara lain frekuensi pemakaian yang terlalu sering, operator yang lalai mengakibatkan setting / pemasangan *seat belt* yang tidak sesuai instruksi sehingga *seat belt* tidak terpasang sempurna. Untuk basic event yang berasal dari kesalahan pengguna tidak dianalisis karena penelitian ini fokus pada kecacatan yang disebabkan internal perusahaan.

5. Kecacatan pintu akibat kotor

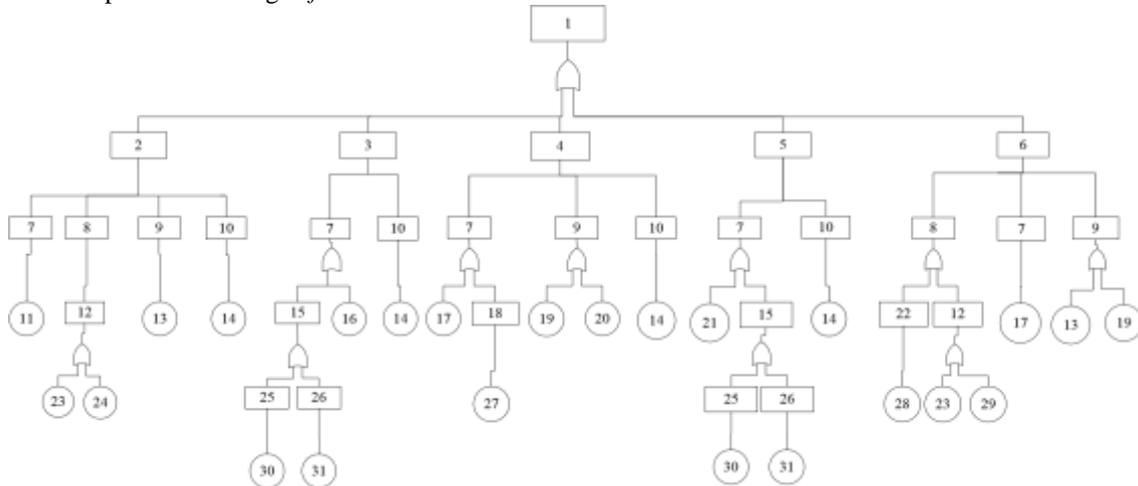


Gambar 6. Fault Tree Kecacatan dari *Door*

Dari fault tree mengenai kecacatan pintu – pintu di kabin (*door*) karena kotor pada gambar 20 dapat disimpulkan bahwa basic event yang menyebabkan kecacatan tersebut antara lain pemilihan warna – warna yang cenderung cerah, pemilihan bahan yang mudah mengikat debu, perawatan yang kurang rutin, iklim / suhu ruang yang berubah ubah, dan banyaknya debu.

Penentuan Minimal Cut Set

Dari bagan *fault tree* masing – masing kecacatan yang sudah di buat, maka dicari *minimal cut set* untuk mengetahui akar permasalahan dari penyebab kecacatan part kabin pesawat. Mencari minimal cut set merupakan analisa kualitatif yang mana dipakai Aljabar Boolean. Aljabar Boolean merupakan aljabar yang dapat digunakan untuk melakukan penyederhanaan atau menguraikan rangkaian logika yang rumit dan kompleks menjadi rangkaian logika yang lebih sederhana (Widjanarka, 2006). Perhitungan *minimal cut set* diperoleh dari bagan *fault tree* di bawah ini.



Gambar 7. Bagan Fault Tree

Keterangan dari bagan *Fault Tree* diatas akan di paparkan pada Tabel 5. dibawah ini.

Tabel 4. Keterangan Bagan Fault Tree

| No | Keterangan |
|-----|---------------------------------------|
| 1. | Kecacatan Part Kabin Pesawat |
| 2. | Armpcap |
| 3. | Spring Pocket |
| 4. | Buffet and Galley |
| 5. | Seat Belt |
| 6. | Door |
| 7. | Proses |
| 8. | Material |
| 9. | Lingkungan |
| 10. | User |
| 11. | Penempelan/pengecatan kurang sempurna |
| 12. | Pemilihan material |
| 13. | Suhu ruang yang berubah ubah |
| 14. | Penggunaan dari konsumen |
| 15. | Setting tidak tepat |
| 16. | Defect bawaan |
| 17. | Perawatan kurang rutin |
| 18. | Kurang bersih |
| 19. | Debu |
| 20. | Substansi bahan makanan |
| 21. | Frekuensi pemakaian |
| 22. | Coating / pewarnaan |
| 23. | Tidak ada standar material |
| 24. | Umur material |
| 25. | Kesalahan pembacaan instruksi |
| 26. | Jig tidak standar |
| 27. | Tempat sulit dijangkau |
| 28. | Warna cerah |
| 29. | Mudah mengikat debu |
| 30. | Operator lalai/ceroboh |
| 31. | Tidak dikalibrasi |

Langkah penentuan minimal cut set:

$$\begin{aligned}
 \text{Top level} &= 1 \\
 &= 2 + 3 + 4 + 5 + 6 \\
 &= [7+8+9+10] + [7+10] + [7+9+10] + [7+10] + [8+7+9] \\
 &= [11+12+13+14] + [(15+16)+14] + [(17+18)+(19+20)+14] + [(21+15) + 14] + \\
 &\quad [(22+12) + 17 + (13+19)] \\
 &= [11+(23+24)+13+14] + [(25+26)+16)+14] + [(17+27)+(19+20)+14] + \\
 &\quad [(21+(25+26))+14] + [(28+(23+29))+17+(13+19)] \\
 &= [11+(23+24)+13+14] + [(30+31)+16)+14] + [(17+27)+(19+20)+14] +
 \end{aligned}$$

$$[(21+(30+31)+14)] + [(28+(23+29))+17+(13+19)]$$

Dari penentuan *minimal cut set*, diperoleh *basic event* yang dapat menyebabkan adanya kecacatan dalam part kabin pesawat adalah :

- | | |
|---|---|
| 1. Kode 11 = Pengecatan kurang sempurna | 9. Kode 23 = Tidak ada standar material |
| 2. Kode 13 = Suhu ruang berubah ubah | 10. Kode 24 = Umur material |
| 3. Kode 14 = Penggunaan dari konsumen* | 11. Kode 27 = Tempat sulit dijangkau |
| 4. Kode 16 = Defect bawaan | 12. Kode 28 = Warna cerah |
| 5. Kode 17 = Perawatan kurang rutin | 13. Kode 29 = Mudah mengikat debu |
| 6. Kode 19 = Debu | 14. Kode 30 = Operator lalai/ceroboh |
| 7. Kode 20 = Substansi bahan makanan | 15. Kode 31 = Tidak dikalibrasi |
| 8. Kode 21 = Frekuensi pemakaian | |

Untuk * kecacatan yang disebabkan oleh penggunaan konsumen tidak dibahas pada kajian ini karena kajian yang dibahas fokus kepada permasalahan proses internal perusahaan

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari metode *Fault Tree Analysis* diperoleh 15 basic event yang dapat menyebabkan defect dalam part kabin pesawat, yaitu diantaranya penempelan/pengecatan kurang sempurna, suhu ruang yang berubah ubah, penggunaan dari konsumen, defect bawaan, perawatan kurang rutin, debu, substansi bahan makanan, frekuensi pemakaian, tidak ada standar material, umur material, tempat sulit dijangkau, warna cerah, mudah mengikat debu, operator lalai/ceroboh, dan tidak dikalibrasi. Namun dalam hal *defect* akibat penggunaan dari konsumen tidak dibahas pada kajian ini karena kajian yang dibahas fokus kepada permasalahan proses internal perusahaan.

Dari metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang digunakan, diperoleh faktor – faktor penyebab kecacatan pada beberapa part di dalam kabin pesawat. Dan pada metode FTA dapat pula diketahui penyebab – penyebab utama / akar permasalahan dari kecacatan di beberapa part di dalam kabin pesawat sehingga dapat dilakukan perbaikan secara lebih terfokus pada hal yang menyebabkan kerusakan paling mendasar di dalam kabin pesawat.

PUSTAKA

- Auliya, Ridha., (2011). Analisis Penyebab Kecacatan Tabung Elpiji dengan Menggunakan Fault Tree Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis di Pabrik Tabung Elpiji PT Pertamina (Persero) Unit Gas Domestik. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Foster, S. T. (2004). *Managing Quality: an Integrative Approach*. Pearson Education International.
- Gasperz, Vincent. (2001). *Metode Analisis untuk Peningkatan Kualitas*. Jakarta : Gramedia.
- Hariastuti, Ni Luh Putu. (2014). *Analisa Pengendalian Kualitas Produksi dalam Usaha Mengurangi Produk Cacat*. Surabaya : ITATS Surabaya.
- Mitra, Amitava. (1998). *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. New Jersey : Prentice Hall.
- Priyanta, Dwi. (2000). *Keandalan Dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya. Widjanarka,
- Wijaya. (2006). *Teknik Digital*. Jakarta: Erlangga