

ANALISIS KAUSAL UNTUK JENIS LAYANAN INTERNETI-Direct PADA PT. TIGATRA KOMUNIKATAMA

Fahrobby Adnan¹⁾, Asep Juarna²⁾

¹⁾ Program Studi Sistem Informasi, Universitas Jember

²⁾ Jurusan Ilmu Komputer, Universitas Gunadarma

email: fahrobby@yahoo.com

Abstract:

As a quality service improvement step, PT. Tigatra Komunikatama (3GNet) need information that become problem root cause that customer often complaints. There is a need of causal analysis to find the problem root cause as a base reason to solve and avoid the problem/failure. FTA and WBA is fault analysis that can be used to meet the needs of problem root cause information. The author did Estimated Causal Analysis (ECA) for complete information by consolidating data and information from the team NS (Network Service), NO (Network Operator), Engineer and team workshop with the aim to dig deeper information to obtain information more specific root causes. From the results of the analysis, obtained information into the root causes of customer complaints were the most dominating and often occur in customer complaints report period January 2012 to December 2012. From this information can be used as a reference to suggest improvements to the company.

Keywords—3GNet, ECA, FTA, causality, WBA.

1. Pendahuluan

PT. Tigatra Komunikatama (3GNet) sebagai perusahaan penyedia jasa layanan internet tentunya tidak dapat lepas dari laporan keluhan pelanggan. Dengan jumlah pelanggan yang semakin meningkat, maka semakin meningkat pula masalah-masalah yang dikeluhkan pelanggannya. Sebagai bagian dari strategi Customer Relationship Management (CRM), 3GNet selalu berupaya untuk mengambil tindakan dari keluhan yang diinformasikan oleh pelanggan untuk menjaga kepuasan pelanggan dan menanggapi keluhan pelanggan agar tetap menggunakan produk 3GNet. Tentunya setiap tindakan perbaikan yang dilakukan membutuhkan biaya tersendiri, terlebih untuk pelanggan I-Direct yang memang memiliki lokasi yang sulit untuk dijangkau oleh transportasi membutuhkan biaya yang jauh lebih mahal dibandingkan dengan lokasi pelanggan tipe layanan yang lain.

Munculnya permasalahan-permasalahan yang memiliki kecenderungan sama, sering terjadi dan mendominasi keluhan pelanggan I-Direct dalam periode tertentu tentunya menjadi suatu pekerjaan rumah tersendiri bagi perusahaan. Selain kepuasan pelanggan yang terganggu hal ini tentunya sangat memakan biaya yang cukup besar apabila tidak ditemukan akar dari permasalahan tersebut sehingga dapat merugikan perusahaan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melakukan suatu analisis yang dapat menghasilkan informasi akar permasalahan

yang akurat sehingga dapat diambil tindakan dan keputusan yang tepat dan dapat mencegah ataupun mengurangi terjadinya masalah yang dikeluhkan oleh pelanggan I-Direct.

2. Tinjauan Pustaka

Kegagalan adalah kinerja yang kurang maksimal atau ketidakmampuan sistem atau komponennya terhadap fungsi yang dibebankan untuk melakukan fungsi yang dimaksudkan untuk waktu tertentu dalam kondisi lingkungan tertentu[1]. Analisis kegagalan adalah proses pengumpulan dan analisis data untuk menentukan penyebab suatu kegagalan dan bagaimana mencegah agar tidak terulang[2].

Metode analisis kegagalan adalah metode yang digunakan untuk melakukan analisis untuk mencari penyebab dan memahami terjadinya suatu kegagalan. Pada penelitian ini untuk melakukan analisis kegagalan metode yang digunakan adalah: Why Because Analysis(WBA) dan Fault Tree Analysis(FTA).

2.1 Why Because Analysis(WBA)

WBA merupakan metode yang dikembangkan oleh Prof. Peter B. Ladkin[1] untuk menganalisis kegagalan yang terjadi dalam suatu sistem yang kompleks, heterogen dan terbuka[3]. Terbuka berarti perilaku sistem dipengaruhi oleh lingkungannya. Heterogen berarti bahwa sistem mempunyai beragam tipe komponen/obyek yang bekerja sama seperti :

sirkuit digital, mekanik/fisik, manusia, serta prosedur dan regulasi.

WBA telah diterapkan untuk melakukan berbagai analisis kegagalan di berbagai bidang, misalnya untuk menganalisis kegagalan sistem kompleks pada sistem transportasi baik transportasi luar angkasa(aerospace), udara(avionics), darat(railway), dan laut. Di antaranya: kecelakaan PX-31 dan Boeing A320 di Warsawa, kecelakaan American Airlines Flight 965 Boeing757 di Cali, kecelakaan kereta api di Ladbroke Grove, dan kecelakaan roket Ariane-5 pada tanggal 4 juni 1996 [3].

2.1.1Konsep Dasar WBA

Manusia membuat sebuah sistem (artifactual systems) berdasarkan prinsip hubungan kausal. Setiap bagian dirancang agar mempunyai pengaruh tertentu terhadap bagian yang lain sehingga sistem tersebut dapat bekerja untuk mencapai tujuannya.

Dalam WBA, Eksplanatory Logic (EL) digunakan untuk memformulasikan penjelasan suatu kejadian. Fakta-fakta kejadian dikumpulkan dan dibentuklah rantai fakta yang berisi event(kejadian) dan state(keadaan) sistem. Dalam penyusunan rantai fakta-fakta tersebut, urutan waktu(temporal order) merupakan hal yang sangat penting, karena kausalitas mempunyai konsistensi dengan urutan waktu:

$$\frac{A \Rightarrow^* B}{A \leftrightarrow B} \quad (2.1)$$

Jika A Kausalitas dari B, maka A terjadi sebelum B terjadi

Relasi kausal dalam WBA didasarkan pada formal semantik kausalitas oleh David Lewis [2]. Lewis mendefinisikan faktor kausal sebagai counterfactuals:

$$\frac{A \square \rightarrow B \quad \neg A \square \rightarrow \neg B}{A \Rightarrow B} \quad (2.2)$$

A faktor kausal dari B, jika dan hanya jika: A terjadi maka B terjadi DAN jika A tidak terjadi maka B tidak terjadi

Semantik dari $\square \rightarrow$ adalah semantik possible-worlds, sehingga A merupakan possible-worlds dari B.

Relasi \Rightarrow^* “kausalitas” merupakan klorur transitif dari relasi “faktor kausal dari”. Dalam[1] dibuktikan bahwa relasi dari kausalitas bersifat transitif:

$$(2.3) \frac{A \Rightarrow^* B \quad B \Rightarrow^* C}{A \Rightarrow^* C}$$

Jika A kausalitas dari B dan B kausalitas dari C, maka A juga kausalitas dari C

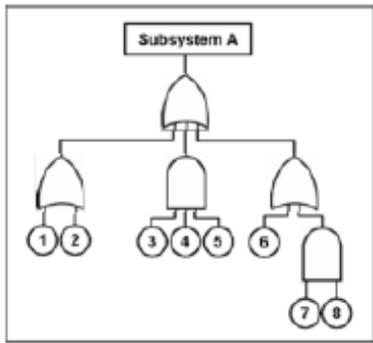
2.2Fault Tree Analysis(FTA)

Fault Tree adalah metode analisis kegagalan di mana keadaan yang tidak diinginkan dari suatu sistem dianalisis menggunakan logika untuk menggabungkan rangkaian keadaan tingkat rendah(lower-level event). Metode analisis ini sering digunakan dalam bidang teknik keamanan untuk secara kuantitatif menentukan probabilitas dari bahaya keselamatan(safety hazard)[1].

Bell Telephon Laboratories mengembangkan konsep FTA pada tahun 1962 untuk Angkatan Udara AS untuk digunakan pada sistem Minuteman. FTA kemudian diadopsi dan diterapkan secara luas oleh Perusahaan Boeing. FTA adalah salah satu dari banyak simbolik "teknik analisis logika" yang ditemukan dalam penelitian operasi dan kehandalan sistem[4].

2.2.1Konsep Dasar FTA

Pada FTA, kejadian yang tidak diinginkan diambil sebagai root(top event) dari sebuah pohon logika. Harus ada hanya satu top event dan semua yang berkaitan harus diturunkan dari top event tersebut. Kemudian, setiap situasi yang dapat menyebabkan top event ditambahkan ke dalam pohon (FTA) sebagai rangkaian ekspresi logika. Ketika FTA diberi label dengan angka aktual mengenai probabilitas kegagalan, maka dapat dihitung probabilitas kegagalan dari FTA tersebut[4]. FTA biasanya dituliskan dengan menggunakan simbol gerbang logika secara konvensional seperti tampak pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Gambaran Diagram Fault Tree

Dalam penyusunan suatu FT-graph, ada beberapa simbol seperti pada Gambar 2 yang mendasari dan yang digunakan untuk menyusun suatu FT-graph [4], antara lain:



Gambar 2. Simbol-simbol yang terdapat pada FT-Graph

- {1} “Top Event”, adalah kejadian yang paling tidak diinginkan dalam sistem.
- {2} adalah gerbang OR berfungsi apabila input yang masuk kedalamnya ada yang bernilai benar (1), dan tidak akan berfungsi apabila semua input bernilai salah (0). Gerbang OR dapat dianalogikan sebagai berikut:

$$\frac{A \vee B \square \rightarrow C}{\neg A \wedge \neg B \square \rightarrow \neg C} \quad (2.4)$$

$$A \vee B \Rightarrow C$$

A atau B faktor kausal dari C, jika dan hanya jika: A atau B terjadi maka C terjadi DAN A dan B tidak terjadi maka C tidak terjadi

- {3} adalah gerbang AND akan berfungsi apabila semua input yang masuk kedalamnya bernilai benar (1), dan tidak akan berfungsi apabila ada input yang bernilai salah (0). Gerbang AND dapat dianalogikan sebagai berikut:

$$\frac{A \wedge B \square \rightarrow C}{\neg A \vee \neg B \square \rightarrow \neg C} \quad (2.5)$$

$$A \wedge B \Rightarrow C$$

A dan B faktor kausal dari C, jika dan hanya jika: A dan B terjadi maka C terjadi DAN A atau B tidak terjadi maka C tidak terjadi

- {4} “Basic Event”, adalah dasar kegagalan dari sebuah sistem.

2.3 Estimated Causal Analysis

Estimated Causal Analysis adalah metode perkiraan yang digunakan oleh penulis untuk mengestimasi permasalahan setiap trouble ticket yang terjadi. Setiap trouble ticket sudah memiliki atribut [Problem Classification], [Action Taken] dan [Problem Summary] yang menerangkan tentang klasifikasi, tindakan yang dilakukan dan ringkasan permasalahan pada trouble ticket tersebut.

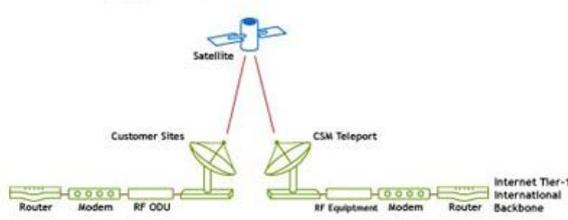
[Problem Summary] menjelaskan ringkasan permasalahan yang terjadi pada pelanggan. [Action Taken] menjelaskan tentang tindakan yang dilakukan untuk menangani permasalahan. [Problem Classification] menjelaskan tentang klasifikasi/permasalahan berdasarkan [problem summary] dan [Action Taken] yang dilakukan. Atribut-atribut tersebut hanya membatasi ruang lingkup permasalahan tanpa memberikan informasi penyebab permasalahan lebih detail dan kurang dapat mewakili keanekaragaman penyebab permasalahan. Terlalu besar ruang lingkup untuk menentukan tindakan yang diambil tentunya hal ini sangat tidak efisien.

3. Metode Penelitian

3.1 Tipe Layanan I-Direct

Dalam proses bisnisnya, 3GNet membagi pelayanan internetnya ke dalam beberapa tipe. Pada setiap tipe layanan memiliki karakteristik yang berbeda. Pada penelitian ini penulis mendapatkan izin untuk melakukan penelitian dan penggunaan data keluhan pelanggan periode Januari 2012 hingga Desember 2012 untuk tipe layanan I-Direct.

3GNet I-Direct adalah jasa layanan sambungan internet kecepatan tinggi menggunakan satelit dari lokasi pelanggan langsung ke jaringan internet utama internasional (Tier-1 IP backbone di Amerika Serikat). Jasa layanan ini dipersembahkan atas kerjasama PT. Tigatra Komunikatama (Tigatra) sebagai penyedia layanan internet dan PT. Citra Sari Makmur (CSM) sebagai penyedia jaringan.



Gambar 3. Konfigurasi topologi 3GNet I-Direct

3.2 Penanganan Gangguan

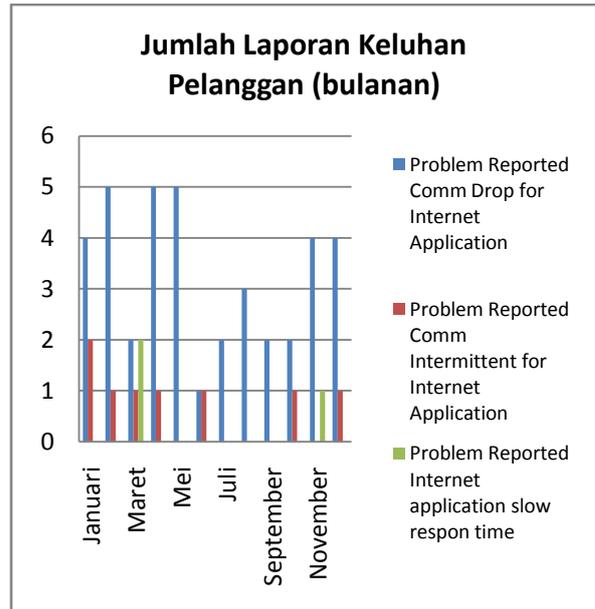
Proses penanganan pengaduan oleh pelanggan melibatkan beberapa pihak (aktor) antara lain:

- Pelanggan(customer).
- Network Service.
- Network Operator 3GNet.
- Network Operator CSM.
- Teknisi Lapangan.

Setiap laporan keluhan pelanggan selalu dicatat oleh tim NS dalam sebuah aplikasi pencatatan (CPR / Customer Problem Record). Pada catatan keluhan tersebut terdapat beberapa atribut yang dapat menggambarkan kondisi yang dialami oleh pelanggan, antara lain:

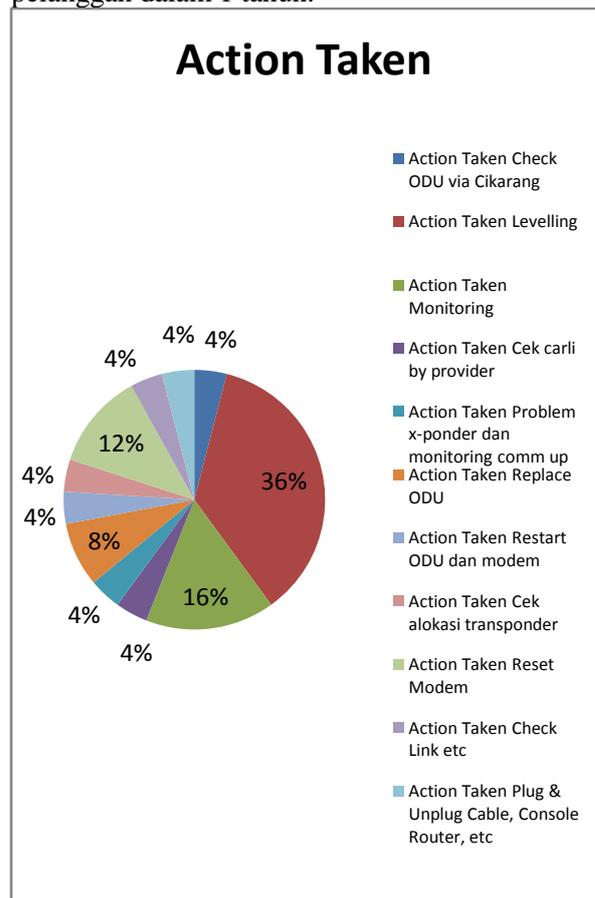
- Number Customer Problem Record (No CPR), penomoran yang dilakukan secara otomatis oleh sistem untuk setiap laporan keluhan pelanggan atau biasa disebut “trouble ticket”.
- Problem Description, permasalahan yang dikeluhkan oleh pelanggan kepada tim network service.
- CSM Operator Reported, hasil pemeriksaan awal oleh tim network service tentang kondisi perangkat 3GNet yang berhubungan dengan pelanggan.
- Action Taken, tindakan akhir yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang dikeluhkan oleh pelanggan.
- Problem Summary, ringkasan dari permasalahan yang terjadi.
- Problem Classification, klasifikasi terhadap ringkasan permasalahan yang terjadi

Dalam penelitian ini, jenis layanan yang akan dijadikan sebagai objek penelitian adalah jenis layanan I-Direct, dan data laporan permasalahan pelanggan yang diteliti adalah data laporan keluhan pelanggan antara bulan Januari 2012 sampai dengan Desember 2012.



Gambar 4. Histogram Chart Jumlah Laporan Keluhan Pelanggan (bulanan)

Dari hasil visualisasi rangkuman laporan keluhan pelanggan pada Gambar 4 diatas dapat diketahui bahwa keluhan putusnya koneksi internet(Comm Drop for Internet Application) sangat mendominasi jumlah laporan keluhan pelanggan dalam 1 tahun.



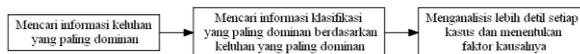
Gambar 5. Pie Chart Persentase Action Taken yang dilakukan untuk menanggulangi permasalahan pada “CSM S/W Media Access”

Dari hasil visualisasi pada Gambar 5 diatas diperoleh informasi bahwa 36% atau 9 dari 25 tindakan yang dilakukan untuk menangani permasalahan adalah melakukan “levelling”.

Akan tetapi dari informasi ini masih terlalu besar ruang lingkup untuk mengambil tindakan dari permasalahan yang ada. Sehingga diperlukan suatu analisis yang lebih mendetail terhadap permasalahan yang mendominasi tersebut agar dapat ditemukan faktor kausal yang menyebabkan permasalahan terjadi. Hal ini juga bertujuan agar tindakan yang diambil lebih efektif dan efisien.

3.2 Tahapan melakukan Estimated Causal Analysis

Karena informasi faktor kausal tidak dapat terpenuhi pada laporan keluhan pelanggan, maka dicoba dilakukan estimasi causal pada laporan keluhan pelanggan tersebut dengan fokus utama pada keluhan pelanggan yang paling mendominasi, yaitu [Comm drop for internet application] atau koneksi internet drop. Tahapan yang dilakukan dalam melakukan estimasi causal ini dapat terlihat pada Gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6. Tahapan melakukan estimated causal analysis

Keterangan:

- Pada tahap (1) diambil dan ditentukan informasi keluhan yang paling mendominasi pada bulan Januari 2012 hingga Desember 2012. Dan didapat keluhan yang paling mendominasi adalah “Comm drop for internet application”.
- Pada tahap (2) diambil informasi klasifikasi permasalahan yang paling dominan berdasarkan keluhan yang paling dominan. Dan didapatkan informasi klasifikasi yang paling dominan adalah pada area “CSM S/W Media Access”.
- Selanjutnya pada tahap (3), dilakukan estimasi kausal terhadap keluhan pelanggan. Dalam menentukan faktor kausal keluhan pelanggan, setiap catatan keluhan pelanggan dibuka kembali dan mengkonsultasikan

permasalahan pelanggan dengan engineer yang menangani satelit. Faktor kausal yang mendominasi yang menjadi penyebab permasalahan adalah “Low Carrier”. Hal ini dapat dituliskan:

$$\begin{matrix} A \Rightarrow^* B \\ B \Rightarrow^* C \\ \hline A \Rightarrow^* C \end{matrix} \quad (3.1)$$

(A) adalah [Low Carrier] yang menjadi faktor kausal dari (B) [Media Access Satelliet Drop], dan [Media Access Satelliet Drop] adalah faktor kausal dari (C) [Comm drop for internet application]. Sehingga secara transitif, [Low Carrier] merupakan faktorkausal dari [Comm drop for internet application].

$$A \wedge D \square \rightarrow \neg B \quad (3.2)$$

(D) adalah [Levelling], ketika terjadi (A) dan dilakukan (D) maka (B) dapat dihilangkan.

$$D' \approx \neg A \quad (3.3)$$

Sehingga dapat dituliskan bahwa (D) adalah countermeasure yang dapat menghilangkan terjadinya (A).

Dari tahapan-tahapan tersebut dapat disimpulkan bahwa:

$$A \wedge \neg A \square \rightarrow \neg B \quad (3.4)$$

Selanjutnya dari hasil estimasi ini dilakukan penggalan informasi lebih dalam dengan melakukan wawancara dengan tim engineer satelit dan juga tim workshop yang menangani perangkat satelit.

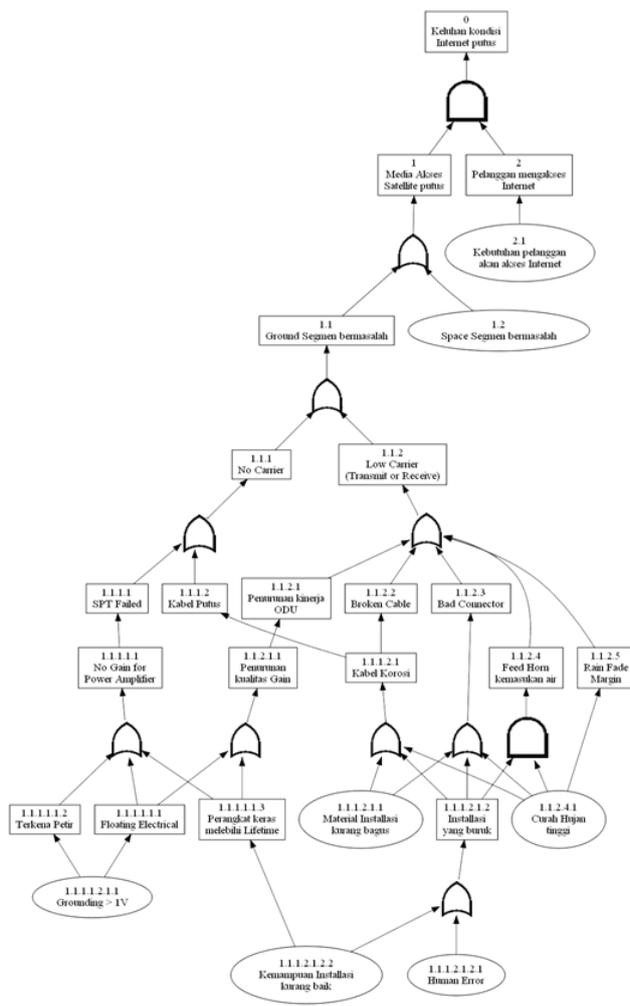
4. Hasil Dan Pembahasan

Pada bahasan ini digunakan Fault Tree Analysis(FTA) dan Why Because Analysis(WBA) untuk melakukan analisis terhadap permasalahan keluhan pelanggan pada

tipe layanan I-Direct yang terjadi pada bulan Januari 2012 hingga Desember 2012. Dan digunakan perangkat bantu Graphviz (versi 2.30) untuk menggambarkan hasil analisis (FT-Graph & WB-Graph).

4.1 Penerapan Fault Tree Analysis (FTA)

Proses Analisis dengan menggunakan FTA diawali dengan menentukan kejadian utama (top event) sebagai kegagalan utama / kejadian yang paling tidak diinginkan. Sebagaimana yang telah dilakukan pada proses & hasil visualisasi pada Gambar 4. diketahui bahwa keluhan koneksi internet putus (Comm Drop for Internet Application) mendominasi rangkuman catatan laporan keluhan pelanggan. Sehingga keluhan tersebut diangkat sebagai kegagalan utama / kejadian yang paling tidak diinginkan sebagaimana digambarkan pada Fault Tree Graph pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. FT-Graph

Dari analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) ini didapatkan beberapa faktor kausal yang menjadi penyebab dari kegagalan utama (Keluhan kondisi internet putus), yaitu:

1. Kebutuhan akan akses internet {2.1}
2. Space Segment bermasalah {1.2}
3. Curah hujan tinggi {1.1.2.4.1}
4. Material Instalasi kurang bagus {1.1.1.2.1.1}
5. Kemampuan Instalasi kurang baik {1.1.1.2.1.2.2}
6. Human Error {1.1.1.2.1.2.1}
7. Grounding > 1V {1.1.1.1.2.1.1}

Dari 7 faktor kausal tersebut, beberapa faktor kausal berada diluar kewenangan dari perusahaan, yaitu:

1. Kebutuhan akan akses internet
2. Space Segment bermasalah
3. Curah hujan tinggi
4. Grounding > 1V

Faktor kausal 1 merupakan faktor kausal yang tidak mungkin dihilangkan karena pada dasarnya faktor kausal tersebut yang menyebabkan pelanggan berlangganan layanan internet.

Faktor kausal 2 merupakan tanggung jawab dari operator satelit, sehingga yang bisa dilakukan perusahaan adalah meminta operator satelit untuk meminimalisir kemungkinan permasalahan dari space segment.

Faktor kausal 3 merupakan faktor kausal yang tidak dapat dihindarkan karena memang merupakan fenomena alam.

Faktor kausal 4 merupakan tanggung jawab pelanggan (sesuai dengan perjanjian kontrak layanan), akan tetapi perusahaan dapat meminta dan memastikan terlebih dahulu kondisi grounding di sisi pelanggan sebelum memasang perangkat.

Sedangkan faktor kausal yang berada dalam kewenangan/tanggung jawab perusahaan antara lain:

1. Material Instalasi kurang bagus
2. Kemampuan Instalasi kurang baik
3. Human Error

Ketiga faktor kausal diatas ini diharapkan mendapat perhatian lebih dari perusahaan, saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah:

1. Untuk mengatasi permasalahan material yang kurang bagus, hendaknya perusahaan benar-benar mengontrol dan melakukan assessment terlebih dahulu terhadap lokasi calon pelanggan. Karena kebutuhan material

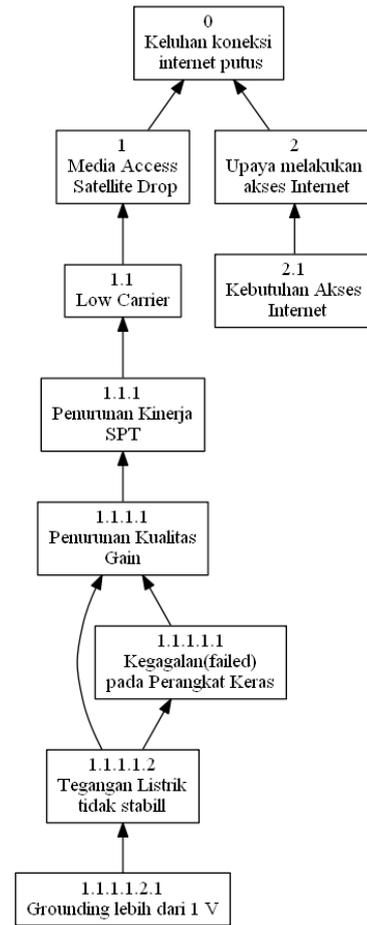
pelanggan yang berada di daerah pantai tentu akan berbeda dengan material yang berada di daerah hutan.

2. Untuk mengatasi permasalahan kemampuan instalasi yang kurang baik, perusahaan diharapkan memberikan pelatihan secara berkala terhadap tim yang melakukan instalasi dan selalu mengontrol kualitas dan kompetensi dari tim instalasi.

3. Untuk mengatasi permasalahan human error, perusahaan disarankan memberikan pedoman dalam bentuk hard-copy maupun soft-copy bagi tim yang melakukan instalasi sehingga dapat meminimalisir kemungkinan human error.

4.1 Penerapan Why Because Analysis (WBA)

Proses analisis diawali dengan menentukan top event atau kegagalan yang paling utama/kegagalan yang paling tidak diinginkan dan selanjutnya melakukan analisis lebih detail mengenai faktor kausal untuk mencari root causal dari kegagalan utama. Berdasarkan proses & hasil visualisasi pada Gambar 4 diketahui bahwa keluhan koneksi internet putus (Comm Drop for Internet Application) mendominasi rangkuman catatan laporan keluhan. Sehingga keluhan tersebut diangkat sebagai kegagalan utama / kejadian yang paling tidak diinginkan sebagaimana digambarkan pada Why Because Graph pada Gambar 8.



Gambar 8. Why Because Graph

Kondisi grounding lebih dari 1V {1.1.1.1.2.1} ini merupakan root cause/akar permasalahan dari analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode Why Because Analysis pada rangkuman laporan keluhan pelanggan periode Januari 2012 hingga Desember 2012. Kondisi ini diperkuat dengan informasi temuan dari tim workshop yang menyebutkan bahwa perangkat SPT tersebut mengalami kerusakan pada PSU(Power Supply Unit). Hal ini menandakan bahwa memang grounding yang buruk memang benar telah mengakibatkan kerusakan karena perangkat yang pertama terkena dampaknya adalah PSU dalam SPT. Dari hasil analisis WBA ini pihak perusahaan diharapkan dapat benar-benar memastikan kondisi grounding disisi user dan melakukan pengecekan secara berkala. Hal ini karena terkait keselamatan perangkat yang sudah diinvestasikan serta meningkatkan kualitas layanan internetnya terhadap pelanggan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka penulis menarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode analisis Fault Tree Analysis (FTA) dan Why Because Analysis (WBA) dapat diketahui akar permasalahan (root cause) dari permasalahan yang paling mendominasi dan sering terjadi/dikeluhkan pelanggan pada laporan keluhan pelanggan periode Januari 2012 hingga Desember 2012.

Hasil analisis yang diperoleh dari kedua hasil analisis ini memiliki beberapa perbedaan, akan tetapi perbedaan tersebut masih dalam batasan ruang lingkup yang sama sehingga dapat berguna bagi perusahaan untuk memperkaya informasi mengenai kemungkinan terjadinya kegagalan dari akar permasalahan yang lain. Kedua informasi hasil analisis yang dilakukan dapat digunakan sebagai acuan bagi pihak perusahaan untuk mengambil tindakan perbaikan untuk mencegah dan menanggulangi permasalahan/kegagalan.

5.1 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, maka disarankan bagi penulis selanjutnya apabila hendak menuliskan penelitian yang serupa untuk mempertimbangkan faktor "Space Segment" pada sisi operator satelit dengan menggali informasi dari beberapa sumber operator satelit. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan kemungkinan permasalahan yang dapat muncul dari sisi space segment sehingga tidak hanya dari sisi ground segment.

Daftar Pustaka

- [1] P. B. Ladkin, Causal System Analysis Formal Reasoning About Safety and Failure. Document RVS-BK-01-01, -, 2001. Draft Version 2.0.
- [2] "Failure analysis method and tools." [Online]. Available: <http://www.aldservice.com/en/fracas/failure-analysis-methods-and-tools.html> [Diakses 11 April 2013].
- [3] A. Tarigan, I. M. Wiryana, and P. B. Ladkin, "Why because analysis -metode analisis sistem kompleks," tech. rep., Network and Distributed System Working Group (RVS), Faculty of Technology, Bielefeld University, Germany, June 2002.
- [4] P. Clemens, "Fault tree analysis," May 1993. [Online]. Available: <http://www.fault-tree.net/papers/clemens-fta-tutorial.pdf> [Diakses 11 April 2013].
- [5] "Fault tree analysis training." [Online]. Available: <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresource/stpfaulttree.pdf> [Diakses 11 April 2013].
- [6] "Fault tree analysis sample case." [Online]. Available: <http://www.isixsigma.com/tools-templates/risk-management/using-fault-tree-analysis-improve-software-testing/> [Diakses 11 April 2013].
- [7] "3Gnet I-Direct" [Online]. Available: <http://www.3g-net.net/idirect.php> [Diakses 11 April 2013].