

Implementasi *Backward Chaining* untuk Diagnosis *Low Soft Handover Success Rate* pada Jaringan WCDMA

Annisa Taufika F., Sholeh Hadi Pramono, Erni Yudaningtyas

Abstrak—Proses *Soft Handover* (SHO) sangat diperlukan pada sistem komunikasi *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) yang bertujuan untuk menjamin kontinuitas komunikasi saat pengguna mengakses layanan dalam keadaan bergerak. Tidak semua proses SHO berhasil dengan sempurna sehingga menyebabkan rendahnya nilai kesuksesan SHO atau *Low SHO Success Rate* (SHOSR) pada suatu sel. Paper ini merupakan hasil penelitian tentang diagnosis *low SHOSR* pada jaringan WCDMA dengan menggunakan inferensi *backward chaining*. Hasil yang didapat adalah aplikasi program yang dapat mendiagnosis penyebab *Low SHOSR* berdasar kondisi sel dan rekomendasi penanganannya. *Software* aplikasi ini dimanfaatkan untuk membantu *RF engineer* pada *provider* telekomunikasi untuk menentukan apa yang menjadi penyebab timbulnya *low SHOSR*, sehingga didapat performansi jaringan yang optimal.

Kata kunci—WCDMA, sel, SHO, *Low SHOSR*, *Backward Chaining*.

I. PENDAHULUAN

TEKNOLOGI telekomunikasi mengalami perkembangan yang semakin pesat seiring dengan mobilitas masyarakat yang semakin tinggi dan meningkatnya kebutuhan layanan telekomunikasi secara *real time* dan praktis, serta menjamin mobilitas tanpa putus dan kualitas layanan yang baik.

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) yang merupakan salah satu standar teknologi generasi ke tiga (3G) dari *International Mobile Telecommunication-2000* (IMT-2000) yang dirumuskan *International Telecommunication Union* (ITU). UMTS memperkenalkan teknologi radio kecepatan tinggi *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) dengan kecepatan akses mencapai 2 Mbps, sehingga dapat lebih mengeksplorasi kemampuan multimedia. Menurut rekomendasi dari ITU, terdapat tiga kategori pengklasifikasian *Key Performance Indicator* (KPI) untuk evaluasi jaringan UMTS yaitu: *accessibility*

Annisa Taufika Firdausi adalah mahasiswa Program Magister Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia. (email: annisa.tfirdausi@gmail.com)

Sholeh Hadi Pramono adalah Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, email : sholehpramono@gmail.com

Erni Yudaningtyas adalah Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, email : erni_yudaningtyas@yahoo.co.id

(kemampuan user untuk memperoleh layanan), *retainability* (kemampuan user dan sistem jaringan untuk mempertahankan layanan yang diperoleh), dan *integrity* (derajat pengukuran saat layanan berhasil diperoleh user) [1].

Saat pengguna mengakses layanan dalam keadaan bergerak, diperlukan adanya kontinuitas komunikasi. Proses ini dinamakan dengan *handover*, yaitu proses pengalihan kanal trafik secara otomatis pada *Mobile Station* (MS) yang sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan [2]. *Soft handover* menjadi salah satu kelebihan pada WCDMA, dimana hubungan baru dibangun sebelum hubungan lama dilepaskan [3]. Keberhasilan proses *soft handover* harus dipantau untuk mendapatkan detail penyebab terjadinya *drop call* [4].

Nilai keberhasilan *Soft handover* diukur dengan menghitung prosentase tingkat keberhasilan proses perpindahan sel pada MS selama melakukan komunikasi *mobile* tanpa terjadi pemutusan hubungan panggilan, yang disebut dengan *Soft Handover Success Rate* (SHOSR). Diagnosis faktor-faktor penyebab rendahnya SHOSR atau yang disebut dengan *low SHOSR* sangat diperlukan dalam pemantauan permasalahan *low SHOSR*.

Pembuatan perangkat lunak yang digunakan untuk diagnosis *low Handover Success Rate* (HOSR) pada jaringan GSM, membantu proses analisis serta menemukan penyebab terjadinya *low HOSR*. Pada penelitian sebelumnya menggunakan metode konvensional yang masih berupa aturan *if-then*, sehingga jika diperlukan adanya perbaikan atau penambahan pengetahuan akan cukup sulit untuk mengubah program di dalamnya [5].

Faktor-faktor penyebab *low SHOSR* akan didiagnosis menggunakan metode inferensi *backward chaining*. Metode ini merupakan salah satu metode inferensi dalam sistem pakar, yang tepat digunakan untuk memecahkan masalah diagnosis. Penelitian terkait aplikasi metode *backward chaining* telah banyak dilakukan untuk beberapa permasalahan. Metode *backward chaining* telah digunakan untuk mendiagnosis kerusakan monitor pada komputer dan berhasil didapatkan kumpulan data masalah yang dialami komputer berdasar kumpulan pengetahuan yang ada, serta solusi pemecahan masalahnya [6].

II. DASAR TEORI

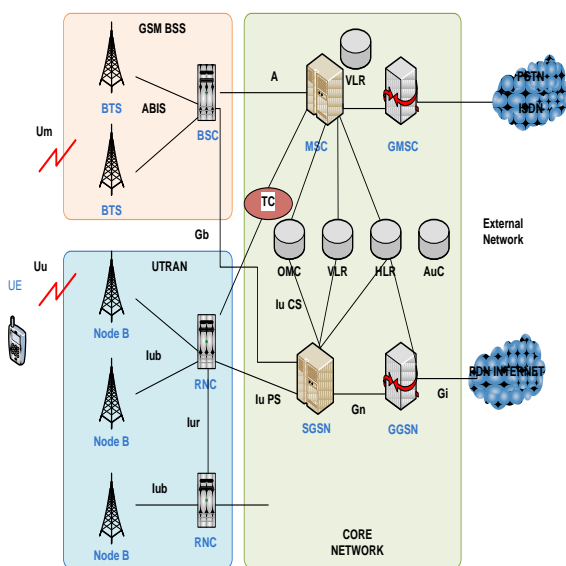
A. Sistem Komunikasi WCDMA

WCDMA merupakan suatu teknologi modulasi dan metode akses jamak yang bekerja berdasarkan teknologi *spread spectrum*, khususnya *Direct Sequence Spread Spectrum*. Sinyal informasi ditransmisikan melalui bidang frekuensi yang jauh lebih lebar dari bidang frekuensi sinyal informasi, atau dengan kata lain sinyal informasi ditransmisikan melalui proses penebaran sinyal informasi oleh kode penebar ke dalam bidang frekuensi yang lebar [7].

WCDMA merupakan teknologi radio *interface* dari sistem UMTS [8]. Sistem WCDMA memiliki standar *bandwidth* sebesar 5 MHz, yang juga dapat ditingkatkan sampai dengan 10 MHz hingga 20 MHz, serta memiliki kecepatan data yang tinggi sampai 144 kbps untuk mobilitas tinggi, 384 kbps untuk mobilitas rendah dan 2 Mbps pada keadaan statis (diam).

B. Arsitektur Jaringan WCDMA

UMTS *Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) terdiri atas *Radio Network System* (RNS), dimana setiap RNS meliputi *Radio Network Controller* (RNC) dan NodeB. Arsitektur jaringan 3G WCDMA digambarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Arsitektur Jaringan WCDMA

C. Soft Handover pada WCDMA

Handover adalah peristiwa perpindahan kanal MS, karena pergerakan MS keluar dari cakupan sel asal dan masuk ke cakupan sel baru [9]. Pada jaringan WCDMA terdapat dua jenis *handover*, yaitu *hard handover* dan *soft handover*. *Hard handover* merupakan pemutusan hubungan dengan kanal trafik lama sebelum terjadi hubungan baru. *Soft handover* merupakan *handover* yang terjadi antar sel dengan frekuensi *carrier* yang sama, pada *soft handover* UE memulai komunikasi dan membentuk hubungan dengan NodeB yang baru terlebih dahulu sebelum memutuskan hubungan dengan NodeB asal. *Soft handover* adalah *intra-frequency handover*

dimana sel target dan sel asal harus berada pada dua kondisi berikut:

- Berada pada RNC yang sama.
- Berada pada RNC yang berbeda, tetapi dengan *Inter interface* diantaranya.

Saat *User equipment* (UE) bergerak, sistem jaringan akan mengawasi dan mengukur setiap perubahan parameter pada UE. Jika nilai dari parameter mencapai ambang batas yang ditentukan, maka akan terjadi SHO. UE selalu memonitor kualitas koneksi dari sel yang berdekatan dan memberikan informasi ke RNC saat kualitas pengukuran memenuhi kriteria *events* yang ditentukan [2]. Pada UMTS *soft handover* termasuk dalam *intra-frequency handover*. Proses ini akan dibantu oleh *measurement report* yang dipicu oleh *active set* dan pengukuran kanal [10]. *Active set* merupakan *radio link* (RL) yang terkoneksi secara simultan pada SHO.

D. Soft Handover Events

Soft handover terjadi karena beberapa kondisi. Terdapat empat kondisi yang memicu terjadinya *soft handover*, yaitu [1]:

- *Event 1A* terjadi saat *Primary – Common Pilot Channel* (P-CPICH) yang tidak terdapat pada *active set* memasuki *reporting range*, sehingga RL tersebut akan ditambahkan ke *active set*.
- *Event 1B* terjadi saat P-CPICH yang termasuk dalam *active set* keluar dari *reporting range*, sehingga terjadi pemindahan RL
- *Event 1C* terjadi saat P-CPICH yang tidak termasuk dalam *active set* mempunyai daya lebih besar dibanding daya pada P-CPICH terendah yang termasuk dalam *active set*, sehingga terjadi penggantian RL pada *active set*.
- *Event 1D* terjadi saat daya P-CPICH yang terdapat dalam *active set* menjadi lebih besar dari daya pada sel terbaik pada *active set*.

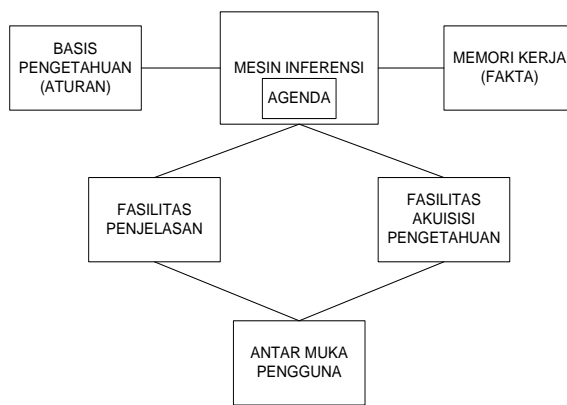
E. Key Performance Indicator (KPI) SHO

KPI merupakan pengaturan minimum untuk melacak kemajuan sistem menuju performansi yang ditargetkan. Selama pembangunan jaringan dan optimasi, ditetapkan beberapa set KPI. KPI SHOSR mendeskripsikan rasio kesuksesan *soft handover* dengan permintaan *soft handover*, seperti ditunjukkan dalam persamaan (1) [11].

$$SHOSR = \frac{\text{Soft Handover Success}}{\text{Soft Handover Request}} \times 100\% \quad (1)$$

F. Sistem Pakar

Secara umum sistem pakar (*expert system*) adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Dengan sistem pakar, orang awampun dapat menyelesaikan masalah yang cukup rumit yang sebenarnya hanya dapat diselesaikan dengan bantuan para ahli [12]. Arsitektur sistem pakar ditunjukkan dalam Gambar 2.



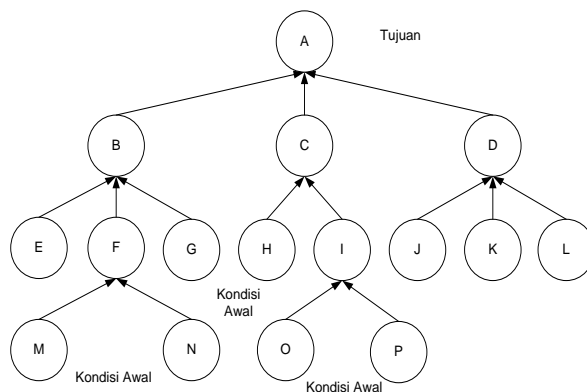
Gambar 2 Arsitektur Sistem Pakar

Proses pengalihan keahlian dari para ahli ke komputer untuk kemudian dialihkan lagi ke orang lain yang bukan ahli membutuhkan 4 aktivitas yaitu:

- Tambahkan pengetahuan (dari para ahli atau sumber-sumber lainnya)
- Representasi pengetahuan (ke komputer)
- Inferensi pengetahuan
- Pengalihan pengetahuan ke *user*

G. Inferensi Backward Chaining

Mesin inferensi (*inference engine*) merupakan pusat pengambilan keputusan pada sistem pakar dengan penyesuaian fakta-fakta pada memori dengan basis pengetahuan untuk mendapatkan kesimpulan dan jawaban dari permasalahan. Backward chaining adalah suatu strategi pengambilan keputusan dimulai dari pencarian solusi dari kesimpulan kemudian menelusuri fakta-fakta yang ada hingga menemukan solusi yang sesuai dengan fakta-fakta yang diberikan pengguna [13]. Alur inferensi backward chaining ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3 Inferensi Backward Chaining

III. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Cara memperoleh Data

Jenis data yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder memberikan kumpulan data hasil pengukuran parameter-parameter *soft handover* maupun kualitas layanan yang diperoleh dari data KPI harian oleh operator seluler. Data sekunder diperoleh dari buku-buku literatur, jurnal,

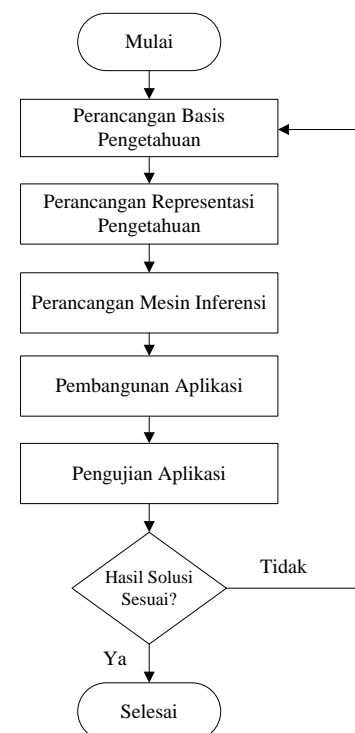
buku panduan *vendor* telekomunikasi, serta panduan standar 3GPP untuk WCDMA.

B. Variabel dan Cara Analisis Data

Variabel-variabel pada parameter SHO dilihat dari sisi *uplink* dan *downlink* adalah kualitas sinyal, level sinyal, dan interferensi. Parameter SHO *factor* merupakan parameter untuk melihat keadaan kanal *uplink* maupun *downlink* yang akan berpengaruh pada proses SHO. SHO *fail* sebagai parameter untuk mengetahui tingkat kegagalan di tingkat RNC.

C. Kerangka Solusi Masalah

Tahapan solusi masalah dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir Gambar 4. Tahapan-tahapan ini merupakan proses dalam membangun sistem yang akan mendiagnosis *low SHOSR*.



Gambar 4 Diagram Alir Solusi Permasalahan

Penjelasan proses dalam Gambar 4 adalah sebagai berikut:

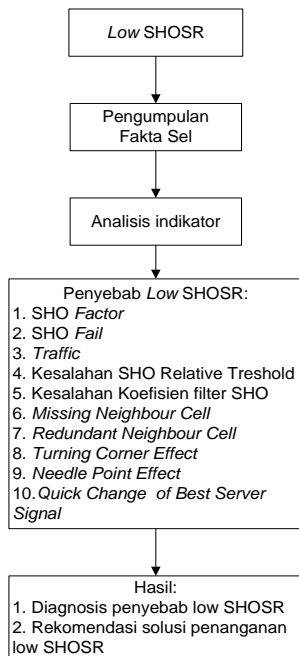
- **Perancangan Basis Pengetahuan**
Basis pengetahuan dibentuk dengan mengumpulkan fakta untuk memperoleh data kondisi sel dari faktor SHO, kegagalan SHO, keadaan trafik, permintaan SHO, serta relasi antar sel. Solusi yang diberikan berupa rekomendasi penanganan untuk masing-masing penyebab *low SHOSR*.
- **Perancangan Representasi Pengetahuan**
Proses diagnosis menggunakan model representasi pengetahuan yang berbasis aturan (*rule based system*).
- **Perancangan Mesin Inferensi**
Mesin inferensi yang digunakan adalah mesin inferensi penalaran balik (*backward chaining*).

- **Membangun Aplikasi**
Pembangunan aplikasi dilakukan pembuatan *prototype*, dengan mengolah dan menyimpan data yang telah didapatkan.
- **Pengujian Aplikasi**
Pengujian aplikasi dilakukan dengan menerapkan aplikasi, melalui proses simulasi dengan memasukkan fakta-fakta yang ada pada sel yang mengalami *low SHOSR*. Apabila terdapat ketidaksesuaian, maka kembali pada proses perancangan representasi pengetahuan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Representasi Pengetahuan

Pada proses representasi pengetahuan, dilakukan pengumpulan fakta-fakta kondisi *SHO factor*, *SHO fail*, *SHO attempt*, dan relasi sel pada sebuah sel yang telah mengalami *low SHOSR*. Rekomendasi ITU untuk *SHOSR* adalah < 98 % [11]. Bagan proses representasi pengetahuan disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Alir Solusi Permasalahan

Hasil representasi pengetahuan untuk fakta penyebab *low SHOSR* ditampilkan dalam Tabel I. Sistem akan mendiagnosis sepuluh permasalahan. Setiap permasalahan diberikan kode sebagai inisialisasi.

TABEL I
REPRESENTASI PENGETAHUAN MASALAH PENYEBAB *LOW SHOSR*

No.	Masalah	Kode
1.	SHO Factor	M01
2.	SHO Fail	M02
3.	Traffic	M03
4.	Kesalahan SHO Relatif Treshold	M04
5.	Kesalahan pada koefisien filter SHO	M05
6.	Missing Neighbour Cell	M06
7.	Redundant Neighbour Cell	M07
8.	Turning Corner Effect	M08
9.	Needlepoint Effect	M09
10.	Quick Change of Best Server Signal	M10

Hasil representasi pengetahuan untuk diagnosis *low SHOSR* ditampilkan dalam Tabel II. Pada representasi pengetahuan untuk kondisi sel, terdapat 11 kondisi sel yang akan menjadi kriteria pada setiap permasalahan penyebab *low SHOSR*. Setiap kondisi diberikan kode sebagai inisialisasi.

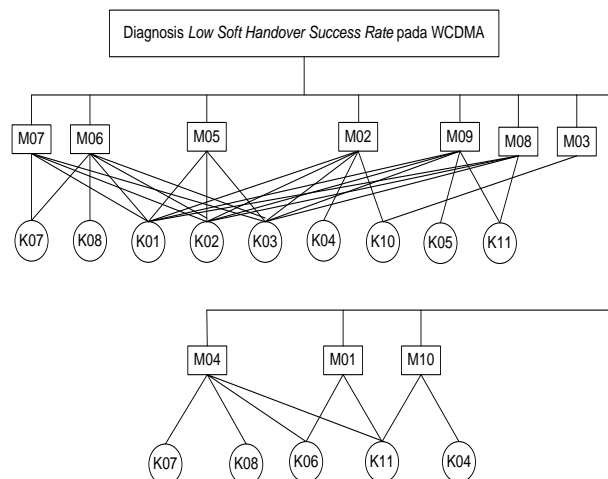
TABEL II
REPRESENTASI PENGETAHUAN KONDISI SEL DENGAN *LOW SHOSR*

No.	Kondisi Sel	Kode
1.	Call Setup Succes Rate Voice (CSSR Voice)	K01
2.	Call Setup Succes Rate Packet Switch (CSSR PS)	K02
3.	Call Setup Succes Rate Video (CSSR Video)	K03
4.	SHO fail	K04
5.	PS Throughput	K05
6.	CPICH RSCP	K06
7.	Jumlah Neighbour Cell	K07
8.	Jumlah Neighbour Cell	K08
9.	SHO Blocking	K09
10.	Node B Controlled SHO Fail	K10
11.	CPICH E _c /I ₀	K11

B. Proses Inferensi

Dalam proses inferensi, mesin inferensi memeriksa status dari basis pengetahuan untuk menentukan fakta-fakta yang diketahui.

Hasil dari representasi pengetahuan akan diproses menggunakan inferensi *backward chaining* dengan mekanisme pohon inferensi, yang ditunjukkan dalam ilustrasi Gambar 6.



Gambar 6 Inferensi Backward Chaining Diagnosis Low SHOSR

Pengetahuan mengenai masalah penyebab *low SHOSR* dan kondisi sel yang mengalami *low SHOSR* akan disimpan dalam aturan-aturan berbentuk IF-THEN. Tabel III menampilkan tabel susunan aturan yang berhubungan dengan penyebab *low SHOSR*, pada kondisi sel yang mengalami *low SHOSR*, dan pencarian letak permasalahan yang menjadi penyebab *low SHOSR*.

TABEL III
SUSUNAN ATURAN SISTEM DIAGNOSIS *Low SHOSR* JARINGAN WCDMA

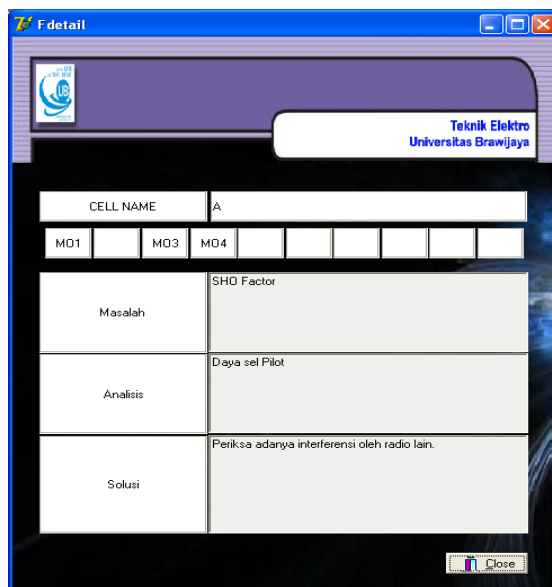
No.	If	Then
1.	K06 AND K11	M01
2.	K01 AND K02 AND K03 AND K04 AND K10	M02
3.	K05	M03
4.	K06 AND K07 AND K08 AND K11	M04
5.	K01 AND K02 AND K03	M05
6.	K07 AND K08 AND K01 AND K02 AND K03	M06
7.	K07 AND K01 AND K02 AND K03	M07
8.	K01 AND K02 AND K03 AND K11	M08
9.	K01 AND K02 AND K03 AND K05 AND K11	M09
10.	K04 AND K11	M10

Dalam penelitian ini selain mendiagnosis permasalahan penyebab *low SHOSR*, juga akan diberikan rekomendasi penanganan permasalahan.

B. Pengujian

Pada tahap ini sistem akan diuji apakah dapat dijalankan sesuai dengan rancangan susunan *if-then rule*. Langkah-langkah untuk pengujian sistem ini adalah sebagai berikut:

- Program dijalankan
- Data semua sel pada suatu daerah dimasukkan dan akan tersimpan dalam *database* sistem.
- Sistem akan menelusuri sel mana saja yang memiliki *SHOSR* di bawah standar KPI dan akan menggolongkan ke dalam *database* sel yang mengalami *low SHOSR*.
- Sistem akan mendiagnosis sel-sel yang mengalami *low SHOSR*. Hasil diagnosis ditampilkan dalam Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Diagnosa dan Rekomendasi Solusi Sel dengan *Low SHOSR*

Hasil pengujian didapatkan satu sel, yaitu sel A yang

mengalami *low SHOS*, dengan permasalahan sebagaimana disajikan dalam Tabel IV.

TABEL IV
HASIL DIAGNOSIS PADA SEL A

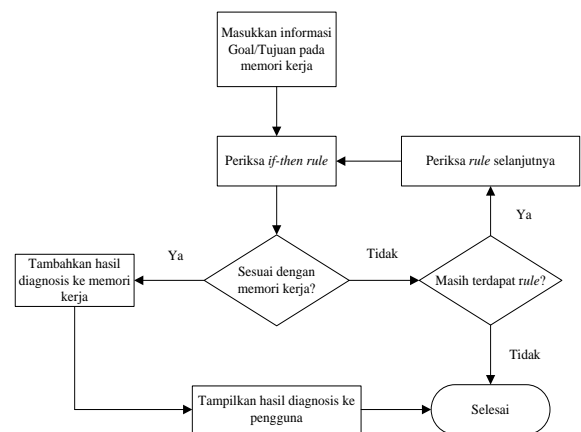
No.	Masalah Penyebab <i>Low SHOSR</i>	Bagian yang Memerlukan Optimasi atau Perbaikan	Rekomendasi
1.	SHO Factor	Daya sel Pilot	Periksa adanya interferensi oleh radio lain.
2.	Kesalahan SHO Relative Threshold	Nilai <i>reporting range</i> , pada threshold <i>Event 1A</i> dan <i>Event 1B</i>	Sesuaikan nilai threshold untuk <i>Event 1A</i> yang berbeda dengan <i>Event 1B</i> .

Sel A dengan kondisi sel CPICH RSCP < -85 dB dan CPICH $E_c/I_0 > -12$ dB mengalami masalah SHO Factor. Selain itu sel A juga mengalami kesalahan SHO *Relative Threshold* karena kondisi CPICH RSCP < -85 dB, CPICH $E_c/I_0 > -12$ dB, dan jumlah aktif set sel > 32 sel.

C. Analisis

Tahap analisis pada penelitian ini dibagi menjadi tiga yaitu analisis algoritma inferensi *backward chaining*, diagram konteks, dan aliran data atau *data flow diagram* (DFD) yang ada pada sistem diagnosis masalah penyebab *low SHOSR*.

Algoritma inferensi *backward chaining* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah *low SHOSR* pada penelitian ini digambarkan dalam Gambar 8.

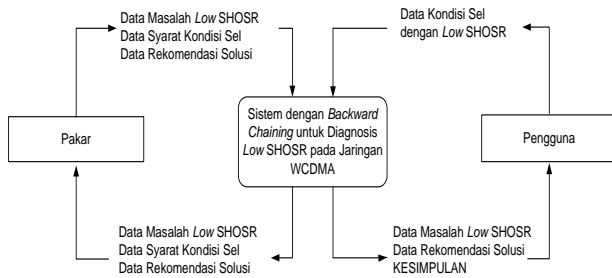


Gambar 8 Algoritma Diagnosis *Low SHOSR* dengan Inferensi Backward Chaining

Untuk mendiagnosis *low SHOSR*, pertamakali ditentukan *goal* atau tujuan, yaitu fakta yang merupakan bagian simpulan dari aturan. Mesin inferensi akan mencari aturan-aturan dengan fakta kondisi sel yang memenuhi kriteria sesuai dengan himpunan fakta masukan. Apabila fakta-fakta kondisi sel memenuhi kriteria, maka aturan dapat digunakan. Jika tidak, maka dilanjutkan ke aturan berikutnya. Apabila semua aturan telah dianalisis dan tidak ada yang memenuhi, maka tujuan tidak ada.

Gambaran diagram konteks pada penelitian ini digambarkan dalam Gambar 9.

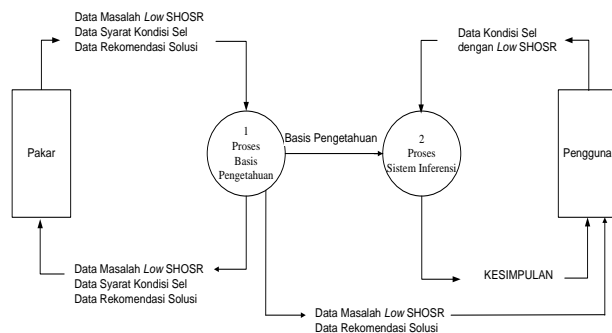
Diagram konteks pada sistem ini terdiri dari tiga bagian yaitu:



Gambar 9 Diagram Konteks

- Proses dalam sistem ini yaitu proses dalam sistem inferensi *backward chaining* untuk mendiagnosis *low SHOSR* pada jaringan WCDMA.
- Data masukan dan keluaran dalam sistem ini adalah sebagai berikut:
 - Data Masukan: data masalah *low SHOSR*, data syarat kondisi sel, data rekomendasi solusi, data kondisi sel dengan *low SHOSR*
 - Data Keluaran: data masalah *low SHOSR*, data rekomendasi solusi,
- Dalam sistem ini terdapat dua entitas luar yaitu pakar dan pengguna, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:
 - Pakar: dapat menambah, memperbarui, dan menghapus data, dalam hal ini bisa seorang pakar telekomunikasi atau senior *engineer* pada *provider* telekomunikasi X yang telah berpengalaman.
 - Pengguna: orang yang menggunakan sistem untuk mengetahui masalah penyebab *low SHOSR*, dalam hal ini pengguna adalah para *engineer* dari *provider* telekomunikasi X.

DFD level 1 untuk sistem diagnosis *low SHOSR* ditampilkan dalam Gambar 10.



Gambar 10 Data Flow Diagram Level 1

Dalam sistem diagnosis *low SHOSR*, semua data

masalah penyebab *low SHOSR*, syarat kondisi sel, dan rekomendasi solusi merupakan proses pembangunan basis pengetahuan. Proses ini berguna untuk mengolah data ke dalam proses sistem inferensi dan akan menghasilkan kesimpulan hasil diagnosis berupa masalah penyebab *low SHOSR* pada sel yang bermasalah, serta memberkan rekomendasi solusi kepada pengguna.

V. KESIMPULAN

Hasil seluruh proses penelitian dalam tesis ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penelitian ini menghasilkan aplikasi sistem untuk mendiagnosis 10 permasalahan berdasarkan kondisi pada suatu sel yang mengalami *low SHOSR* dengan menggunakan metode inferensi *Backward Chaining*.
- Aplikasi sistem selain mendiagnosis permasalahan sel yang mengalami *low SHOSR*, juga memberikan informasi dimana permasalahan terjadi dan merekomendasikan solusi penanganannya.
- Program aplikasi sistem pakar ini telah berjalan sesuai dengan penelitian terdahulu mengenai penggunaan metode inferensi *Backward Chaining* untuk mendiagnosis kerusakan pada monitor komputer yang dapat mengetahui letak kerusakan monitor computer serta memberikan solusi untuk memperbaiki monitor computer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wardhana, L. 2011. *2G/3G RF Planning and Optimization for Consultant*. Jakarta: www.nulisbuku.com.
- [2] Huawei. 2005. *WCDMA RNO Handover Procedure Analysis Guidance*. Huawei Technologies Co., Ltd.
- [3] Huawei. 2009. *W-Handover and Call Drop Problem Optimization Guide*. Huawei Technologies Co., Ltd.
- [4] Al-Amin, B. A. 2010 *Aplikasi Monitoring dan Analisis Jaringan 3G Berbasis Web*. Jakarta: Universitas Mercu Buana
- [5] Adhi, A. R. 2011. *Analisis Optimasi Handover Successfull Rate terhadap TCH Drop Rate pada Jaringan GSM*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [6] Dahria, M. 2012 *Implementasi Backward Chaining untuk Mengetahui Kerusakan Monitor Komputer*. Jurnal ilmiah SAINTIKOM.
- [7] Santoso G., 2008. Teknik Telekomunikasi. <http://gatsan.dosen.akprind.ac.id/files/2008/09/ebook-gatot-santoso-3.pdf> diakses tanggal 30 November 2013.
- [8] Lempiainen, J., Manninen, M. 2002. *Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS*. USA: Kluwer Academic Publisher.
- [9] Kurniawan, U. 2008. *Konsep Teknologi Seluler*. Penerbit Informatika.
- [10] Chevalier, C., Brunner, C., Garavaglia, A., Murray, K., P., Baker, K., R. 2006. *WCDMA (UMTS) Deployment Handbook*. John Wiley and Sons, Ltd.
- [11] Huawei. 2013. UTRAN Key Performance Indicators. www.huawei.com diakses tanggal 31 Juli 2013.
- [12] Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [13] Kusrini. 2006. *Sistem Pakar Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.