

Rule Base System Untuk Mendukung Surveillance Epidemi Penyakit Menular di Kota Makassar Menggunakan SMS Gateway

Dimiyati¹, Ingrid² dan Niswar³

¹Pascasarjana Sistem Komputer, STMIK Handayani Makassar

²Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

email : ¹khakhakoe@gmail.com

Abstrak

Rule Base System untuk Mendukung Surveillance Epidemi Penyakit Menular di Kota Makassar dengan menggunakan SMS Gateway. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan aplikasi yang menerapkan metode penalaran berbasis aturan (rule-based reasoning) untuk menentukan status Kejadian Luar Biasa (KLB) dan mendukung kegiatan surveillance epidemi penyakit menular di Kota Makassar. Deteksi KLB epidemi penyakit menular dapat dilakukan dengan menggunakan sistem berbasis aturan. Aturan dalam sistem ini dibangun berdasarkan metode deteksi KLB dengan EWMA, CUSUM dan Temporal Detection Method dengan persentil bergerak. Metode EWMA dan CUSUM digunakan untuk menghitung nilai batas ambang bagi angka kejadian epidemi penyakit menular yang masih dalam batas kontrol. Temporal Detection Method dengan persentil bergerak digunakan untuk mendeteksi penyimpangan data kejadian di atas normal. Jika angka kejadian melewati batas ambang atau di atas normal, maka dikatakan telah terjadi KLB. Penggunaan SMS gateway dalam sistem ini merupakan teknik yang dipakai untuk memperoleh data kejadian epidemi penyakit menular melalui SMS. Penggunaan SMS sangat mendukung koleksi data kejadian epidemi penyakit menular sebagai salah satu kegiatan surveillance. Secara keseluruhan sistem ini mampu bekerja lebih cepat dibandingkan sistem manual untuk menentukan status KLB. Selain itu mampu mengintegrasikan kegiatan pengumpulan, pengolahan, analisa, interpretasi data, dan distribusi informasi secara sistematis, dan terus menerus sebagai suatu rangkaian kegiatan surveillance epidemi penyakit.

Kata kunci : Rule Based System, backward chaining, SMS gateway, surveillance epidemi penyakit

Abstract

Rule Base System Supporting the Monitoring Outbreaks of Infectious Diseases in Makassar using SMS Gateway. This research aims to produce applications that implement rule-based reasoning method to determine the status of Extraordinary Events (KLB) and support the activities of epidemics of communicable disease surveillance in Makassar. Detection of epidemic outbreaks of infectious disease can be performed using a rule-based system. Rules in this system is built on outbreak detection method with EWMA, CUSUM and Temporal Detection Method by moving percentile. EWMA and CUSUM method used to calculate the threshold value for the occurrence of epidemics of infectious diseases are still in control. Temporal Detection method moving percentile is used to detect deviations of occurrence data above normal. If events over the threshold or above normal, then it is said to have an outbreak. The use of SMS gateway in this system is a technique used to obtain data on the incidence of infectious diseases via SMS. SMS usage is very supportive epidemic occurrence data collection as one infectious disease surveillance activities. Overall the system is able to work faster than the manual system to determine the status of outbreaks. In addition it is able to integrate the activities of collecting, processing, analyzing, interpreting data, and disseminating information in a systematic and sustainable as a series of epidemic disease surveillance activities.

Keywords : Rule Based System, backward chaining, SMS gateway, epidemic disease surveillance.

1. Pendahuluan

Penggunaan sistem berbasis aturan dapat dipadukan dengan pemanfaatan telepon genggam sebagai perangkat telemonitoring data kesehatan pasien. Peringatan dini tentang kondisi kesehatan pasien serta tindakan yang perlu diambil dapat dihasilkan dari sistem ini. Masukan yang dibutuhkan seperti data berat badan, tekanan darah dan detak jantung pasien dikirimkan sebagai teks pesan melalui telepon genggam. Melalui sistem ini biaya dan waktu kunjungan pasien ke pusat kesehatan dapat ditekan [1].

Pemanfaatan rule based system juga telah dikerjakan dalam bidang industri. Sistem ini mampu menentukan desain proses pencetakan alloy pada setiap lini produksi dengan mengevaluasi spesifikasi alloy yang diinginkan dari pelanggan. Parameter dalam proses pencetakan alloy meliputi ukuran geometri, akurasi pencetakan, kuantitas produksi, dan biaya produksi. Berdasarkan parameter tersebut dan spesifikasi yang diinginkan serta kemampuan produksi yang dimiliki perusahaan, sistem berbasis aturan yang diterapkan pada desain proses produksi mampu memangkas biaya pada setiap lini produksi. Pada akhirnya sistem ini memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan bagi perusahaan [2].

Metode pengumpulan data survei dalam bidang kesehatan menggunakan SMS telah terbukti layak. Tingkat respon yang cepat dengan biaya yang murah menjadi keunggulan teknologi SMS ini. Keunggulan ini disebabkan SMS menggunakan jaringan Global System for Mobile (GSM) yang telah dibangun operator seluler dengan tarif SMS yang semakin murah. Kelebihan teknologi SMS berikutnya adalah dukungan area yang tak terbatas karena SMS mendukung roaming nasional dan internasional. SMS dapat dilakukan setiap saat, apabila server SMS gateway dalam kondisi off, SMS tersimpan di basis data milik operator seluler selama beberapa hari sampai SMS gateway dalam kondisi on dan SMS diterima. Teknologi SMS gateway terbukti merupakan teknologi yang handal (reliable) dan efektif untuk menangani pengiriman dan penerimaan SMS secara massal dan dapat disimpan dalam database [3].

Dengan kemampuan inferensi rule based system dan teknologi SMS gateway, penelitian ini mengintegrasikan keduanya untuk menangani permasalahan surveillance epidemi penyakit menular. Surveillance dan prediksi Kejadian Luar Biasa (KLB) penyakit menjadi permasalahan kesehatan masyarakat yang penting di negara tropis. Penyakit menular, seperti demam berdarah dengue termasuk penyakit yang berpotensi KLB karena merupakan penyakit menular dengan masa inkubasi yang cepat dan terjadi di daerah padat hunian. KLB penyakit menular dapat dideteksi dengan segera melalui sistem kewaspadaan dini. Sistem kewaspadaan dini memerlukan pelaporan dan pengolahan data kejadian yang cepat. Pemanfaatan rule based system dan teknologi SMS gateway diharapkan menjadi solusi bagi sistem kewaspadaan dini KLB penyakit menular

2. Kejadian Luar Biasa Epidemi Penyakit

Kejadian Luar Biasa (KLB) atau *outbreak* adalah peningkatan insidensi kasus yang melebihi ekspektasi normal secara mendadak pada suatu komunitas, di suatu tempat terbatas, misalnya desa, kecamatan, kota, atau institusi yang tertutup (misalnya sekolah, tempat kerja, atau pesantren) pada suatu periode waktu tertentu. KLB menunjukkan terjadinya kasus penyakit dengan jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan kondisi normal di suatu wilayah pada periode tertentu [4]. Pada hakikatnya *outbreak* sama dengan epidemi (wabah). *Outbreak* biasanya digunakan untuk suatu keadaan epidemik yang terjadi pada populasi dan area geografis yang relatif terbatas.

3. Surveillance

Surveillance adalah pengumpulan, pengolahan, analisis data kesehatan secara sistematis dan terus menerus, serta diseminasi informasi tepat waktu kepada pihak-pihak yang perlu mengetahui sehingga dapat diambil tindakan yang tepat. Surveillance epidemiologi merupakan upaya yang sangat penting dalam mengatasi, mengendalikan serta menanggulangi penyebaran penyakit menular.

Tujuan dari pelaksanaan surveillance antara lain :

1. Memprediksi dan mendeteksi epidemi
2. Memonitor, mengevaluasi, dan memperbaiki program pencegahan penyakit
3. Menyediakan informasi untuk penentuan prioritas pengambilan kebijakan
4. Monitoring dan estimasi dampak penyakit di masa mendatang
5. Mengidentifikasi kebutuhan riset dan investigasi lebih lanjut.

4. Metode Deteksi KLB

Deteksi KLB yang paling sederhana (konvensional) dilakukan dengan membandingkan jumlah kejadian bulanan dengan kejadian bulan sebelumnya, jumlah kejadian bulanan pada tahun tertentu dengan jumlah kejadian selama satu bulan di tahun sebelumnya. Metode deteksi KLB yang lebih rumit di antaranya adalah dengan penggunaan metode *Exponential Weighted Moving Average* (EWMA) dan *Cumulative Sum* (CUSUM). Kedua metode tersebut merupakan metode analisa terhadap data runtun waktu (*time-series*), dan dapat diterapkan pada pengamatan data kejadian penyakit harian maupun mingguan.

a. Deteksi KLB menggunakan EWMA

Pada metode deteksi KLB menggunakan EWMA, jika data terobservasi adalah $X_t \sim N(\mu, \sigma^2)$, maka nilai EWMA pada saat t dihitung dengan persamaan (2.5) sebagai berikut :

$$Z_t = \lambda \bar{X}_t + (1 - \lambda)Z_{t-1} \quad (2.5)$$

Batas atas (*Upper Control Limit* = UCL) dihitung dengan persamaan :

$$UCL = \mu + k\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)} \quad (2.6)$$

dengan

Z_t = nilai pada saat ke t

λ = nilai pembobot

k = koefisien batas kontrol

\bar{X}_t = rata-rata data

Z_{t-1} = data saat sebelumnya

UCL = *Upper Control Limit* (batas atas)

σ = simpangan baku

μ = rata-rata data

Nilai k dan λ dapat diatur (*adjustable*), pada beberapa literatur nilai k ditetapkan sebesar 0,5 dan nilai λ ditetapkan sebesar 0,1 [6].

Penghitungan rata-rata dilakukan dengan persamaan :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.7)$$

Simpangan baku (standar deviasi) dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad (2.8)$$

Dengan

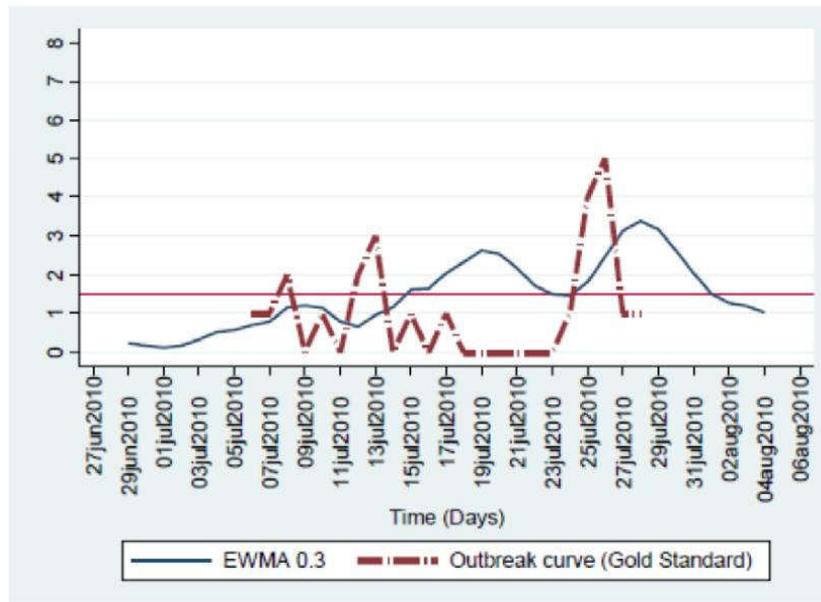
X_i = data ke i

n = jumlah data

μ = rata-rata data

σ = simpangan baku

Metode EWMA efektif untuk mendeteksi perubahan yang kecil dalam grafik kecenderungan penyakit [7]. Gambar 1 menggambarkan plot data dalam bentuk grafik kejadian penyakit harian dengan metode EWMA. Garis horisontal merupakan batas atas, sehingga setiap nilai data di atas garis tersebut merupakan tanda terjadinya KLB



Gambar 1 Plot nilai metode EWMA untuk data kejadian penyakit [7]

b. Deteksi KLB menggunakan CUSUM

Pada metode CUSUM, andaikan $\{y_t, t = 1, 2, \dots\}$ adalah data kejadian penyakit yang diamati, nilai CUSUM pada saat t didefinisikan secara iteratif dengan persamaan (2.9) berikut :

$$C_t = \max\left\{0, C_{t-1} + \left(\frac{y_t - \mu_t}{\sigma_t} - k\right)\right\}; C_0 = 0 \tag{2.9}$$

dengan:

C_t = nilai CUSUM pada saat t

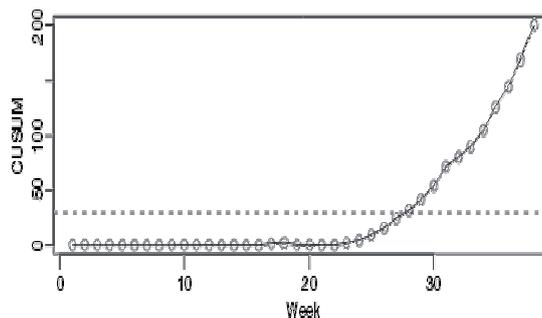
k = koefisien batas kontrol, dengan $0 < k < 3$, biasanya bernilai 0,5

y_t = data pada saat t (jumlah kejadian penyakit saat t)

μ_t = rata-rata data dasar

σ_t = simpangan baku

Gambar 2 menunjukkan data yang telah diplot dalam bentuk grafik kejadian penyakit mingguan dengan metode CUSUM. Garis horisontal merupakan batas ambang ($h=5$), sehingga setiap nilai di atas garis tersebut merupakan tanda terjadinya KLB [8].



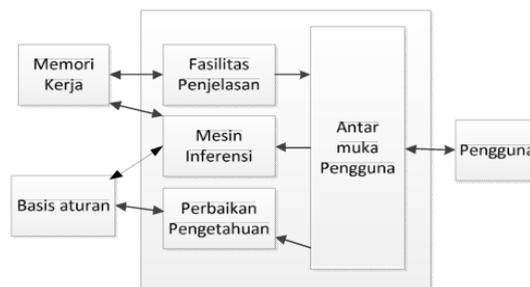
Gambar 2 Plot nilai CUSUM pada data kejadian penyakit mingguan [8]

5. Sistem Pakar Berbasis Aturan (*Rule-Based Expert System*)

Sistem pakar adalah program komputer yang dirancang untuk memecahkan masalah dalam domain tertentu dengan melibatkan kepakaran atau keahlian manusia. Pengetahuan yang dibangun di dalam sistem biasanya diperoleh dari para ahli di lapangan. Sistem pakar dapat meniru proses berpikir dari para ahli dan membuat kesimpulan logis sesuai pengetahuan [9]

Salah satu tipe sistem pakar yang populer adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*). Pendekatan sistem berbasis aturan banyak dilakukan dalam implementasi sistem pakar karena memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut [10] :

- Bersifat modular sehingga memudahkan pengembangan sistem karena untuk melakukan penambahan aturan tidak mengganggu struktur aturan yang sudah ada. Dalam sistem berbasis aturan, aturan dan program merupakan hal yang terpisah.
- Alami dan mirip dengan proses kognitif manusia sehingga representasi sederhana aturan tersebut dalam bentuk IF-THEN mudah dipahami.



Gambar 3 Struktur Sistem Pakar Berbasis Aturan [11].

a. Basis Aturan

Basis aturan merupakan inti dari suatu sistem pakar yang berupa representasi pengetahuan dari pakar. Basis aturan disebut juga basis pengetahuan (*knowledgebase*). Basis pengetahuan merupakan hasil akuisisi dan representasi pengetahuan dari seorang pakar dan juga dapat dihasilkan dari berbagai sumber seperti buku, laporan, basis data, studi kasus, dan data empiris. Komponen sistem pakar ini disusun atas dua elemen dasar, yaitu fakta dan aturan. Fakta merupakan informasi tentang obyek dalam area permasalahan tertentu, sedangkan aturan merupakan informasi tentang cara memperoleh fakta baru dari fakta yang telah diketahui [12]. Basis pengetahuan digunakan oleh mekanisme inferensi untuk melakukan penalaran dan menarik kesimpulan.

Aturan produksi tersebut dapat diekspresikan melalui *pseudocode* dengan format **IF ... THEN** dengan contoh sebagai berikut :

```

Rule : jumlah_kasus
         IF jumlah_kasus > batas_ambang
         THEN Terjadi KLB
  
```

Bagian di antara **IF** dan **THEN** dinamakan anteseden, dan setelah **THEN** dinamakan konsekuen. Bagian konsekuen akan dilaksanakan ketika ada aturan yang dieksekusi (*fired*).

Dalam penelitian ini basis aturan untuk aplikasi disusun dalam Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Basis Aturan

R1	IF $Current_Month_Evidence > Last_Month_Evidence$ OR $Monthly_In_Current_Year_Evidence > Monthly_In_Last_Year_Evidence \times 2$ THEN Terjadi KLB dengan metode konvensional
R2	IF $weekly_evidence > P_{80}$ THEN Terjadi KLB dengan metode persentil bergerak
R3	IF $weekly_evidence > P_{50}$ AND $weekly_evidence < P_{80}$ AND $t_hitung > t_table$ THEN Terjadi KLB dengan metode persentil bergerak
R4	IF $weekly_evidence < P_{50}$ AND $weekly_evidence > P_{10}$ AND $SDM_showing_spatial_clustering$ THEN Terjadi KLB dengan metode persentil bergerak
R5	IF $Zt > UCL$ THEN Terjadi KLB dengan metode EWMA
R6	IF Ct THEN Terjadi KLB dengan metode CUSUM
R7	IF Terjadi KLB menurut metode konvensional THEN Terjadi KLB secara umum
R8	IF Terjadi KLB 2 menurut metode persentil bergerak THEN Terjadi KLB secara umum
R9	IF Terjadi KLB 3 menurut metode EWMA THEN Terjadi KLB secara umum

b. Memori Kerja

Memori kerja merupakan himpunan fakta yang diketahui tentang domain. Memori kerja menjadi media penyimpanan dan membantu sistem fokus dalam pemecahan masalahnya. Memori kerja juga merupakan sarana bagi aturan dalam sistem berkomunikasi satu sama lain. Data aktual dalam memori kerja tergantung pada jenis aplikasi. Memori kerja pada penelitian ini diimplementasikan dalam bentuk tabel dan data bertipe larik .

c. Antarmuka Pengguna (*user interface*)

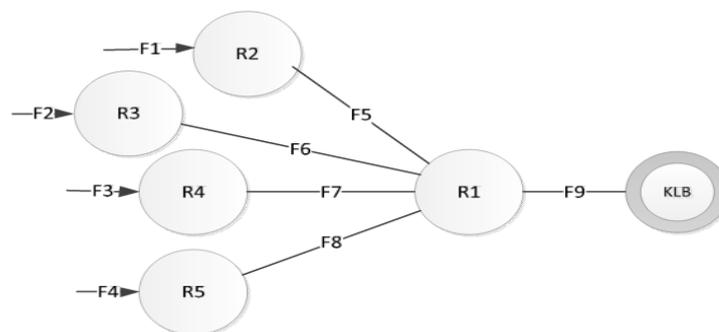
Antarmuka pengguna (*user interface*) merupakan mekanisme yang digunakan oleh pengguna sistem pakar untuk berkomunikasi dengan sistem pakar tersebut. Pada bagian ini terjadi dialog antara program dan pemakai yang memungkinkan sistem pakar menerima masukan instruksi dan informasi dari pemakai, serta memberikan informasi (*output*) kepada pemakai.

d. Mesin Inferensi

Komponen ini merupakan mekanisme pola pikir dan penalaran yang digunakan oleh pakar dalam menyelesaikan suatu masalah. Pada sistem berbasis aturan mesin inferensi menentukan bagian anteseden yang cocok dengan fakta dengan cara memanipulasi dan mengarahkan kaidah dan fakta yang disimpan dalam basis pengetahuan untuk mencapai solusi atau kesimpulan. Jika ada suatu fakta yang dimuat di memori kerja yang cocok dengan aturan maka dikatakan aturan tersebut diaktivasi. Jika ada beberapa aturan yang cocok dengan fakta maka mesin inferensi harus dapat memilih aturan yang akan dieksekusi (*fired*). Mesin inferensi

bekerja dalam siklus dan melakukan perulangan hingga sebuah kriteria tertentu yang menyebabkan iterasi dihentikan [10].

Terdapat dua pendekatan dalam inferensi sistem berbasis aturan, yakni perunutan maju (*forward chaining*) dan perunutan mundur (*backward chaining*). Perunutan mundur dimulai dari tujuan atau solusi akhir yang ingin dicapai, kemudian mencari fakta yang sesuai tujuan tersebut. diperlihatkan di Gambar 4 :



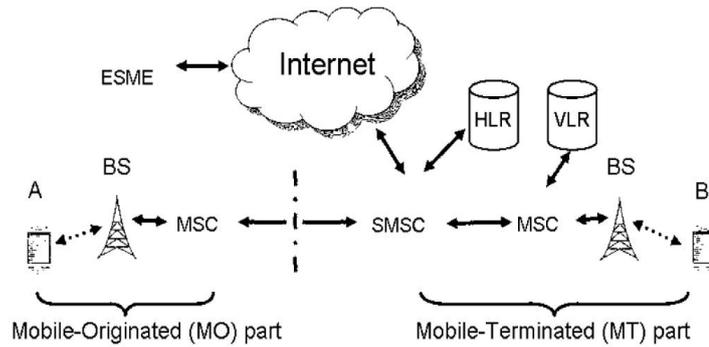
Gambar 4 Contoh perunutan mundur KLB

Pada Gambar 4 tujuan (*goal*) dari perunutan adalah KLB. Untuk membuktikan KLB maka F9 harus dibuktikan dengan R1. Sedangkan R1 harus mengecek F5, F6, F7, dan F8 yang dibuktikan lebih dulu masing-masing dengan menggunakan R2, R3, R4, dan R5. R2 harus mengecek fakta F1, R3 harus mengecek fakta F2, R4 harus mengecek fakta F3, dan R5 harus mengecek fakta F4. Apabila F1, F2, F3, dan F4 telah terbukti maka *goal* F9 akan terbukti..

6. Short Message Service (SMS) Gateway

Short Message Service merupakan mekanisme pengiriman pesan singkat melalui jaringan selular yang menyimpan sementara dan meneruskan kembali pesan sistem dari telepon seluler. Pesan dari telepon seluler pengirim disimpan dalam *SMS center* yang kemudian meneruskannya ke nomor tujuan. Ketika penerima tidak aktif pesan singkat disimpan dan dapat dikirim kemudian. Setiap pesan singkat dapat tidak lebih dari 160 (seratus enam puluh) karakter, sedangkan karakter ini dapat berupa teks (alfanumerik) ataupun berupa pesan biner.

SMS gateway merupakan perangkat atau layanan yang melayani transmisi SMS; mengubah pesan untuk lalu lintas jaringan selular dari media lain, atau sebaliknya, sehingga memungkinkan pengiriman atau penerimaan pesan SMS dengan atau tanpa menggunakan telepon seluler. *SMS gateway* merupakan cara yang paling cepat dan dapat diandalkan untuk pengiriman dan penerimaan SMS sistem [3]. Gambar 5 menunjukkan arsitektur jaringan komunikasi data SMS.



Gambar 5 Arsitektur jaringan untuk SMS [3].

Mobile Switching Centre (MSC) adalah bagian arsitektur yang melakukan routing dan switching semua lalu lintas SMS yang masuk dan keluar dari pengirim.

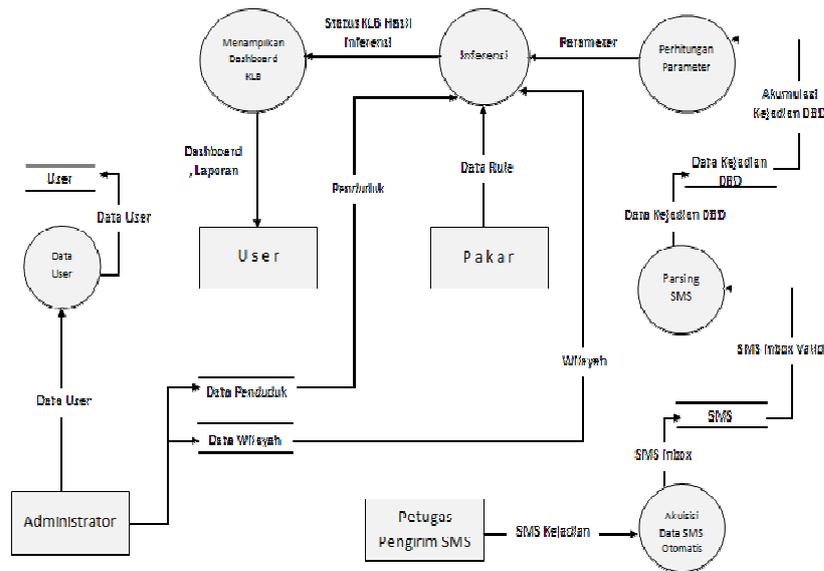
External Short Message Entities (ESME) bertugas memulai atau menerima pesanteks melalui *gateway* yang menjembatani antarmuka SMS ke internet. *Home Location Registrar* (HLR) merupakan basis data yang berisi informasi pelangganseluler permanen. *Visitor Location Registrar* (VLR) merupakan basis data yang berisi informasi pelanggan seluler sementara misalnya alamat MSC perangkat.

Short Message Service Centre (SMS-C) merupakan *server* penerima dan penerus atau pengirim SMS. *Mobile Originating* (MO) merupakan bagian arsitektur yang terdiri dari *handset* pengirim dan BS (*Base station*) yang menyediakan infrastruktur radio untuk komunikasi nirkabel.

Dari segi pembuatannya, SMS *server* terdiri dari dua tipe, yaitu tipe yang terhubung ke jaringan internet menggunakan SMPP (*Short Message Peer-to-peer Protocol*); dan tipe layanan SMS *server* yang langsung terkoneksi ke jaringan GSM. Pada penelitian ini digunakan arsitektur SMS *server* yang langsung terkoneksi ke jaringan GSM.

7. Diagram Alir Data

Diagram Alir Data (*Data Flow Diagram*) pada gambar 6 menggambarkan aliran data mulai dari masukan SMS dari petugas kesehatan, akuisisi data oleh SMS *gateway*, proses penghitungan parameter serta penalaran yang dilakukan oleh mesin inferensi hingga menghasilkan keluaran berupa *dashboard* data kejadian penyakit dan peringatan dini KLB. Petugas mengirim SMS dengan format tertentu dan jika telah diterima oleh server SMS *gateway* maka SMS tersebut akan diakuisisi (disimpan) secara otomatis oleh *service* gammu ke dalam tabel di basis data. Ketika penyimpanan telah berhasil dilakukan, sistem akan menerjemahkan dan melakukan validasi pengirim dan format SMS. Jika validasi menghasilkan nilai "*true*" maka selanjutnya sistem akan menyisipkan baris baru ke dalam tabel kejadian DBD di dalam basis data bernama tabel "*sms_dbd*".



Gambar 6 Diagram Alir Data

8. Implementasi Sistem

Masukan dan proses dalam SMS gateway

Implementasi sistem dimulai dengan memberikan masukan dengan mengirimkan SMS ke SMS gateway. Setiap SMS yang diterima disimpan dalam basis data dan tidak akan dihapus. Selanjutnya *trigger* pada *engine* MySQL akan mengecek format SMS dan melakukan *parsing* data SMS serta menambah baris data baru pada tabel "sms_dbd". *Trigger* tersebut juga memerintahkan *engine* *gammu* untuk mengirimkan konfirmasi berupa SMS balasan kepada pengirim SMS mengenai data yang dikirimkan.

Setelah proses *parsing* SMS berhasil, maka dihasilkan data pada tabel "sms_dbd" seperti contoh yang ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2 Hasil *parsing* SMS ke dalam data kejadian epidemi penyakit

text	location	male	female	disease	evi_date
#12052014#0#1#1#	2	0	1	1	2014-05-12
#24062014#2#1#1#	9	2	1	1	2014-06-24
#11052014#2#1#1#	1	2	2	1	2014-05-11
#12062014#1#0#2#	3	1	0	2	2014-06-12
#17062014#2#1#2#	8	2	1	2	2014-06-17
#27092014#0#1#1#	4	0	1	1	2014-09-27
#01082014#0#2#1#	10	0	2	1	2014-08-01
#03082014#1#1#1#	7	1	1	1	2014-08-03
#12072014#1#0#3#	14	1	0	3	2014-07-12
#29092014#0#1#1#	5	0	1	1	2014-09-29
#02092014#0#2#1#	12	0	2	1	2014-09-02
#12072014#0#1#1#	11	0	1	1	2014-07-12
#11062014#2#0#2#	6	2	0	2	2014-06-11

Pada Tabel 2 tersebut kolom "*text*" berisi teks pesan, kolom "*location*" menunjukkan kode lokasi kecamatan terjadinya epidemi penyakit, kolom "*male*" menunjukkan jumlah penderita penyakit menular dengan jenis kelamin laki-laki, kolom "*female*" menunjukkan jumlah penderita penyakit menular dengan jenis kelamin perempuan, kolom "*disease*" menunjukkan jenis penyakit menular dan kolom "*evi_date*" menunjukkan tanggal terjadinya epidemi penyakit.

Masukan dan Proses dalam Antarmuka Aplikasi

a. Perhitungan Parameter

Perhitungan parameter berfungsi menyediakan data untuk dikirimkan ke mesin inferensi. Misalkan ingin diketahui status KLB pada tanggal 1 September 2014 (minggu pertama bulan September 2014), maka perhitungan parameter yang dilakukan dengan menggunakan data simulasi adalah sebagai berikut :

1. Parameter *current_month_evidence*

Yakni jumlah kejadian pada bulan terkini dan dikodekan dengan nama "a1". Nilainya dihitung dengan menggunakan *query* : "*select total_by_month ('', '2014-09-01')*".

2. Parameter *last_month_evidence*

Yakni jumlah kejadian pada bulan sebelumnya, dan dikodekan dengan nama "a2". Nilainya dihitung dengan menggunakan *query* : "*select total_last_month ('', '2014-09-01')*".

3. Parameter *monthly_in_last_year_evidence*

Yakni jumlah kejadian selama satu bulan di tahun tersebut, dan dikodekan dengan nama "a3". Nilainya dihitung dengan menggunakan *query* : "*select fix_monthly_last_year ('', '2014-09-01')*".

4. Parameter *p80, p50, p10, t_hitung*

Masing-masing merupakan nilai persentil ke-80, nilai persentil ke-50, dan nilai persentil ke-10 pada metode persentil bergerak, dikodekan dengan nama "a4", "a5" dan "a6". Proses perhitungannya sebagai berikut :

- Menentukan *week-of-the-year* dari tanggal 1 September 2014 dengan *query* "*select weekofyear ('2014-09-01')*".
- Menghitung jumlah kejadian pada minggu ke-16, 17, 18, 19, dan 20 di tahun 2013, tahun 2014 dan tahun 2015 sehingga mendapatkan data seperti pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Data mingguan untuk perhitungan persentil

Minggu ke	Data tahun 2013	Minggu ke	Data tahun 2014	Minggu ke	Data tahun 2015
16	22	16	37	16	16
17	16	17	30	17	34
18	12	18	37	18	28
19	24	19	42	19	8
20	14	20	46	20	4

- Mengurutkan data tersebut dari yang terkecil ke yang terbesar sehingga menghasilkan data terurut seperti pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4 Hasil Pengurutan Data

i	Data ke-i	i	Data ke-i	i	Data ke-i
1	4	6	16	11	34
2	8	7	22	12	37
3	12	8	24	13	37
4	16	9	26	14	42
5	16	10	30	15	46

5. Parameter Z_t dan UCL (*Upper Control Limit*)

Masing-masing merupakan nilai EWMA pada suatu saat tertentu dan nilai batas atas pada metode EWMA. Dikodekan dengan nama "a7" dan "a8". Proses perhitungannya sebagai berikut :

- Menentukan *week-of-the-year* dari tanggal 1 Mei 2014 dengan *query* "*select weekofyear('2014-5-1')*"
- Melakukan penghitungan jumlah kejadian setiap minggu selama interval 28 minggu sebelum tanggal 1 Mei 2014 menggunakan *query*. Hasilnya adalah data pada Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5 Data kejadian mingguan dan nilai EWMA

i	Data ke-i	i	Data ke-i
1	25	15	41
2	16	16	24
3	17	17	10
4	15	18	20
5	10	19	18
6	22	20	17
7	13	21	28
8	15	22	32
9	9	23	32
10	8	24	43
11	30	25	30
12	20	26	47
13	24	27	28
14	30	28	31

- Melakukan penghitungan secara iteratif nilai EWMA untuk data pada tabel 5 dengan menggunakan persamaan 2.5 sehingga dihasilkan data nilai EWMA seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil perhitungan EWMA

i	λ	\bar{X}_t	$1-\lambda$	Z_{t-1}	Z_t (EWMA)
1					25
2	0.1	23.39	0.9	25	24.84
3	0.1	23.39	0.9	24.84	24.69
4	0.1	23.39	0.9	24.69	24.56

i	λ	\bar{X}_t	$1-\lambda$	Z_{t-1}	Z_t (EWMA)
5	0.1	23.39	0.9	24.56	24.45
6	0.1	23.39	0.9	24.45	24.34
7	0.1	23.39	0.9	24.34	24.25
8	0.1	23.39	0.9	24.25	24.16
9	0.1	23.39	0.9	24.16	24.08
10	0.1	23.39	0.9	24.08	24.01
11	0.1	23.39	0.9	24.01	23.95
12	0.1	23.39	0.9	23.95	23.9
13	0.1	23.39	0.9	23.9	23.84
14	0.1	23.39	0.9	23.84	23.8
15	0.1	23.39	0.9	23.8	23.76
16	0.1	23.39	0.9	23.76	23.72
17	0.1	23.39	0.9	23.72	23.69
18	0.1	23.39	0.9	23.69	23.66
19	0.1	23.39	0.9	23.66	23.63
20	0.1	23.39	0.9	23.63	23.61
21	0.1	23.39	0.9	23.61	23.59
22	0.1	23.39	0.9	23.59	23.57
23	0.1	23.39	0.9	23.57	23.55
24	0.1	23.39	0.9	23.55	23.53
25	0.1	23.39	0.9	23.53	23.52
26	0.1	23.39	0.9	23.52	23.51
27	0.1	23.39	0.9	23.51	23.49
28	0.1	23.39	0.9	23.49	23.48

- Menghitung rata-rata dan standar deviasi data dengan persamaan 2.7 dan persamaan 2.8, sehingga dihasilkan rata-rata : 23.39 , dan standar deviasi 10.32.
- Menghitung UCL dengan persamaan 2.6 menghasilkan nilai 25.75
- Nilai yang dikirimkan ke mesin inferensi sebagai parameter inferensi adalah nilai EWMA ke 28, yakni $Z_t = 23.48$ dan nilai UCL = 25.75

Masukan dan proses dalam mesin inferensi

Masukan yang diberikan kepada mesin inferensi berupa *string* tunggal tanpa tanda spasi. Dengan menggunakan contoh perhitungan di bagian 2, parameter masukan inferensi adalah "a1=153&a2=130&a3=82&a4=33&a5=30&a6=6.4&a7=25&a7=38&a8=23.625&a9=32.93&a10=36.295&a11=43.123&a12=30.610&a13=30,610&a13=1,753"

Untuk melakukan proses inferensi, proses yang dilakukan terhadap masukan adalah :

- Menerjemahkan *string* masukan untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang akan diberikan (*assert*) kepada atribut dari *rule*. *String* masukan "a1=153&a2=130&a3=82&a4=&&a5=&a6=6.4&a7=25&a7=38&a8=23.625&a9=32.93&a10=36.295&a11=43.123&a12=30.610&a13=30,610&a13=1,753" akan diuraikan menjadi nilai parameter.
- Membaca setiap bagian premis dari *rule* dan memberikan nilai atribut. Hasil pembacaan adalah :
F1 : current_month_evidence > last_month_evidence diganti menjadi string "153 > 130"

F2 : $\text{monthly_in_current_year_evidence} > \text{monthly_in_last_year_evidence} * 2$ diganti menjadi string "82 > 33"

F3 : $\text{weekly_evidence} > p80$ diganti menjadi string "30 > 38"

F4 : $\text{weekly_evidence} > p50$ diganti menjadi string "30 > 25"

F6 : $t_hitung > t_table$ diganti menjadi string "-1.7 > 1,753"

F7 : $\text{weekly_evidence} > 0$ AND $\text{weekly_evidence} > p10$ AND $\text{weekly_evidence} < p50$ diganti menjadi string "30 > 0 AND 30 < 25"

F9 : $zt > ucl$ diganti menjadi string "32,93 > 36,295"

F10: $ct > \text{cusum_threshold}$ diganti menjadi string "43,123 > 30,610"

- c. Mengevaluasi *rule* yang atributnya telah memiliki nilai (dalam poin 2) untuk menghasilkan nilai Boolean *true* atau *false*
- d. Pencarian fakta dalam memori kerja (tabel *inference_array*) yang sama dengan *goal* akhir dan pemeriksaan (*chaining*) setiap fakta apakah fakta tersebut memiliki ketergantungan (iterasi langkah 2). Isi tabel *inference_array* pada langkah ini ditunjukkan pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7. Isi tabel *inference_array*

Kode fakta	Nilai boolean
F1	TRUE
F2	TRUE
F11	TRUE
F3	FALSE
F4	FALSE
F5	FALSE
F6	FALSE
F13	FALSE
F14	FALSE
F0	TRUE

- e. Dalam tabel *inference_array* terdapat kode fakta F0 yang merupakan *goal* dari inferensi dan bernilai true. Dengan demikian inferensi mengembalikan keluaran berupa nilai "*true*"

Menampilkan hasil inferensi

Untuk menentukan status KLB wilayah secara umum dilakukan dengan tahapan berikut :

- a. Menentukan status secara mingguan dengan parameter inferensi mingguan. Inferensi untuk menentukan status mingguan menggunakan *rule* dengan kode periode "0".
- b. Menentukan status secara bulanan dengan parameter inferensi bulanan. Inferensi untuk menentukan status bulanan menggunakan *rule* dengan kode periode "1". Keadaan keseluruhan dalam satu tahun dapat ditentukan dengan melakukan iterasi pemanggilan mesin inferensi sebanyak 12 kali (status bulanan) ditambah 52 kali (status mingguan). Jika secara mingguan atau bulanan bernilai "*true*" maka status KLB adalah "*true*". Setiap kali inferensi dihasilkan nilai Boolean untuk status KLB dan *string* untuk penjelasan

tentang fakta-fakta apa yang telah ditelusuri. Untuk menampilkan hasil inferensi bernilai "true" digunakan indikator warna merah pada grafik dan peta. Hasil inferensi bernilai "false" ditampilkan dengan indikator warna hijau pada pada grafik dan peta.

9. Pengujian Dan Validasi Sistem

Pengujian modul SMS gateway

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat respon sistem terhadap masukan yang dilakukan. Tingkat respon diukur dengan menghitung jeda waktu antara pengiriman SMS dengan diterimanya SMS dan jeda waktu pengiriman SMS dengan diterimanya SMS balasan. Adanya SMS balasan menunjukkan penambahan data ke dalam basis data kejadian epidemi penyakit telah berhasil dilakukan. Tabel 8 menunjukkan hasil pengukuran jeda waktu tersebut.

Tabel 8 Hasil Pengukuran waktu tunda pengiriman dan penerimaan SMS

No	Waktu Pengiriman SMS	Waktu penerimaan SMS	Waktu penerimaan SMS balasan	Waktu Tunda Penerimaan SMS (detik)	Waktu Tunda SMS balasan (detik)
1	15:14:15	15:14:18	15:14:25	3	10
2	15:10:53	15:10:58	15:11:04	5	11
3	12:27:51	12:27:58	12:28:06	7	15
4	14:52:44	14:52:47	14:52:54	3	10
5	15:27:35	15:27:40	15:27:54	5	14
6	15:31:30	15:31:34	15:31:46	4	12
7	15:34:23	15:34:26	15:34:36	3	10
8	15:35:46	15:35:52	15:35:59	6	13
9	15:58:51	15:58:57	15:59:04	6	13
10	16:00:51	16:00:54	16:01:03	3	12

Pengujian modul metode deteksi KLB

Pengujian dan validasi dilakukan pada masing-masing modul, yakni modul metode EWMA, modul metode CUSUM dan modul metode persentil. Validasi tiap modul dilakukan dengan membandingkan nilai hasil perhitungan tiap modul di dalam aplikasi dengan nilai yang dihasilkan oleh perangkat lunak Minitab 17 dengan data dan metode yang sama. Validasi dilakukan dengan melakukan simulasi perhitungan sebanyak 20 kali untuk setiap modul.

a. Pengujian dan validasi modul metode EWMA.

Misalkan ingin diketahui kondisi data kejadian penyakit menular pada tanggal 1 Januari 2014. Penghitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.5) dengan data sebanyak 28 data, yakni data mingguan pada masing-masing 28 periode mingguan sebelum tanggal 1 Januari 2014 seperti ditunjukkan pada Tabel 9 berikut :

Tabel 9 Angka kejadian mingguan dan nilai EWMA hasil perhitungan aplikasi

i	Data ke-i	Nilai EWMA ke-i	i	Data ke-i	Nilai EWMA ke-i
1	16	16	15	28	11.2
2	17	6.8	16	32	12.8
3	15	6	17	43	17.2
4	10	4	18	32	12.8
5	22	8.8	19	39	15.6
6	13	5.2	20	36	14.4
7	15	6	21	59	23.6
8	9	3.6	22	51	20.4
9	15	6	23	43	17.2
10	47	18.8	24	30	12
11	37	14.8	25	47	18.8
12	33	13.2	26	28	11.2
13	55	22	27	35	14
14	77	30.8	28	35	14

Uji validasi dengan simulasi perhitungan sebanyak 10 kali dengan aplikasi dan perangkat lunak Minitab mendapatkan parameter Z_t (EWMA ke-28) seperti ditunjukkan oleh Tabel 10.

Tabel 10 Validasi dengan perangkat lunak Minitab

i	Nilai EWMA dari aplikasi	Nilai EWMA dari Minitab	Galat (%)
1	16.151965	16.15197	0.00043
2	18.64127	18.64128	0.001
3	16.04867	16.04867	0
4	16.92349	16.92348	0.001
5	25.20707	25.20707	0
6	32.926463	32.92646	0.00029
7	28.1568	28.15681	0.001
8	25.87038	25.87038	0
9	19.19117	19.19118	0.001
10	28.92966	28.92968	0.002

Galat rata-rata dari metode EWMA yang dihitung dalam sistem jika dibandingkan dengan perhitungan melalui perangkat lunak Minitab adalah 0.000672 %, sehingga modul ini bisa dikatakan valid.

b. Pengujian modul metode CUSUM

Misalkan ingin diketahui kondisi data kejadian epidemi penyakit menular pada tanggal 1 Januari 2014. Penghitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.5) dengan jumlah data sebanyak 28, yakni data mingguan pada masing-masing 28 periode mingguan sebelum tanggal 1 Januari 2014 seperti ditunjukkan pada Tabel 11 berikut :

Tabel 11 Angka kejadian mingguan dan nilai CUSUM hasil perhitungan

i	Data ke-i	Nilai CUSUM ke-i	i	Data ke-i	Nilai CUSUM ke-i
1	16	16	15	28	11.2
2	17	6.8	16	32	12.8
3	15	6	17	43	17.2
4	10	4	18	32	12.8
5	22	8.8	19	39	15.6
6	13	5.2	20	36	14.4
7	15	6	21	59	23.6
8	9	3.6	22	51	20.4
9	15	6	23	43	17.2
10	47	18.8	24	30	12
11	37	14.8	25	47	18.8
12	33	13.2	26	28	11.2
13	55	22	27	35	14
14	77	30.8	28	35	14

Uji validasi dengan simulasi perhitungan sebanyak 10 kali dengan aplikasi dan perangkat lunak Minitab mendapatkan parameter Ct (CUSUM ke-28) seperti ditunjukkan oleh Tabel 12.

Tabel 12 Validasi metode CUSUM

i	Nilai CUSUM dengan aplikasi	Nilai CUSUM dengan Minitab	Galat (%)
1	142.441	142.931	0.344
2	118.792	119.192	0.33672
3	129.103	128.134	0.75056
4	239.068	240.056	0.41327
5	284.198	284.966	0.27023
6	166.643	167.003	0.21603
7	150.58	151.158	0.38385
8	129.475	130.075	0.46341
9	125.092	125.781	0.55079
10	128.709	128.009	0.54386

Galat rata-rata dari metode CUSUM yang dihitung dalam sistem jika dibandingkan dengan perhitungan melalui perangkat lunak Minitab adalah 0.427274111 %, sehingga modul ini bisa dikatakan valid.

c. Pengujian modul metode persentil bergerak

Misalkan ingin diketahui kondisi data kejadian penyakit menular pada tanggal 1 Januari 2014. Penghitungan menggunakan persamaan (2.5) dengan data sebanyak 15 data seperti ditunjukkan pada Tabel 13 berikut :

Tabel 13 Angka kejadian mingguan untuk perhitungan persentil

i	Data ke-i	i	Data ke-i	i	Data ke-i
1	0	6	31	11	34
2	0	7	38	12	26
3	0	8	45	13	8
4	0	9	48	14	4
5	0	10	36	15	30

Hasil perhitungan : persentil ke-10 : 0, persentil ke-50 : 26, persentil ke-80 : 37,6. Uji validasi dengan simulasi perhitungan nilai persentil ke-10, persentil ke-50, dan persentil ke-80 sebanyak 10 kali dengan aplikasi dan perangkat lunak Minitab mendapatkan parameter persentil ke-10, persentil ke-50, dan persentil ke-80 ditunjukkan oleh Tabel 14.

Tabel 14 Validasi metode persentil

No	Dengan aplikasi			Dengan Minitab		
	P10	P50	P80	P10	P50	P80
1	10.2	17	31.8	10.2	17	31.8
2	8	19	33.6	8	19	33.6
3	5.2	27	45.2	5.2	27	45.2
4	8.6	21	41.2	8.6	21	41.2
5	9	25	43.4	9	25	43.4
6	9	23	38.4	9	23	38.4
7	6.4	25	38	6.4	25	38
8	12.8	28	44.8	12.8	28	44.8
9	5.8	25	45	5.8	25	45
10	8	23	38.2	8	23	38.2

Data pada Tabel 14 menunjukkan bahwa tidak terdapat kesalahan dalam perhitungan persentil jika dibandingkan dengan perhitungan menggunakan Minitab.

Pengujian Mesin Inferensi Berbasis Aturan

Pengujian terhadap mesin inferensi berbasis aturan dilakukan dengan pemanggilan fungsi inferensi dengan nilai parameter yang berbeda-beda sesuai dengan skenario pengujian.

a. Pengujian *rule 1*

$R1 \leftarrow F1 + F2$ (IF Current_Month_Evidence > Last_Month_Evidence OR Monthly_In_Current_Year_Evidence > Monthly_In_Last_Year_Evidence * 2 THEN Terjadi KLB).

b. Pengujian *rule 2*

$R2 \leftarrow F3$ (IF weekly_evidence > P80 THEN Terjadi KLB)

c. Pengujian *rule 3*

$R3 \leftarrow F4.F5.F9$ (IF weekly_evidence > p50 AND weekly_evidence < p80 AND t_hitung > t_table THEN Terjadi KLB).

d. Pengujian *rule 4*

$R4 \leftarrow F7.F8.F6$ (IF weekly_evidence < p50 AND t_hitung > t_table AND weekly_evidence > p10).

e. Pengujian *rule 5*

$R5 \leftarrow F9$ (IF zt > ucl THEN R6).

f. Pengujian *rule 6*

$R6 \leftarrow F10$ (IF cusum > threshold THEN R7)

10. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan aplikasi yang mengimplementasikan teori mengenai basis aturan, komunikasi data dengan SMS gateway, dan metode-metode dalam epidemiologi. Secara umum penelitian ini dapat menunjukkan hal-hal sebagai berikut:

Aplikasi berbasis aturan mampu memberikan informasi mengenai status KLB penyakit menular pada suatu wilayah dalam waktu yang relatif cepat dibandingkan metode pelaporan manual.

Aplikasi berbasis aturan dapat mengakomodasi kepakaran dalam bidang epidemiologi, basis aturan, mesin inferensi, akuisisi data, dan antarmuka aplikasi yang terpisah memberikan fleksibilitas dalam melakukan pengembangan.

Aplikasi berbasis aturan telah dapat mengintegrasikan kegiatan pengumpulan, pengolahan, analisa, interpretasi data, dan distribusi informasi secara sistematis dan terus menerus sebagai suatu rangkaian kegiatan *surveillance* epidemi penyakit.

11. Daftar Pustaka

- [1] Seto, E., Leonarda, K.J., 2012, Developing healthcare rule-based expert systems: Case study of a heart failure telemonitoring system, *International Journal of Medical Informatics* 81, 556–565;
- [2] Er, A., Dias, R., 2000, A rule-based expert system approach to process selection for cast components, *Knowledge-Based Systems* 13, 225 – 234;
- [3] Katankar, V.K., Thakare, V.M., 2010, Short Message Service using SMS Gateway, *International Journal on Computer Science and Engineering*, Vol.02, No. 04, 1487-1491;
- [4] Buckeridge, David L., 2005, Outbreak detection through automated surveillance: A review of the determinants of detection, *Journal of Biomedical Informatics* 40, 370–379;
- [5] Yang, W. dkk, 2011, A nationwide web-based automated system for outbreak early detection and rapid response in China, *WPSAR* Vol 2, No 1;
- [6] Wang, 2010, Comparing Early Outbreak Detection Algorithms Based on Their Optimized Parameter Values, *Journal of Biomedical Informatics* 43, 97 – 103;
- [7] Karami, M., Soori, H., 2012, Real Time Detection of epidemics on Short Message Service using SMS Gateway, *International Journal on Computer Science and Engineering*, Vol.02, No. 04, 1487-1491;
- [8] Unkel, S. dkk, 2012, Statistical Methods for The Prospective Detection of Infectious Disease Outbreaks : a Review, *Journal of The Royal Statistical Society* 175, Part 1, 49 – 82;
- [9] Tunmibi, 2014, Statistical Methods for The Prospective Detection of Infectious Disease Outbreaks : a Review, *Journal of The Royal Statistical Society* 175, Part 1, 49 – 82;
- [10] Giarratano, Riley, 2005, *Expert System, Principles and Programming*, Cole Publishing Co. Pacific Grove, CA, USA.

-
- [11] Soe, 2008, A Machine Learning Based Clinical Decision Support System for Diagnosis and Treatment of Typhoid Fever, Internasional Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 4, Issue6 ;
- [12] Arhami, Muhammad, 2005, Konsep Dasar Sistem Pakar, Andi Offset, Yogyakarta;
- [13] Kwon, et al. 2004, Development of web based diabetic patient management system using short message service (sms,. <http://sciencedirect.com> diabetes research & clinicalpractice.(66s):S133-S137