

PREDIKSI JUMLAH LATCHUP PADA SATELIT LAPAN-TUBSAT MENGUNAKAN ARIMA

(TOTAL LATCHUP PREDICTION OF LAPAN TUBSAT SATELITTE USING ARIMA)

Agus Herawan, Suhata
Pusat Teknologi Satelit
Jl. Cagak Satelit Km.04 Rancabungur-Bogor
Pos El : agus.herawan23@gmail.com,suhata2003@yahoo.com

Abstrak

Data Telemetri merupakan sumber untuk mendeteksi atau memprediksi latchup pada satelit buatan. Satelit LAPAN TUBSAT-telah beroperasi lebih dari tujuh tahun. Dalam operasi tersebut, LAPAN TUBSAT telah menghasilkan banyak data telemetri dan pernah menghadapi beberapa latchup. Salah satu bagian yang menjadi perhatian dalam pemantauan kesehatan satelit adalah kemunculan latchup dalam satelit LAPAN-TUBSAT. Pemantauan ini harus dilakukan untuk memastikan satelit dapat bekerja secara optimal. Penelitian ini menggunakan data latchup perbulan. Dalam memprediksi kemunculan latchup bulan berikutnya digunakan analisis deret waktu dengan metode ARIMA. Hasil yang diperoleh model ARIMA yang terpilih adalah model ARIMA(4,0,4) dengan nilai RMSE sebesar 0,530, nilai MAPE sebesar 9.76 dan nilai MAE sebesar 0.463. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu peneliti dan operator satelit untuk mengetahui kemunculan latchup tiap bulan dengan prediksi sehingga kondisi kesehatan satelit tetap terjaga serta dapat dijadikan acuan dalam pengembangan satelit berikutnya.

Kata Kunci : LAPAN-TUBSAT, latchup, ARIMA, RMSE, MAPE, MAE

Abstract

Telemetry is a source of data to detect or predict latchup in artificial satellites. TUBSAT LAPAN-satellite has operated for more than seven years. In such operations, LAPAN TUBSAT has generated a lot of telemetry data and never faced a few latchup. One part is a concern in health monitoring satellite is the emergence of latchup in LAPAN-TUBSAT. This monitoring should be carried out to ensure the satellites can work optimally. Peneltiian latchup used data per month. In predicting the emergence of next month latchup used time series analysis with ARIMA method. The results obtained ARIMA model chosen is ARIMA (4,0,4) with a value of 0.530 RMSE, MAPE value sebesar 9.76 and MAE value of 0463. Results of this study are expected to help researchers and satellite operators to determine the occurrence of latchup each month with predictions that the satellite's health condition is maintained and can be used as a referense in the development of the next satellite

Keywords : LAPAN-TUBSAT, LATCHUP, ARIMA, RMSE, MAPE, MAE

1. PENDAHULUAN

Satelit merupakan kumpulan subsistem terdiri dari orbit dan kendali sikap, termal, arus listrik, struktur, muatan, on-board komputer. Masing-masing subsistem memiliki perangkat sensor yakni termistor, switch, baterai untuk mengukur keadaan dan kondisi satelit. Pengukuran ini ditransmisikan ke stasiun bumi pada setiap bagian satelit dan biasanya disebut *housekeeping* data telemetri. Data telemetri merupakan sumber untuk mengidentifikasi atau memprediksi latchup di satelit buatan. Data telemetri dianalisis dan dipantau oleh operator dan analis, terutama untuk mengetahui nilai-nilai parameter yang tidak berada dalam rentang yang telah ditentukan.

Data telemetri merupakan data satelit yang memuat ribuan parameter kondisi satelit berupa temperatur, sistem arus, tegangan baterai, posisi dan kecepatan, kondisi kamera, arah solar sel. Data telemetri dianalisis dan dipantau di stasiun bumi, terutama untuk menilai apakah nilai-nilai yang berada di luar dari kisaran yang telah ditentukan. Satelit yang beroperasi di LEO (*Low Earth Orbit*) memiliki karakteristik, yaitu dalam rentang waktu 1 hari beberapa kali melewati kawasan dimana banyak partikel bermuatan (proton atau elektron). Besarnya intensitas yang harus dihadapi bervariasi, tergantung pada ketinggian dari permukaan bumi dan inklinasi orbit dari satelit tersebut (Najati, 2012).

Satelit LAPAN-TUBSAT adalah satelit riset pertama milik Indonesia dengan misi pengamatan permukaan bumi (*surveillance*). LAPAN-TUBSAT adalah sebuah satelit mikro yang berbentuk kotak dengan berat 57 kilogram. Dalam operasinya, satelit ini telah mengalami beberapa kejadian latchup.

Fenomena latchup ini dikenal dengan istilah *latchup*. *Latchup* pada satelit LAPAN-TUBSAT terjadi karena partikel bermuatan berenergi tinggi menumbuk bagian yang sensitif pada alat mikroelektronik sehingga kinerja dari perangkat tersebut *error*. Salah satu komponen yang mengalami *latchup* adalah *Power Control Data Handling (PCDH)*. Terjadinya *latchup* pada *PCDH* LAPAN-TUBSAT mengakibatkan proses pemantauan kondisi LAPAN-TUBSAT sangat penting, agar satelit dapat menjalankan misinya dengan baik.

Latchup menjadi perhatian analis dan operator saat ini karena menjadi salah satu faktor yang dapat memperpendek umur satelit. Penelitian yang khusus mengenai prediksi *latchup* di dalam satelit umumnya belum banyak dilakukan. Namun beberapa penelitian tentang mendeteksi *latchup* sudah dilakukan. Penelitian Najati (2012) mendeteksi kejadian *latchup* yang terjadi pada LAPAN-TUBSAT. Penelitian ini berhasil mendeteksi 81 kejadian *latchup* pada rentang waktu tahun 2010 sampai tahun 2011.

Penelitian Chandola et al. (2009) untuk mengidentifikasi dan menerapkan teknik yang paling tepat untuk deteksi otomatis *latchup*, domain masalah harus ditandai dalam hal beberapa aspek kunci diantaranya tipe data, jenis *latchup*, data training.

Latchup dikelompokkan ke dalam jenis *destructive single event effects*, dimana kejadian ini dapat mengganggu fungsi kerja suatu komponen dan menyebabkan kerusakan permanen (Sturesson, 2009). Felix et al. (2008) melakukan investigasi bahwa kejadian *latchup* dipengaruhi oleh kenaikan arus listrik dan temperatur mulai dari 25 °C sampai dengan 80 °C. Ciri satelit mengalami *latchup* adalah meningkatnya arus pada satelit disertai dengan perbedaan tajam antara temperatur *PCDH CPU (Temp PCU)* dengan temperatur *middle plate (Temp MP)* dengan selisih nilai kedua parameter tersebut lebih besar dari 5 derajat. *Latchup* memiliki dampak yang sangat besar terhadap umur satelit di orbit. Penelitian dengan tujuan pemantauan data telemetri untuk *latchup* dan pendeteksian kesalahan, telah menggunakan teknik data mining. (Machida et al., 2006) menggunakan algoritma regresi data mining untuk beradaptasi pengukuran telemetri. Oleh karena itu prediksi *latchup* sangat dibutuhkan dalam membantu analis dan operator dalam memantau kondisi satelit.

Akurasi model yang akurat dan handal akan sangat membantu dalam pengembangan informasi prakiraan *latchup*. Akan tetapi, penelitian yang mengkaji pekiraan fenomena *latchup* di dalam satelit masih jarang dilakukan. Ketepatan pemilihan metode prediksi akan berpengaruh terhadap tingkat keakuratan hasil prediksi. Metode prediksi yang paling akurat adalah metode yang memiliki nilai *error* paling kecil (Thomakos dan Guerard 2004). Oleh karena itu diperlukan suatu analisa pemilihan metode pemodelan prediksi yang tepat sesuai dengan studi kasus.

Data *latchup* termasuk dalam data deret waktu karena pencatatan dari munculnya *latchup* berdasarkan runtut waktu. Data deret waktu dapat digunakan untuk melakukan prediksi untuk suatu kejadian pada waktu tertentu. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi terhadap data deret waktu adalah *ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)*. *ARIMA* merupakan teknik untuk mencari pola yang cocok dari sekelompok data deret waktu untuk melakukan peramalan. Dalam penelitian ini *ARIMA* akan digunakan untuk memodelkan data *latchup* pada satelit LAPAN-TUBSAT. Data *latchup* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data deret waktu yang diperoleh bank data telemetri satelit LAPAN-TUBSAT tahun 2011. Dengan menggunakan *ARIMA* data *latchup* akan dimodelkan untuk melakukan prediksi terhadap kemungkinan munculnya *latchup* di masa yang akan datang.

Metode untuk memprediksi kejadian kegagalan sensor, dua model prediksi yang dikenal sebagai *ARIMA* dan *tree model autoregressive* digunakan untuk memprediksi kejadian kegagalan sensor berikutnya (Saybani et al. 2011). Prediksi di dalam satelit dilakukan oleh (Xu Junyi dan Anmin 2009) dengan melakukan prediksi kesalahan pada jam satelit dalam 1 hari. Prediksi ini menggunakan *ARIMA* untuk Analisis time series dari prediksi kesalahan jam satelit. Model *ARIMA* yang dihasilkan yakni (0,2,q) menunjukkan bahwa dengan rata-rata bergerak model (*moving average*) setelah diferensiasi sebanyak dua kali.

Dari paparan yang telah disebutkan, diperlukan cara untuk mengawasi dan mengantisipasi terjadinya *latchup*. Salah satu cara untuk membantu mengurangi masalah *latchup* yang terjadi adalah membuat suatu model yang dapat memprediksi jumlah *latchup* tiap bulan.

2. LATAR BELAKANG

Data Mining KDD adalah kegiatan untuk mengekstraksi pola atau pengetahuan yang menarik (non-trivial, implisit, sebelumnya tidak diketahui, dan sangat potensial untuk beragam kegunaan) dari basis data yang berskala besar (Han, Kamber & Pei, 2012). *Data mining* merupakan salah satu proses dari keseluruhan proses yang ada pada *Knowledge Discovery in Databases* (KDD). Fungsi *data mining* dapat mencakup karakterisasi, diskriminasi, asosiasi, klasifikasi, *clustering*, *trend / deviasi*, *analisis outlier*, dan lain-lain. *Data mining* juga merupakan area penelitian yang mempertemukan multi disiplin ilmu, diantaranya adalah bidang ilmu *Machine Learning*, Statistik, Teknologi Basis Data, Pengenalan Pola, Data Warehouse, Algoritma, Aplikasi, Visualisasi dan lainnya.

(V. Chandola et al, 2009) melakukan penelitian tentang deteksi latchup, dimana untuk mengidentifikasi dan mengaplikasikan teknik apriori dalam deteksi latchup, domain masalahnya terletak pada karakteristik kunci yakni tipe data berupa uni atau multivariat, atribut mungkin berbentuk biner, kategorikal, diskret atau kontinyu.

(Azevedo et al, 2005) melakukan penelitian dengan menggunakan algoritma klustering untuk membantu operator dan analis untuk perform dalam menganalisis telemetri. Kasus latchup di Lembaga antariksa Brasil berhasil membandingkan keefektifan dua algoritma klustering yakni EM dan K-means.

(George Box dan Gwilym Jenkins, 2007) melakukan penelitian bahwa untuk menganalisis time series sebaiknya menggunakan ARIMA model. Metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) merupakan metode peramalan dengan menggunakan serangkaian data masa lalu yang digunakan untuk mengamati terhadap suatu kejadian, peristiwa, atau suatu variabel pada data tersebut. ARIMA terbentuk dari tiga metode yaitu *AR* (*Auto Regressive*), *MA* (*Moving Average*), dan *ARMA* (*Auto Regressive and Moving Average*). Kelebihan pada metode ARIMA ini adalah dapat digunakan untuk menganalisis situasi yang acak, tren, musim bahkan sifat siklis dalam deret waktu yang dianalisis.

(Iverson, 2008) melakukan penelitian dengan menggunakan algoritma regresi data mining untuk pengukuran telemetri secara otomatis. ORCA dan IMS merupakan alat yang digunakan dalam proyek-proyek NASA. Orca menggunakan algoritma tetangga terdekat untuk menemukan outlier, sementara IMS merupakan alat dengan menggunakan teknik clustering untuk menghasilkan basis pengetahuan dari operasi normal untuk memantau kesehatan.

(K. Machida, et al, 2009) , di dalam penelitiannya telah menggunakan Kernel PCA teknik statistik Kernel PCA untuk memperluas batasan konvensional hubungan telemetri time series dan melakukan perbandingan Teknik Kernel PCA dengan algoritma data mining regresi

2.1. Time Series dengan Model Box-Jenkins

Metode *time series* adalah suatu metode peramalan untuk masa depan yang dilakukan berdasarkan nilai atau data masa lalu dari suatu variabel dan kesalahan (*error*) masa lalu. Prediksi sangat penting dilakukan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan yaitu ekonomi, kesehatan, lingkungan, teknik, peternakan dan pertanian, dan lain-lain. Dengan adanya prediksi, suatu institusi dapat membuat suatu keputusan atau kebijakan tentang yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan fenomena yang terjadi sebelumnya. Analisis *time series* bertujuan untuk memperoleh satu uraian ringkas tentang ciri-ciri satu proses *time series* yang tertentu. *Time series* bermakna sebagai satu koleksi sampel yang dikaji secara berturut-turut melalui waktu (Bowerman et al.2005).Metode prediksi yang telah dikenalkan oleh G.E.P. Box dan G.M. Jenkins adalah metode Box-Jenkins. Model yang dihasilkan oleh metode Box-Jenkins ada beberapa model yaitu model *moving average* (MA), *autoregressive* (AR), satu kelas model yang berguna untuk *time series* yang merupakan kombinasi proses MA dan AR yaitu ARMA. Model-model ini adalah model dari metode Box-Jenkins yang linier dan stasioner. Sedangkan model untuk metode Box-Jenkins yang non stasioner adalah model ARIMA dan SARIMA. Proses membentuk model dengan metode BoxJenkins dapat dilakukan dengan empat langkah dasar. Langkah pertama yaitu identifikasi model, langkah kedua estimasi parameter model-model yang diperoleh, langkah ketiga verifikasi model dan langkah keempat menentukan hasil prediksi untuk waktu yang akan datang

Model *Box-Jenkins* (ARIMA) dibagi kedalam 3 kelompok, yaitu: model *autoregressive* (AR), *moving average* (MA), dan model campuran ARMA (*Autoregressive Moving Average*) yang mempunyai karakteristik dari dua model pertama. Pada ARIMA (p, d, q), dijelaskan bahwa p adalah nilai yang

menunjukkan AR, d adalah nilai yang menunjukkan perbedaan (*differences*) dan q adalah nilai yang menunjukkan MA

2.1.1 Model *Autoregressive*

Model *Autoregresif (AR)* pertama kali diperkenalkan oleh Yule pada tahun 1926 dan dikembangkan oleh Walker pada tahun 1931, model ini memiliki asumsi bahwa data periode sekarang dipengaruhi oleh data pada periode sebelumnya. Model *Autoregresif* dengan ordo *p* disingkat *AR(p)* atau *ARIMA (p,0,0)* dan diformulasikan sebagai berikut

$$Y_t = A_1Y_{t-1} + A_2Y_{t-2} + \dots + A_pY_{t-p} + e_t \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Y_t = nilai AR yang di prediksi

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-n}$ = nilai lampau series yang bersangkutan ; nilai *lag* dari *time series*.

A_p = koefisien

e_t = residual; error yang menjelaskan efek dari variabel yang tidak dijelaskan oleh model, kesalahan peramalan dengan ciri seperti sebelumnya.

2.1.2. Model *Moving Average*

Proses *Moving Average* berorde *q* menyatakan hubungan ketergantungan antara nilai pengamatan dengan nilai-nilai kesalahan yang berurutan dari periode *t* sampai *t-q*. Model *Moving Average (MA)* pertama kali diperkenalkan oleh Slutsky pada tahun 1973, dengan orde *q* ditulis *MA (q)* atau *ARIMA (0,0,q)* dikembangkan oleh Wadsworth pada tahun 1989 yang memiliki formulasi sebagai berikut

$$Y_t = e_t - W_1e_{t-1} - W_2e_{t-2} - \dots - W_qe_{t-q} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

Y_t = nilai MA yang di prediksi

$W_{1,2,q}$ = konstanta; koefisien atau bobot (*weight*)

e_t = residual; error yang menjelaskan efek dari variabel yang tidak dijelaskan oleh model.

2.1.3. Model *Autregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*

Model *AR (p)* dan *MA (q)* dapat disatukan menjadi model yang dikenal dengan *Autoregressive Moving Average (ARMA)*, sehingga memiliki asumsi bahwa data periode sekarang dipengaruhi oleh data pada periode sebelumnya dan nilai sisaan pada periode sebelumnya. Model *ARMA* dengan berorde *p* dan *q* ditulis *ARMA (p,q)* atau *ARIMA (p,0,q)* yang memiliki formulasi sebagai berikut :

$$Y_t = A_1Y_{t-1} + A_2Y_{t-2} + \dots + A_pY_{t-p} - W_1e_{t-1} - W_2e_{t-2} - \dots - e_{t-q} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

Y_t = nilai series yang stasioner

Y_{t-1}, Y_{t-2} = nilai lampau series yang bersangkutan

e_{t-1}, e_{t-2} = variabel bebas yang merupakan lag dari residual

W_1, W_q, A_1, A_p = koefisien model

2.2 Evaluasi Model

Menurut Montgomery *et al.* (2008) Akurasi peramalan akan diukur dengan menggunakan fungsi *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan standard deviasi.

a. *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE biasanya digunakan untuk mengevaluasi kinerja model dalam hal kesesuaian dengan data atau meramalkan data. RMSE menghitung selisih antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai sebenarnya RMSE tidak memiliki standard nilai minimal untuk mengetahui kinerja model, berbeda dengan MAPE

Secara sederhana, RMSE merupakan metode untuk menghitung bias dalam model peramalan

$$\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n X_t - f_t}{n}} \quad (4)$$

keterangan

n = nilai periode waktu

xt = nilai sebenarnya pada periode ke-t

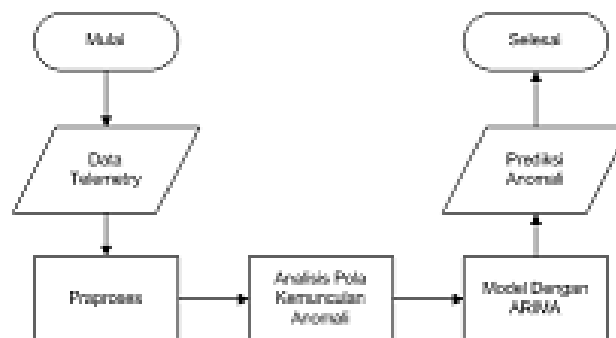
ft = nilai peramalan pada periode ke-t

3. METODE

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan memasukkan data-data telemetri ke dalam database. Data telemetri 1 bulan memiliki 6803 record dan 12 attribut. Kemudian dilakukan praproses data dengan membuang atribut yang tidak diperlukan dalam memprediksi *latchup*.. Atribut yang digunakan untuk memprediksi kemunculan *latchup* ini sebanyak 3 atribut yakni system current, temperatur middle plate dan temperatur PCDH. Selanjutnya dilakukan analisis pola kemunculan *latchup* dengan melihat parameter pada 3 atribut diatas. Setelah didapatkan jumlah kemunculan *latchup*, kemudian dimodelkan dengan menggunakan pendekatan model ARIMA sehingga bisa diprediksi untuk jumlah *latchup* per bulan dalam 1 tahun. Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 3-1.

Data telemetri diperoleh dari database SIDAT (*Sistem Informasi Data Telemetri*) Satelit LAPAN-TUBSAT tahun 2011. Dilakukan pemrosesan terhadap data tersebut sehingga atribut yang digunakan dalam mengetahui *latchup* yakni atribut temperatur middle plate dan PCDH. Praproses data dilakukan adalah dengan mengintegrasikan data-data harian *latchup* untuk mengetahui frekuensi *latchup* yang terjadi. untuk itu, dilakukan pemilihan dengan query untuk data harian yaitu dengan mengeksekusi perintah `SELECT count(time) as 'jumlah Latch Up' FROM 'log_telemetri' WHERE ((temp_pcdh_cpu-temp_middle_plate)>5) and time like '2010-12-01%'`, sedangkan untuk mengetahui jumlah *latchup* dalam satu bulan dilakukan mengeksekusi perintah `SELECT count(time) as 'jumlah Latch Up' FROM 'log_telemetri' WHERE ((temp_pcdh_cpu-temp_middle_plate)>5) and time like '2010-12%'`



Gambar 3-1 Tahapan Penelitian

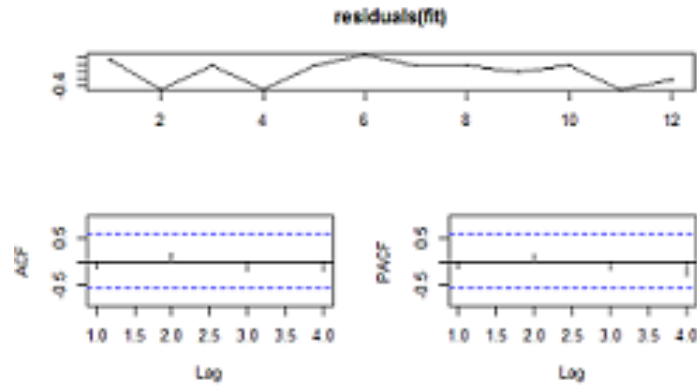
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam memprediksi frekuensi kemunculan *latchup* , di dalam software R digunakan beberapa library yang mendukung antara lain *library forecast*, *library timeseries*, *library fpp*..Jumlah kemunculan atau frekuensi *latchup* yang muncul pada tahun 2011 disajikan pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Data Jumlah Latchup Bulanan Tahun 2011

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2011	7	3	6	3	6	8	6	6	5	6	3	4

Langkah Selanjutnya dilakukan identifikasi model mendapatkan nilai ACF dan PACF dengan bantuan perangkat lunak RStudio. Hasil ACF dan PACF disajikan pada Gambar 4-1.



Gambar 4-1 Identifikasi Model

Berdasarkan Gambar 4-1, nilai tertinggi ACF lebih kecil dari nilai PACF sehingga maka kita ambil ordo dari PACF yaitu ordo 4. Berdasarkan hasil ACF dan PACF dapat diperoleh model ARIMA yakni (4,0,4). Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai fit yang berfungsi untuk menentukan nilai-nilai error yang terjadi dalam prediksi. Model akan dikatakan baik jika seluruh nilai error kecil. sehingga diperoleh nilai -nilai error yang disajikan pada Tabel 4-1.

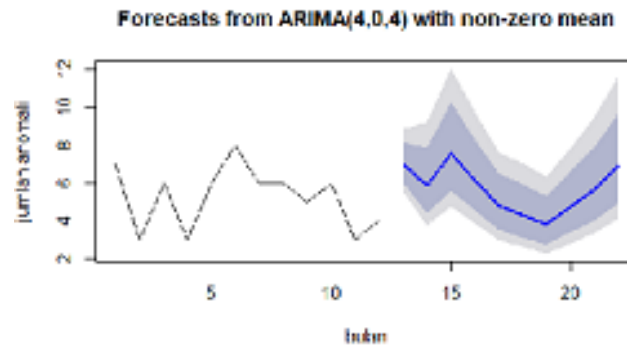
Tabel 4-1 Perbandingan Nilai pada model ARIMA

Model	RMSE	MAE	MAPE
4,0,4	0.530	0.463	9.679

Cuplikan kode program R yang digunakan untuk peramalan model dengan ARIMA adalah :

```
library(forecast)
library(fpp)
library(tseries)
data <- read.csv("c:/latchup.csv",header=TRUE, sep=";",quote="\\"", dec=".")
par(mfrow=c(1,2))
fit <- auto.arima(data, lambda=0,stepwise=FALSE, approximation=FALSE) tsdisplay(residuals(fit))
fit <- Arima(data, order=c(4,0,4), lambda=0)
summary(fit)
plot(forecast(fit), ylab="jumlah latchup", xlab="bulan")
```

Hasil yang diperoleh dari peramalan model ARIMA(4,0,4) dengan menggunakan simulasi di R, diperoleh hasil prediksi frekuensi kemunculan *latchup* tiap bulannya di tahun 2012 berdasarkan data historis kemunculan *latchup* di tahun 2011. Hasil peramalan disajikan pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2 Grafik Hasil Prediksi Tahun 2012

Hasil dari model ARIMA yang dipilih memberikan informasi bahwa frekuensi kemunculan *latchup* di satelit LAPAN-TUBSAT akan mengalami fluktuasi setiap bulannya. Kondisi ini ditunjukkan setiap bulannya terjadi peningkatan dan penurunan *latchup* di dalam satelit. Hasil prediksi dengan ARIMA dapat dijadikan informasi sebagai tanda peringatan dini bagi satelit bahwa semakin banyaknya *latchup* di dalam satelit, akan memperpendek umur dan ketahanan dari satelit itu sendiri. Sehingga perlu dilakukan langkah-langkah untuk mengantisipasi terjadinya *latchup* tersebut. Antisipasi dilakukan dengan cara melakukan *powerdown* dengan mereset timer semua device.

5. KESIMPULAN

Telah dilakukan peramalan kemunculan *latchup* dengan ARIMA. Model yang dihasilkan dalam penelitian ini yakni (4,0,4). Setelah dilakukan perbandingan dalam nilai RMSE, diperoleh bahwa model ARIMA(4,0,4) dengan hasil RMSE sebesar 0,530, nilai MAE sebesar 0.463 dan nilai MAPE sebesar 9.67 merupakan model yang cocok untuk kasus ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh operator satelit LAPAN-TUBSAT yang telah melakukan pengambilan data telemetri satelit LAPAN-TUBSAT.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Najati, N. *Effect Of Space Environment Disturbance In Lapan-Tubsat Satellite*. Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 10 No. 1 Juni 2012
- 2) V. Chandola, A. Banerjee & V. Kumar. *Anomaly Detection: A Survey*. ACM Computing Surveys. 2009.
- 3) Stuesson, F. *Single Event Effects (SEE) Mechanism and Effects*, EPFL Space Center. 2009.
- 4) Felix, JA. Sandia Nat. Labs., Albuquerque, NM. *Test Procedures for Proton-Induced Single Event Latchup in Space Environments*. 2008.
- 5) Machida, K., Fujimaki, R., Yairi, T., Kawahara, Y. and Sato, Y. *Telemetry-mining: A machine Learning Approach to Anomaly Detection and Fault Diagnosis for Space Systems*. 2nd IEEE International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology, IEEE. 2006.
- 6) Thomakos, D., Guerard. *Nai'Ve, ARIMA, nonparametric, transfer function and VAR models: A comparison of forecasting performance*. International Journal of Forecasting. 2004.
- 7) Saybani, Teh Ying Wah, Amineh Amini, Saeed Reza, Aghabozorgi Yazdi. *Anomaly detection and prediction of sensors faults in refinery using data mining techniques and fuzzy logic*. Scientific Research and Essays Vol. 6. 2011.
- 8) Xu Junyi, Zeng Anmin. *Application Of Arima (0, 2, q) Model To Prediction Of Satellite Clock Error.*, Journal Of Geodesy And Geodynamics. 2009.
- 9) Bowerman, B.L., O'Connell, R.T. & Koehler, A.B. *Forecasting, Time Series, Regression An applied approach*, 4th ed. Thomson Brooks/ cole, Belmont, CA.2005.

- 10) G.M. Jenkins, G.C. Reinsel. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco, Holden-Day. 1994.
- 11) Montgomery, DC, Cheryl LJ, Murat K. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Canada: John Wiley & Sons. Inc. 2008.