

Prediksi Frekuensi Kemunculan Latchup pada Satelit A-1 Menggunakan ARIMA

Agus Herawan

Peneliti Pusat Teknologi Satelit - LAPAN
Jl. Cagak Satelit Km.04 Rancabungur-Bogor
Email: agus.herawan23@gmail.com

Abstrak

Data Telemetri merupakan sumber untuk mendeteksi atau memprediksi latchup pada satelit buatan. Satelit LAPAN A1-telah beroperasi lebih dari tujuh tahun. Dalam operasi tersebut, LAPAN A1 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-A1. Pemantauan ini harus dilakukan untuk memastikan satelit dapat bekerja secara optimal. Penelitian ini menggunakan data latchup perbulan. Tujuan dari penelitian ini yakni untuk memprediksi frekuensi kemunculan latchup pada satelit tersebut dengan menggunakan metode autoregressive integrated moving average ARIMA. Hasil yang diperoleh model ARIMA yang terpilih adalah model ARIMA(4,0,4) dengan nilai root mean square error (RMSE) sebesar 0,530, nilai mean absolute percentage error (MAPE) sebesar 9.76 dan nilai mean absolute error (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-A1, latchup, ARIMA, RMSE, MAPE, MAE

Abstract

Telemetry data is a source for detecting or predicting latchup on artificial satellites. The LAPAN A1-satellite has been operating for more than seven years. In this operation, LAPAN A1 has produced a lot of telemetry data and has faced several latchups. One part of the concern in satellite health monitoring is the emergence of latchup in the LAPAN-A1 satellite. This monitoring must be done to ensure that the satellite can work optimally. This study uses latchup data per month. The purpose of this study is to predict the frequency of occurrence of latchup on these satellites by using ARIMA's autoregressive integrated moving average method. The results obtained from the selected ARIMA model are ARIMA (4.0.4) models with a root mean square error (RMSE) value of 0.530, the mean absolute percentage error (MAPE) value of 9.76 and the mean absolute error (MAE) value of 0.463. The results of this study are expected to help researchers and satellite operators to find out the appearance of latchup every month with predictions so that the health condition of the satellite is maintained and can be used as a reference in the development of the next satellite.

Keywords : LAPAN-A1, 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 *Low Earth Orbit* (LEO) 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 [1].

Satelit LAPAN-A1 adalah satelit riset pertama milik Indonesia dengan misi pengamatan permukaan bumi (*surveillance*). LAPAN-A1 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-A1 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-A1 mengakibatkan proses pemantauan kondisi LAPAN-A1 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-A1. Penelitian ini berhasil mendeteksi 81 kejadian *latchup* pada rentang waktu tahun 2010 sampai tahun 2011.

Penelitian [2] 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 [3]. Penelitian [4] 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. Penelitian [5] 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 perkiraan 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 [6]. 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-A1. Data *latchup* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data deret waktu yang diperoleh bank data telemetri satelit LAPAN-A1 tahun 2011. Dengan menggunakan ARIMA data *latchup* akan dimodelkan untuk melakukan prediksi terhadap kemungkinan munculnya *latchup* di masa yang akan datang.

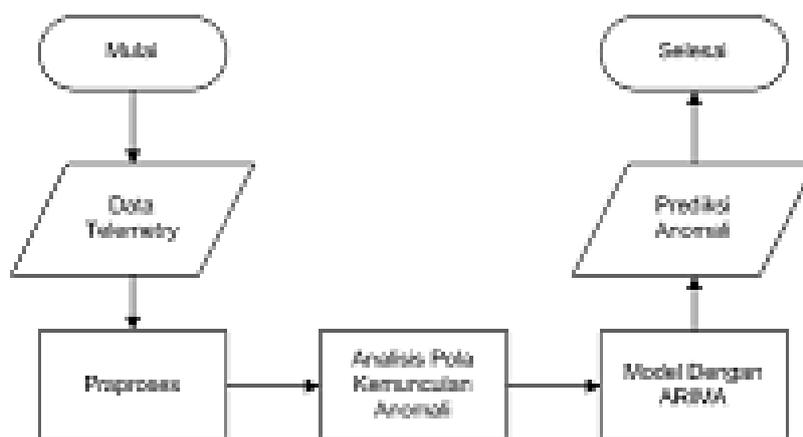
Metode untuk memprediksi kejadian kegagalan sensor, dua model prediksi yang dikenal sebagai ARIMA dan *tree model autoregressive* digunakan untuk memprediksi kejadian kegagalan sensor berikutnya [7]. Prediksi di dalam satelit dilakukan oleh [8] dengan melakukan prediksi kesalahan pada jam satelit dalam 1 hari. Prediksi ini menggunakan ARIMA untuk Analisis time series dari prediksi kesalahan jam satelit. Model ARIMA yang dihasilkan yakni model ARIMA (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. Metode Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan memasukkan data telemetri ke dalam database. Data telemetri 1 bulan memiliki 6803 record dan 12 atribut. 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 midle 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 1.

Data telemetri diperoleh dari database *Sistem Informasi Data Telemetri* (SIDAT) Satelit LAPAN-A1 tahun 2011. Dilakukan pemrosesan terhadap data tersebut sehingga atribut yang digunakan dalam mengetahui *latchup* yakni atribut temperatur midle 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 1. Tahapan Penelitian

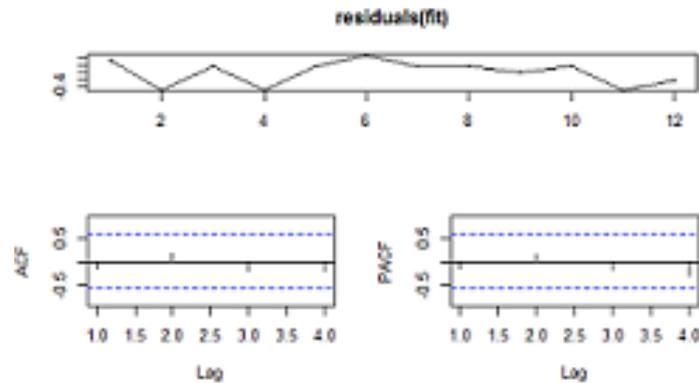
3. Hasil dan Pembahasan

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 1.

Tabel 1. Data Jumlah *Latchup* Bulanan Tahun 2011

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
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 2.



Gambar 2. Hasil ACF dan PACF

Berdasarkan Gambar 2, nilai tertinggi ACF lebih kecil dari nilai PACF sehingga di ambil ordo dari PACF yaitu ordo 4. Grafik ACF dan PACF mengindikasikan bahwa data telah stationer sehingga tidak perlu dilakukan *differencing*. Berdasarkan hasil ACF dan PACF dapat diperoleh model ARIMA yakni (4,0,4). Model ARIMA (4,0,4) dihasilkan dari plot autokorelasi (ACF) untuk ordo *moving average* (q) dan dari plot autokorelasi parsial (ACF) untuk orde *autoregressive* (p). Model yang dihasilkan 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 2.

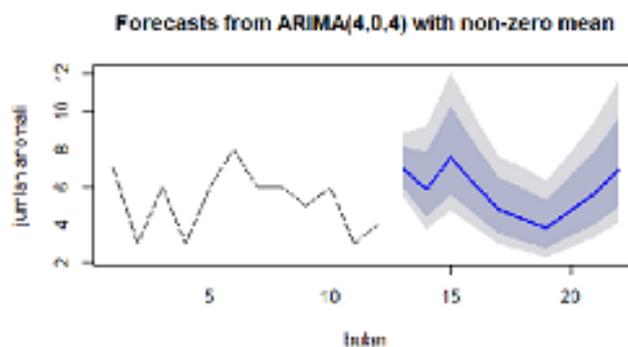
Tabel 2. Perbandingan nilai error pada model ARIMA (4,0,4)

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 3.



Gambar 3. Grafik Hasil Prediksi Tahun 2012

Hasil dari model ARIMA yang dipilih memberikan informasi bahwa frekuensi kemunculan *latchup* di satelit LAPAN-A1 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.

4. Kesimpulan

Telah dilakukan peramalan frekuensi kemunculan *latchup* dengan ARIMA. Model yang dihasilkan dalam penelitian ini yakni (4,0,4) yang diperoleh dari nilai auto korelasi dan partial auto korelasi dengan orde AR dan MA berada pada orde 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. 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.

References

- [1] Najati, N. Effect Of Space Environment Disturbance In Lapan-A1 Satellite. Jurnal Teknologi Dirgantara. 2012.Vol. 10 No. 1
- [2] V. Chandola, A. Banerjee & V. Kumar,. Anomaly Detection: A Survey. ACM Computing Surveys.2009
- [3] Sturesson, 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. [Nuclear Science](#) 2008, [IEEE Transactions](#)
- [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] 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 .2011. Vol. 6
- [7] Xu Junyi, Zeng Anmin. Application Of Arima (0, 2, q) Model To Prediction Of Satellite Clock Error, Journal Of Geodesy And Geodynamics. 2009
- [8] 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

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