

PEMODELAN REDAMAN HUJAN BERBASIS ARIMA PADA LINTASAN RADIO 28 GHz UTARA-SELATAN

Valian Yoga Pudya Ardhana, Achmad Mauludiyanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ITS-Surabaya
Sukolilo, Surabaya

email : valian.yoga81@yahoo.com, maulud@ee.its.ac.id

Abstrak

Semakin berkembangnya teknologi telekomunikasi mengakibatkan kebutuhan akan layanan komunikasi semakin meningkat. Salah satu sistem yang mampu menyediakan kapasitas kanal yang tinggi adalah Local Multipoint Distribution Services (LMDS) yang bekerja pada frekuensi 20-40 GHz. Permasalahan pada sistem yang bekerja di frekuensi diatas 10 GHz adalah mempunyai redaman yang cukup besar terutama yang diakibatkan oleh hujan sehingga menurunkan performansi sistem. Terlebih di Indonesia yang merupakan daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi. Pada penelitian ini akan dimodelkan redaman hujan tropis berbasis ARIMA pada lintasan komunikasi radio 28 GHz. Pemodelan ARIMA menggunakan data redaman hujan hasil pengukuran secara langsung dengan jarak link 364 meter dan arah utara-selatan yang berlokasi di kampus ITS Surabaya. Hasil pemodelan yang didapat divalidasi dengan proses deteksi outlier, sehingga didapatkan model terbaik yang dapat digunakan sebagai peramalan redaman hujan. Analisa dan validasi juga dilakukan dengan membangkitkan redaman hujan time series mengikuti model ARIMA.

Kata kunci :

Model ARIMA, redaman hujan, curah hujan

1. Pendahuluan

Pada sistem komunikasi gelombang mikro, uap, kabut, hujan, dan gas lainnya yang berada di udara, menyebabkan redaman propagasi. Hujan adalah salah satu kendala yang besar didalam kinerja link gelombang mikro dengan kondisi LOS (Line Of Sight). Di daerah beriklim sedang, dampak curah hujan pada link radio menjadi semakin besar di frekuensi 10 GHz keatas, sedangkan pada daerah yang beriklim tropis dampaknya sudah mulai membesar di frekuensi 7 GHz, karena hujan di daerah tropis lebih besar dari daerah beriklim sedang [1].

Kebutuhan akan desain dari suatu sistem pada link komunikasi khususnya pada radio terrestrial yang handal dan tahan terhadap kondisi hujan di Indonesia mutlak diperlukan, karena Indonesia termasuk negara yang beriklim tropis, dimana curah hujan di kota Surabaya

pun sangat tinggi yaitu, 120 mm/h pada persentil ke 99,99 [2], sehingga permasalahan redaman pada link radio yang disebabkan oleh hujan semakin menguat. Sebelum langkah desain dilakukan maka perlu untuk mengetahui karakteristik dan keadaan nyata di lapangan dengan cara pengambilan data curah hujan dan redaman hujan. Curah hujan yang terjadi erat kaitannya dengan redaman, karena semakin tinggi curah hujan yang terjadi maka semakin tinggi pula redaman yang terjadi [3]. Untuk mengurangi dampak redaman ini maka daya stasiun pemancar harus disesuaikan selama terjadinya redaman untuk mengimbangi perubahan redaman hujan. Salah satu metode yang digunakan adalah kontrol daya adaptif, dimana daya yang dikeluarkan pemancar bertambah untuk mengatasi fading yang terjadi, sehingga akses daya akan konstan selama adanya fading [4]. Namun, kelayakan penerapan metode ini masih harus diuji terlebih dahulu. Salah satu metode pengujiannya adalah dengan mensimulasikan suatu sistem nirkabel dalam kondisi hujan [5]. Maka dari itu, diperlukan suatu model statistik redaman dan curah hujan yang mampu mensimulasikan perilaku hujan, bukan saja sebagai fungsi waktu tetapi juga sebagai fungsi posisi dalam ruang.

Salah satu model statistik adalah ARIMA. Model ARIMA memiliki karakteristik yang paling sesuai dengan karakteristik data yang didapat dari pengukuran redaman dan curah hujan yaitu *time series*. Model ARIMA adalah cara alternatif untuk prediksi curah hujan, yang dapat digunakan dalam model redaman hujan. Model ARIMA yang digunakan di daerah tropis, menunjukkan hasil yang dapat diandalkan prediksi hujan [6]. Dengan pemodelan ARIMA, perlu dipertimbangkan sifat tak stasioner dari hujan, baik dalam dimensi ruang maupun waktu, agar didapat keakuratan yang tinggi. Telah dilakukan pemodelan ARIMA untuk redaman dan curah hujan di daerah tropis pada lintasan radio 28 GHz dengan jarak 56 meter dan arah link barat – timur [7], namun perlu diuji dan dikembangkan untuk arah link selatan – utara dan jarak yang lebih jauh lagi sehingga didapat redaman yang benar-benar mempunyai efek besar dan juga dapat dibuktikan pengaruh dari arah link. Untuk memberi perbandingan hasil pengukuran redaman hujan secara empiris, maka perlu juga diketahui redaman hujan dengan metode yang lain seperti, metode SST (Synthetic Storm Technique), redaman spesifik, atau lainnya di domain waktu yang sama. Dalam makalah

ini, kami membuat pemodelan redaman hujan berbasis ARIMA pada lintasan radio 28 GHz dari arah utara-selatan dengan jarak link 373 meter.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Redaman Hujan

Propagasi gelombang elektromagnetik melewati berbagai macam kondisi dan zat baik padat maupun cair seperti bangunan, tanah, air hujan dan lainnya menghasilkan suatu yang dinamakan redaman yang tergantung dengan frekuensi. Tetesan air hujan bisa menjadi penyebab yang cukup dominan dari redaman sinyal pada sistem komunikasi *wireless*. Hujan mengakibatkan penghamburan gelombang radio sehingga muncul redaman. Hujan akan menyebabkan energi gelombang mikro mengalami penghamburan (*scatter*) dan penyerapan (*absorpsi*) sepanjang lintasan komunikasi [8]. Pada komunikasi radio terrestrial dibawah frekuensi 10 GHz, redaman yang diakibatkan oleh hujan tidak terlalu diperhitungkan karena redaman per kilometernya masih dianggap kecil. Sebaliknya, jika diatas frekuensi 10 GHz dimana panjang gelombangnya sangat pendek, redaman yang diakibatkan oleh hujan meningkat signifikan sehingga sangat perlu untuk dipertimbangkan [3]

Daerah tropis merupakan suatu kawasan yang mempunyai curah hujan yang sangat tinggi, maka redaman yang sangat berpengaruh adalah redaman yang disebabkan oleh hujan. Pada sistem transmisi pada kondisi hujan, antena transmitter akan memancarkan elektromagnetik yang bertabrakan dengan titik-titik hujan sehingga akan terjadi beberapa fenomena seperti redaman, *depolarisasi* gelombang dan *scattering*. Untuk dapat mengetahui proses dan besarnya gangguan gelombang elektromagnetik perlu diketahui kondisi hujan dan parameter-parameter yang mempengaruhi redaman hujan seperti panjang lintasan gelombang, frekuensi dan sudut elevasi yang digunakan, karena semakin tinggi intensitas hujan dan semakin tinggi frekuensi yang digunakan akan mengakibatkan semakin tinggi redaman yang akan mengakibatkan menurunnya nilai link availability.

Redaman hujan menyebabkan perambatan gelombang radio melalui medium udara mengalami penurunan dalam kualitas komunikasi akibat terjadinya hujan. Untuk dapat mengetahui proses dan besarnya gangguan gelombang mikro oleh hujan, perlu diketahui parameter hujan yang mempengaruhi terjadinya redaman hujan misalnya intensitas curah hujan. Salah satu akibat dari redaman hujan adalah terjadinya pelemahan sinyal yang disebut fading. Fading yang terjadi dapat mengganggu sistem komunikasi gelombang millimeter. Ada dua hal yang berpengaruh dalam perhitungan fading yaitu fade slope dan fade duration [9]. Untuk mendesain sistem komunikasi yang lebih *reliable* atau sistem yang tahan terhadap efek redaman hujan maka perlu untuk

mengetahui parameter-parameter dari hujan sehingga dapat mengkompensasi redaman hujan.

2.2 ARIMA

Model *Autoregresif Integrated Moving Average* (ARIMA) adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. ARIMA cocok jika observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*). Pada pemodelan ARIMA, bagian penting yang harus dipenuhi adalah data harus terlebih dahulu stasioner terhadap *mean* dan *varians*. Apabila data belum stasioner terhadap *varians* maka perlu dilakukan transformasi. Salah satu transformasi yang dapat digunakan adalah transformasi Box-Cox. Jika data belum stasioner terhadap *mean*, maka dilakukan proses *differencing*. Yang dimaksud dengan *differencing* adalah menghitung perubahan atau selisih nilai observasi. Nilai selisih yang diperoleh dicek lagi apakah stasioner atau tidak. Jika belum stasioner maka dilakukan *differencing* lagi.

Model Box-Jenkins dibagi kedalam 3 kelompok, yaitu: model *autoregressive* (AR), *moving average* (MA), dan model campuran ARIMA (*autoregressive moving average*) yang mempunyai karakteristik dari dua model pertama.

1) Autoregressive Model (AR)

Bentuk umum model *autoregressive* dengan ordo p (AR(p)) atau model ARIMA ($p,0,0$) dinyatakan sebagai berikut:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \epsilon_t \quad (2.1)$$

dengan Z_t menyatakan nilai variable dependent pada waktu t , $\phi_1 \dots \phi_p$ menyatakan nilai parameter dari *autoregressive* (AR), dan ϵ_t adalah nilai kesalahan pada waktu t .

2) Moving Average Model (MA)

Bentuk umum model *moving average* ordo q (MA(q)) atau ARIMA ($0,0,q$) dinyatakan sebagai berikut:

$$Z_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} \quad (2.2)$$

dengan Z_t menyatakan nilai variable dependent pada waktu t , $\theta_1 \dots \theta_q$ menyatakan nilai parameter dari *moving average* (MA), dan ϵ_t adalah nilai kesalahan pada waktu t .

3) Model campuran

- Proses ARMA

Model umum untuk campuran proses AR dan MA, dinyatakan sebagai berikut:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} \quad (2.3)$$

dengan Z_t menyatakan nilai variable dependent pada waktu t , $\theta_1 \dots s/d \dots \theta_p$ menyatakan nilai parameter dari *autoregressive* (AR), $\theta_1 \dots s/d \dots \theta_p$ menyatakan nilai parameter dari *moving average* (MA), dan ϵ_t adalah nilai kesalahan pada waktu t

- Proses ARIMA

Apabila nonstasioneritas ditambahkan pada campuran proses ARMA, maka model umum ARIMA (p,d,q) terpenuhi, dengan p adalah jumlah proses AR, d adalah jumlah *differencing*, dan q adalah jumlah proses MA. Jika $d = 0$ dan $q = 0$, dapat juga disebut model *autoregressive* dan dinotasikan dengan AR(p). Dan jika $p = 0$ dan $d = 0$, maka disebut *moving average* yang dinotasikan dengan MA(q). Model ARIMA hampir sama dengan ARMA, yang membedakan adalah ARMA digunakan untuk data yang telah stasioner, sedangkan ARIMA digunakan untuk data yang tidak stasioner sehingga memerlukan proses *differencing*. Model ARIMA ini memiliki persamaan umum yang dapat dituliskan sebagai berikut :

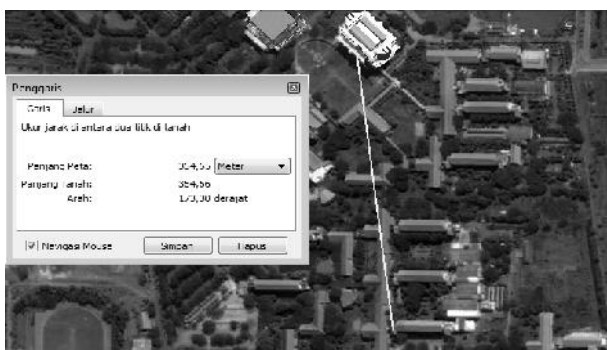
$$\Phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\epsilon_t \quad (2.4)$$

dengan d adalah bilangan bulat non-negatif.

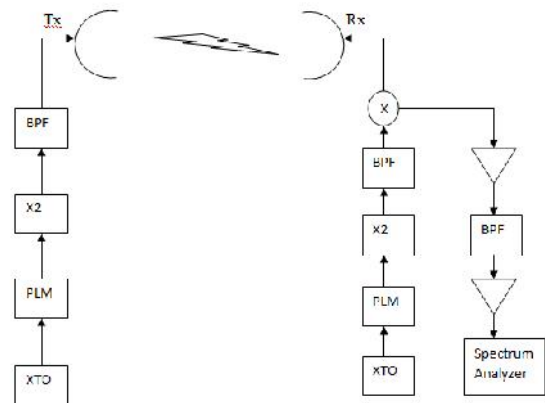
3. Metode Penelitian

3.1 Set-up Perangkat Pengukuran Redaman Hujan

Pengukuran redaman hujan menggunakan sebuah link radio 28 GHz yang terdiri dari pemancar dan penerima. Link radio dibangun di kampus ITS Surabaya, dimana pemancar (Tx) ditempatkan di roof top (lantai 7) gedung perpustakaan ITS dengan koordinat 7° 16' 53.99" S, 112° 47' 43.54" E, sedangkan penerima (Rx) berada di roof top (lantai 5) gedung B Jurusan Teknik Elektro FTI ITS dengan koordinat 7° 17' 05.74" S, 112° 47' 45.18" E. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 1



Gambar 1 Lokasi pemancar dan penerima (lintasan link radio)



Gambar 2 Diagram blok pengukuran redaman hujan

Jarak pemancar dan penerima adalah 364 meter, menghasilkan *free space loss* sebesar 112,6 dB. *Zona Fresnel* adalah 3,9 m dan dipastikan tidak terhalang oleh apapun. Arah link adalah utara – selatan. Perangkat radio yang digunakan adalah Ka Band 28 GHz yang merupakan hibah dari Eindhoven Belanda pada tahun 1990, seperti yang terlihat pada gambar 2

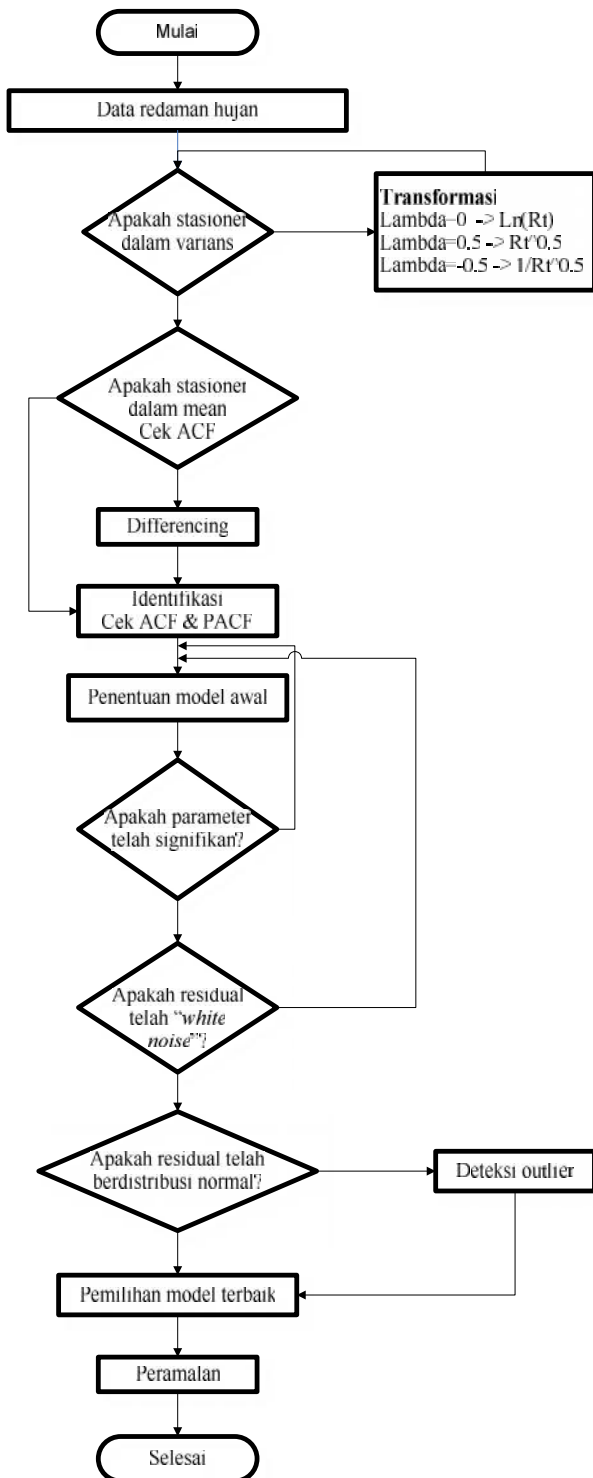
3.2 Pemodelan ARIMA

Data redaman hujan yang didapatkan dari pengukuran secara langsung, dimodelkan dengan menggunakan model statistik ARIMA. Langkah-langkah pemodelan ARIMA diperlihatkan pada gambar 3.

Data redaman hujan diinputkan ke software Minitab. Kemudian, langkah pertama yang harus dilakukan adalah pengecekan kestasioneran dalam varians. Pengecekan dilakukan dengan Box-Cox. Data yang sudah stasioner dalam varians, lambda bernilai 1 ($\lambda = 1$), jika pada Box-Cox lambda tidak sama dengan 1, maka harus di transformasi dengan Box-Cox sampai mendapatkan nilai 1. Kemudian pengecekan kestasioneran data dalam mean, dengan cara mengamati plot *Autocorrelation Function* (ACF). Jika dari pengamatan ACF menunjukkan pola menurun lambat, maka harus dilakukan proses *differencing*. Setelah proses *differencing* atau ACF tidak turun lambat, maka langkah berikutnya adalah plot *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Identifikasi ACF dan PACF dilakukan untuk menentukan model dugaan ARIMA. Dari pengamatan plot ACF diperoleh nilai q . Sedangkan dari pengamatan plot PACF diperoleh nilai p . Nilai d adalah *differencing*. Kemudian, dugaan model tersebut diinputkan ke dalam fungsi model di Minitab. Tetapi model dugaan ARIMA bisa terjadi lebih dari satu model. Untuk itu dibutuhkan estimasi model dengan parameter *delta* dan *phi* dengan melakukan pengecekan terhadap *p-value*.

Tahap diagnosis model dilakukan untuk uji normalisasi residual Kolmogorov-Smirnov dengan p -value > 0.05 . Jika signifikan dibawah 0.05 berarti data yang akan diuji mempunyai perbedaan yang signifikan dengan data normal sehingga data tersebut tidak normal. Jika sebaliknya, yaitu diatas 0.05 maka tidak terdapat

perbedaan yang signifikan antara data yang akan diuji dengan data normal.



Gambar 3 Diagram alir pemodelan ARIMA

Pada tahap ini digunakan software SAS. Inputkan dugaan model ARIMA, langkah pertama adalah pengecekan parameter apakah telah signifikan, jika nilai $Pr > 0.05$ terhadap nilai t maka dilakukan pengecekan kembali dugaan model ARIMA lainnya hingga didapatkan nilai $Pr < 0.05$. Kemudian pengecekan *white*

noise pada residual, jika nilai $Pr < 0.05$ terhadap nilai *chi-square*, maka perlu dilakukan pengecekan kembali dengan dugaan model ARIMA yang lain hingga didapatkan nilai $Pr > 0.05$. Langkah berikutnya adalah tes Kolmogorov-Smirnov untuk membuktikan residual telah berdistribusi normal, dimana p -value harus lebih besar dari 0.05. Jika p -value < 0.05 maka dilakukan proses deteksi outlier hingga didapatkan model ARIMA terbaik yang dapat digunakan sebagai peramalan redaman hujan. Setelah mendapatkan model yang tepat dari data redaman hujan, perlu adanya validasi model. Proses validasi yaitu dengan cara membandingkan data redaman hujan hasil pembangkitan dengan data hasil pengukuran.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data untuk event hujan yang terjadi antara 24 Desember 2011 – 30 Januari 2012 diringkaskan dalam tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pemodelan ARIMA Redaman Hujan

Tanggal Event	Jumlah Sampel	Event Prob.	Parameter Model ARIMA	Cumulative Prob. Of Occurance
24 Desember 2011	90	0.052	(0,1,1) (0,1,2)	0.052
30 Desember 2011	44	0.026	(2,1,1)	0.078
31 Desember 2011	80	0.047	(10,1,1)	0.125
5 Januari 2012	200	0.116	(5,1,0)	0.241
7 Januari 2012	135	0.078	(8,1,1) (12,1,1)	0.319
9 Januari 2012	412	0.240	(1,1,1)	0.559
11 Januari 2012	100	0.058	(4,1,4) (4,1,5) (5,1,4) (5,1,5) (6,1,4) (6,1,5)	0.617
13 Januari 2012	40	0.023	(2,1,0)	0.64
14 Januari 2012	180	0.105	(9,1,0)	0.745
15 Januari 2012	160	0.093	(1,1,1) (1,1,8) (8,1,1) (8,1,8)	0.838
18 Januari 2012	99	0.058	(6,1,0)	0.896
29 Januari 2012	70	0.041	(2,1,7) (4,1,7)	0.937
30 Januari 2012	110	0.063	(4,1,1)	1
Total	1720	1		

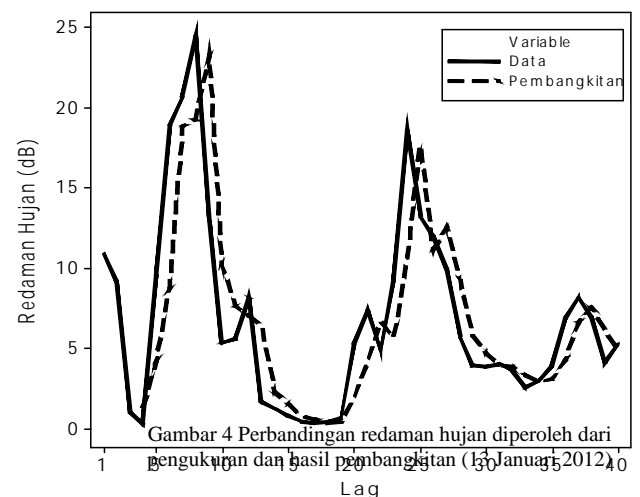
Hasil pemodelan ARIMA Tabel 2 Hasil efek deteksi outlier pada pemodelan ARIMA redaman hujan angkatkan dalam tabel. Ditunjukkan pada event tanggal 30 dan 31 redaman hujan sebagai perbandingan dengan redaman Desember 2011 kemudian tanggal 5, 9, 13, 14, 18, dan hujan yang telah diukur dan hasil peramalan yang

NO	Event	Model Arima	KS Test	AIC	SBC	Parameter AR	Parameter MA	Model Terbaik	Keterangan
1	24 Desember 2011	(0,1,1) (0,1,2)	0.0855	422.4596 421.685	444.8573 444.0828	- -	0.17579 0.26661	(0,1,2)	Deteksi outlier
2	30 Desember 2011	(2,1,1)	0.15	227.3682	230.8906	0.16678	0.14818	(2,1,1)	Tanpa efek deteksi outlier
3	31 Desember 2011	(10,1,1)	0.01	394.1374	417.8318	0.2444	0.04623	(10,1,1)	Deteksi outlier Tidak memenuhi
4	5 Januari 2012	(5,1,0)	0.01	887.8918	963.6821	0.24697	-	(5,1,0)	Deteksi outlier Tidak memenuhi
5	7 Januari 2012	(8,1,1) (12,1,1)	0.0911	574.5314 575.2323	580.3271 581.0281	0.19382 0.18273	0.54257 0.52720	(8,1,1)	Tanpa efek deteksi outlier
6	9 Januari 2012	(1,1,1)	0.01	1864.998	1905.184	0.43033	0.84816	(1,1,1)	Deteksi outlier Tidak memenuhi
7	11 Januari 2012	(4,1,4) (4,1,5) (5,1,4) (5,1,5) (6,1,4) (6,1,5)	0.1500	920.1085 841.5334 862.5873 843.4752 921.3660 844.2514	926.6951 848.1200 869.1739 850.0618 927.9526 850.8381	0.36829 0.06045 0.52448 0.16421 0.06621 0.00135	0.58885 0.65769 0.07625 0.58273 0.23300 0.66688	(4,1,5)	Tanpa efek deteksi outlier
8	13 Januari 2012	(2,1,0)	0.0528	224.7402	226.4037	0.20962	-	(2,1,0)	Tanpa efek deteksi outlier
9	14 Januari 2012	(9,1,0)	0.01	399.9315	454.1171	0.08538	-	(9,1,0)	Deteksi outlier Tidak memenuhi
10	15 Januari 2012	(1,1,1) (1,1,8) (8,1,1) (8,1,8)	0.0847	849.5261 854.5927 850.3440 849.9992	864.8706 869.9372 865.6885 865.3438	0.43340 0.12053 0.18978 0.69340	0.67106 0.12308 0.24335 0.49746	(1,1,1)	Deteksi outlier
11	18 Januari 2012	(6,1,0)	0.01	365.7293	368.3244	0.22929	-	(6,1,0)	Deteksi outlier Tidak memenuhi
12	29 Januari 2012	(2,1,7) (4,1,7)	0.0736	358.4191 363.3881	362.8872 367.8563	0.27086 0.32056	0.43949 0.27162	(2,1,7)	Deteksi outlier
13	30 Januari 2012	(4,1,1)	0.0971	338.5365	343.9192	0.19627	0.48304	(4,1,1)	Tanpa efek deteksi outlier

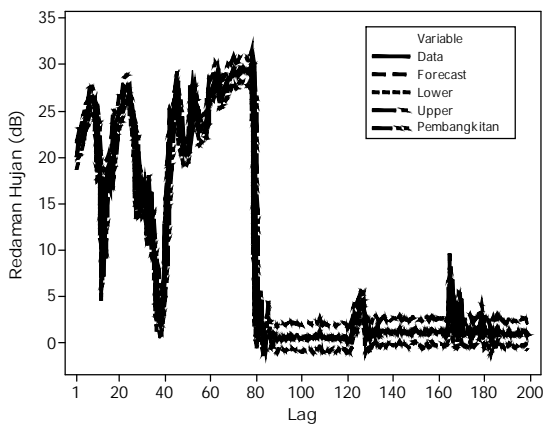
30 Januari 2012 masing-masing menghasilkan hanya satu model ARIMA sesuai dengan parameter (p, d, q). Event pada tanggal 24 Desember 2011 dapat didekati oleh ARIMA (0,1,1) dan (0,1,2), event tanggal 7 Januari 2012 oleh ARIMA (8,1,1) dan (12,1,1), event tanggal 11 Januari 2012 oleh ARIMA (4,1,4), (4,1,5), (5,1,4), (5,1,5), (6,1,4), dan (6,1,5), event tanggal 15 Januari 2012 oleh ARIMA (1,1,1), (1,1,8), (8,1,1), dan (8,1,8), sedangkan event tanggal 29 Januari 2012 oleh ARIMA (2,1,7) dan (4,1,7).

Untuk menyempurnakan model ARIMA, maka dilakukan deteksi outlier. Dalam proses pengukuran redaman hujan dari 13 event yang tercantum dalam tabel 1, terdapat 3 event yang menggunakan deteksi outlier dan 5 event tanpa deteksi outlier, seperti yang diperlihatkan pada tabel 4.2. Diperlihatkan juga 5 event tidak memenuhi distribusi normal Kolmogorov-Smirnov. Selain itu, juga terlihat 5 event yaitu event tanggal 24 Desember 2011, 7 Januari 2012, 11 Januari 2012, 15 Januari 2012, dan 29 Januari 2012 mempunyai pendekatan lebih dari 1 model ARIMA. Untuk mendapatkan model ARIMA terbaik maka perlu diuji dengan AIC dan SBC. Model ARIMA terbaik hasil uji AIC dan SBC diperlihatkan pada tabel 2, dimana AIC dan SBC terkecil adalah yang terbaik. Sedangkan

diperoleh.



Gambar 4 Perbandingan redaman hujan diperoleh dari pengukuran dan hasil peramalan (13 Januari 2012)



Gambar 5 Perbandingan redaman hujan hasil pengukuran, pembangkitan, dan peramalan (5 Januari 2012)

Hasil pengukuran redaman hujan dibandingkan dengan redaman hasil pembangkitan, seperti yang diperlihatkan pada gambar 4. Terlihat bahwa mulai lag ke 5, redaman hasil pembangkitan lebih kecil dari redaman hasil pengukuran. Tetapi pada lag ke 10, terjadi kebalikan dimana redaman hasil pengukuran lebih kecil, begitu juga pada lag ke 20 redaman hasil pembangkitan lebih kecil, dan naik turunnya redaman seperti itu berlaku hingga lag terakhir.

Sedangkan pada gambar 5 diperlihatkan perbandingan redaman hujan hasil pengukuran, pembangkitan, dan peramalan. Dimana semua redaman hujan tersebut berada didalam batas bawah dan atas. Terlihat juga redaman untuk peramalan sedikit lebih besar dari redaman hasil pengukuran dan pembangkitan.

5. Kesimpulan dan Saran

Set-up perangkat pengukuran redaman hujan dilakukan di kota Surabaya tepatnya di Kampus ITS dimana merupakan daerah tropis dengan curah hujan yang cukup tinggi. Redaman hujan diukur secara langsung, kemudian hasil pengukuran tersebut dimodelkan menggunakan ARIMA. Pemodelan ARIMA dapat digunakan untuk membangkitkan data time series dalam hal ini redaman hujan yang tidak stasioner. Diperlukan identifikasi AIC terkecil pada masing-masing model sehingga diperoleh model yang terbaik. Identifikasi dilakukan jika satu event menghasilkan lebih dari satu dugaan model ARIMA, sehingga penentuan model ARIMA terbaik berdasarkan pada nilai AIC terkecil. Model yang diperoleh pada penelitian ini adalah 1 model IMA, 4 model ARI, dan 8 model ARIMA. Jika dilihat probabilitasnya maka diperoleh model IMA sebesar 7.7%, model ARI 30.8%, dan model ARIMA 61.5%.

Ditinjau dari validasi hasil, diperlukan perbandingan dengan metode lain seperti SST atau metode lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] F. Moupfouma and J. Tiffon, 1982, "Raindrop Size Distribution from Microwave Scattering Measurements in Equatorial and Tropical Climates", *Electronic Letters*, Vol. 18, pp. 1012-1014.
- [2] Maagt, P. J. L., Touw, S. I. E., Dijk, J., Brusard, G., dan Allbutt, J. E., 1993, "Result of 11.2 GHz Propagation Experiments in Indonesia", *Electron Lett.*, Vol. 29, pp. 1988-1990.
- [3] Kannelopoulos, J. D., dan Koukoulas, S. G., 1991, "Outage Performance Analysis of Route Diversity Systems of Cellular Structure", *Radio Science*, vol. 26, no. 4, pp. 289-299.
- [4] Van de Kamp, M. M. J. L., 2003, "Rain Attenuation as a Markov Process : The Meaning of Two Sample". 1 International Workshop, COST Action 280, ONERA, Toulouse, France.
- [5] Hendratoro, G., dan Indrabayu, 2005, "A Multichannel Autoregressive Model of Rain Attenuation on Multiple Radio Links and Its Application in Assesment of Fade Mitigation Schemes in Fixed Wireless Systems Above 10 GHz", *Proceedings of the 28 URSI General Assembly*, New Delhi, India.
- [6] Sosa, J., Sosa. C., dan Paz. B., 2000, "ARIMA Models In The Rain Attenuation Prediction In a Mexican Tropical Area", *IEEE*.
- [7] Mauludiyanto, A., Hendratoro, G., Purnomo, M. H., Ramadhany, T., dan Matsushima, A., (2010), "ARIMA Modeling of Tropical Rain Attenuation on a Short 28-GHz Terrestrial Link", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 9.
- [8] Crane, K. Robert, 2003, "Propagation Handbook for Wireless Communication System Design," *Handbook*, New Hampshire.
- [9] P. Hutajulu, 2007, "Model Statistik Fading Karena Hujan di Surabaya", ITS.

Biodata Penulis

Valian Yoga Pudya Ardhana, memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST), Program Studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS, lulus tahun 2004. Saat ini sedang menempuh program Pasca Sarjana, bidang studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya. Penulis juga aktif di Lab. Antena dan Propagasi, Jurusan Elektro-ITS dengan bidang riset Sistem Komunikasi Gelombang Milimeter.

Achmad Mauludiyanto, memperoleh gelar Sarjana Insinyur (Ir), Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS, lulus tahun 1987. Tahun 2000 memperoleh gelar Magister Teknik (MT) dari Program Studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Program Doktor pada Program Studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS, lulus pada tahun 2010. Saat ini masih aktif sebagai Kepala Lab. Antena dan Propagasi, Jurusan Elektro-ITS.