

PENERAPAN METODE ARIMA UNTUK MEMPREDIKSI PEMAKAIAN *BANDWIDTH* DI UNIVERSITAS TANJUNGPURA

Retno Vipyana Suryani¹, Tedy Rismawan², Ikhwan Ruslianto³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak

Telp./Fax : (0561) 577963

e-mail: ¹rtnvipyana@student.untan.ac.id, ²tedyrismawan@siskom.untan.ac.id,

³ikhwanruslianto@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Bandwidth menjadi salah satu pertimbangan penting untuk pengguna jaringan internet. Kebutuhan internet yang tinggi mempengaruhi kapasitas *bandwidth* yang telah disediakan oleh perusahaan *provider* yang bekerjasama dengan Universitas Tanjungpura. Dalam implementasinya di Universitas Tanjungpura belum memiliki sistem yang dapat memprediksi pemakaian *bandwidth* untuk membantu pihak *provider* maupun pihak Universitas Tanjungpura dalam mengalokasikan ketersediaan produk dan dana. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode yang dapat memenuhi kebutuhan analisis yang baik sebagai proses pengambilan keputusan di masa yang akan datang. Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dapat digunakan untuk melakukan prediksi deret berkala. Metode ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel yang terikat untuk menghasilkan prediksi jangka pendek yang akurat. Pada penelitian ini dibangun sebuah sistem yang digunakan untuk memprediksi pemakaian *bandwidth* di Universitas Tanjungpura menggunakan metode ARIMA berbasis *website*. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman *java*, serta supabase akan dipergunakan sebagai penyimpanan basis data dari sistem yang akan dibangun. Data masukan yang digunakan adalah data aktual pemakaian *bandwidth* dengan besaran Megabit per hari di Universitas Tanjungpura dari delapan fakultas selama 61 hari. Keluaran yang dihasilkan oleh sistem adalah hasil prediksi pemakaian *bandwidth* selama dua hari kedepan dimana hasil tingkat akurasi keberhasilan sistem mencapai 82%.

Kata Kunci: *Bandwidth*, Prediksi, ARIMA, *website*, supabase.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat menyebabkan sistem komputer tidak lagi digunakan untuk kebutuhan individu melainkan untuk keperluan banyak pihak melalui struktur jaringan (*network*). Jaringan komputer merupakan seperangkat komputer yang saling terhubung dengan bertukar informasi menggunakan protokol komunikasi [1]. *Bandwidth* diperlukan untuk mengirim data dari satu komputer ke komputer lain. *Bandwidth* merupakan jarak dari suatu frekuensi dimana sinyal dapat ditransmisikan tanpa menyebabkan sinyal melemah [2]. Semakin besar jumlah *bandwidth* yang tersedia, semakin lancar layanan dan koneksi internetnya. Sehingga *bandwidth* menjadi salah satu pertimbangan penting bagi pengguna jaringan internet. Civitas Universitas Tanjungpura menggunakan internet untuk mengakses pekerjaan dan materi pembelajaran yang bersifat daring. Penggunaan internet yang tinggi berdampak pada kapasitas

bandwidth yang disediakan oleh perusahaan *provider* yang bekerja sama dengan Universitas Tanjungpura.

Dalam implementasinya di Universitas Tanjungpura belum memiliki sistem yang dapat memprediksi pemakaian *bandwidth* untuk membantu pihak *provider* maupun pihak Universitas Tanjungpura dalam mengalokasikan ketersediaan produk dan dana. Sehingga diperlukan sistem yang dapat memperkirakan pemakaian *bandwidth* dalam jangka waktu tertentu dilingkungan Universitas Tanjungpura agar dapat mencegah kerugian di kedua belah pihak. Terdapat penelitian tentang *bandwidth management* dengan judul “Perbandingan Hasil Prediksi *Bandwidth Management* menggunakan Metode *Naive Bayes Classifier dan Decision Tree C4.5*” dimana peneliti memprediksi penambahan *bandwidth* di beberapa fakultas Universitas Muslim Indonesia [3].

Pada tahap prediksi membutuhkan suatu metode analisis yang baik untuk proses

pengambilan keputusan di masa depan. Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dapat digunakan untuk memprediksi deret waktu. Metode ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan masa kini dari variabel dependen untuk membuat hasil prediksi jangka pendek yang akurat. Terdapat beberapa peneliti menggunakan metode ARIMA pada penelitiannya, diantaranya yaitu untuk memprediksi harga sembako menggunakan data harian dengan nilai akurasi diatas 95,58% [4]. Kemudian penelitian meramalkan kasus DBD di provinsi Jawa Timur menggunakan data bulanan mulai dari Januari 2008 sampai dengan Desember 2016 dengan nilai MAPE sebesar 43,51% [5]. Selanjutnya penelitian yang menggunakan metode ARIMA untuk meramalkan tingkat pemakaian kuota internet menggunakan data harian dengan model terbaik yang diperoleh adalah AR(1) atau ARIMA (1,0,0) [6]. Serta penelitian untuk prediksi harga saham Garuda Indonesia menggunakan data harian dengan model ordo terbaik yang didapat yaitu ARIMA (3,1,2) [7].

Berdasarkan pada penelitian – penelitian dan masalah tersebut maka dibuatlah sebuah penelitian dengan judul “Penerapan Metode ARIMA Untuk Memprediksi Pemakaian *Bandwidth* Di Universitas Tanjungpura” yang diharapkan dapat membantu pihak Universitas Tanjungpura dan pihak *provider* dalam penyediaan *bandwidth* dan dana di kemudian hari

2. LANDASAN TEORI

2.1 Prediksi

Prediksi merupakan suatu proses memperkirakan secara sistematis peristiwa yang paling mungkin terjadi di masa depan, berdasarkan informasi masa lalu dan masa kini, agar kesalahan (selisih antara apa yang terjadi dengan pekiraan yang diharapkan) dapat diminimalkan. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti atas peristiwa yang terjadi, tetapi berusaha mencari jawaban sedekat mungkin dengan apa yang akan terjadi [8]. Prediksi merupakan *input* dari suatu proses perencanaan dan pengambilan keputusan berdasarkan asumsi teoritis yang mutlak. Prediksi dapat berdasarkan metode ilmiah atau subjektif murni.

2.2 Time Series

Data periodik (*time series*) adalah data yang tersusun dalam periode yang terbentuk berdasarkan tahun, bulan, minggu, dan sebagainya. *Time series* adalah rangkaian pengamatan dari suatu sumber yang memiliki waktu beruntun untuk menggambarkan suatu objek. Analisis *time series* dilakukan untuk memprediksi pola masa depan yang akan disusun sebagai data statistik dan untuk menemukan pola atau perubahan dari pertumbuhan data masa lalu yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan sistem kendali.

Analisis data periodik memiliki empat komponen pola [9]:

1. Pola tren (T) adalah tren terhadap data dalam jangka waktu yang lama, baik naik atau turun. Salah satu contoh tren yang semakin berkembang dari tahun ke tahun adalah belanja *online*.
2. Pola siklus (C) adalah fluktuasi data selama satu tahun atau lebih. Penyebab hal ini biasanya adalah masalah ekonomi atau politik.
3. Pola musiman (S) adalah fluktuasi berkala dalam satu tahun, berupa triwulanan, bulanan, mingguan, atau harian. Misalnya, meningkatnya harga kebutuhan pokok menjelang Hari Raya.
4. Pola horizontal (H) adalah kejadian tak terduga yang terjadi secara acak, tetapi kehadirannya dapat mempengaruhi fluktuasi data periodik. Hal ini dapat terjadi akibat dari peristiwa seperti perang, bencana alam, wabah penyakit, dan pandemi.

2.3 Stasioner dan Nonstasioneritas

Stasioneritas artinya data tidak berubah dan tidak bertambah atau berkurang. Fluktuasi data berada disekitar *mean* yang konstan, dimana tidak tergantung pada waktu dan varian dari fluktuasi tersebut [10]. Data periodik dianggap stasioner jika *mean* dan variannya konstan, tidak ada elemen *trend* dan data tidak memiliki elemen musiman. Sebaliknya data periodik yang memiliki *trend* disebut non-stasioner.

Data periodik non-stasioner harus diubah menjadi data stasioner dengan melakukan pengurangan. *Differencing* merupakan teknik menghitung perubahan atau selisih nilai pengamatan dengan cara mengurangkan data

dari data sebelumnya. Nilai selisih pengamatan diperiksa kembali untuk melihat apakah sudah stasioner. Jika tidak stasioner, maka akan didiferensiasikan kembali hingga data stasioner. Notasi yang sangat berguna untuk metode perbedaan adalah operator pergeseran mundur (*backward shift*) B . Untuk menghitung *differencing* pertama dapat menggunakan Persamaan 1 [10]:

$$BX_t = X_{t-1} \quad (1)$$

Keterangan:

B = perbedaan

X_t = nilai X pada orde ke- t

X_{t-1} = nilai X pada orde ke $t-1$

Notasi B yang ditambahkan ke X dapat menggeser data mundur satu periode kebelakang. Dua penerapan B untuk shift X akan menggeser data mundur sebanyak dua periode kebelakang. Hal ini dapat dikonfirmasi dengan Persamaan 2 [10]:

$$B(BX_t) = B^2X_t = X_{t-2} \quad (2)$$

Keterangan:

X_{t-2} = nilai X pada orde ke $t-2$

Jika data *time series* tidak stasioner, maka data dapat dibuat mendekati stasioner dengan membedakan (*differencing*) orde pertama data. Persamaan untuk *differencing* orde pertama dapat dikonfirmasi dengan Persamaan 3 [10]:

$$X'_t = X_t - X_{t-1} \quad (3)$$

Keterangan:

X'_t = nilai variabel X pada waktu t setelah *differencing*

Dengan menggunakan *backward shift*, Persamaan 3 dapat ditulis menjadi Persamaan 4.

$$X'_t = X_t - BX_t \quad (4)$$

atau dengan Persamaan 5.

$$X'_t = (1 - B)X_t \quad (5)$$

Differencing pertama dari Persamaan 5 dinyatakan sebagai $(1-B)$, seperti halnya untuk *differencing* tahap kedua, dapat ditulis menjadi Persamaan 6 [10]:

$$X''_t = X'_t - X'_{t-1}$$

$$\begin{aligned} &= (X_t - X_{t-1}) - (X_{t-1} - X_{t-2}) \\ &= X_t - 2X_{t-1} + X_{t-2} \\ &= (1 - 2B + B^2)X_t \\ &= (1 - B)^2X_t \end{aligned} \quad (6)$$

2.4 Fungsi Autokorelasi

Autocorrelation Function (ACF), adalah kolerasi antara pengamatan deret waktu yang diatur pada plot di setiap lag. Koefisien autokorelasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 7 [11]:

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2} \quad (7)$$

Keterangan:

ρ_k = Koefisien autokorelasi

X_t = Data *time series* pada periode t

X_{t+k} = nilai periode x pada periode $t+k$

\bar{X} = nilai rata-rata variabel X

N = banyaknya data

2.5 Fungsi Autokorelasi Parsial

Partial Autocorrelation Function (PACF) adalah kolerasi antar deret observasi dalam lag-lag observasi yang mengukur kedekatan antar observasi dalam periodik. Metode umum yang sering digunakan untuk menghitung koefisien autokorelasi parsial adalah dengan Persamaan Yule-Walker [12] yang dapat dilihat pada Persamaan 8.

$$\rho_k = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \phi_{k2}\rho_{j-2} + \dots + \phi_{kk}\rho_{j-k} \quad (8)$$

Keterangan:

ρ_k = Koefisien ACF

j = 1, 2, ..., k

ϕ_{kk} = Koefisien PACF

2.6 Metode ARIMA

Metode ARIMA adalah metode yang dikembangkan oleh dua statistikawan asal Amerika Serikat yaitu George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins pada tahun 1976. Berikut beberapa model dari ARIMA [10]:

1. Model Autoregressive (AR)

Model *Autoregressive* (AR) adalah model regresi deret waktu yang mengaitkan pengamatan aktual dengan pengamatan sebelumnya. Model $AR(p)$ atau $ARIMA(p,0,0)$. Hal ini dapat dijelaskan dengan Persamaan 9.

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + e_t \quad (9)$$

Keterangan:

- X_t = nilai *series* yang stasioer
- X_{t-1}, X_{t-p} = nilai lampau *series*
- μ' = nilai konstanta
- ϕ_p = parameter *autoregresif*
- e_t = *White Noise* (galat)

2. Model *Moving Average (MA)*

Model *Moving Average (MA)* adalah model yang menggunakan rata-rata data terbaru sebagai prakiraan masa depan. Model *MA (q)* atau *ARIMA (0,0,q)*. Hal ini dapat dijelaskan dengan Persamaan 10.

$$X_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_p e_{t-q} \quad (10)$$

Keterangan:

- X_t = nilai *series* yang stasioner
- μ = suatu nilai konstan
- θ_p = parameter *moving average*
- e_t = *White Noise* (galat)

3. Model *Autoregressive and Moving Average (ARMA)*

Model *ARMA* adalah kombinasi dari *Autoregressive (AR)* dan *Moving Average (MA)*. Model *ARMA* ditulis sebagai *ARIMA (p,0,q)*. Hal ini dapat dijelaskan dengan Persamaan 11.

$$X_t = \mu + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_p e_{t-q} \quad (11)$$

Keterangan:

- X_t = nilai *series* yang stasioer
- X_{t-1}, X_{t-p} = nilai lampau *series*
- μ = nilai konstanta
- ϕ_p = parameter *autoregresif*
- θ_p = parameter *moving average*
- e_t = *White Noise* (galat)

4. Model *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*

Model *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* menggabungkan tiga proses yaitu, *autoregressive*, *integrates* dan *moving average*. Format umum untuk model *ARIMA* adalah (p,d,q) . Dimana p adalah orde operator

AR, d adalah orde *differencing*, dan q adalah orde dari operator *MA* [13]. Hal ini dijelaskan dengan Persamaan 12.

$$(1 - B)(1 - \phi_1 B)X_t = \mu' + (1 - \theta_1 B)e_t \quad (12)$$

Keterangan:

- X_t = nilai *series* yang stasioner
- B = operator backshift
- e_t = nilai *error* pada waktu ke- t
- $\phi_1 B$ = *AR (1)*
- $\theta_1 B$ = *MA (1)*

Metode *ARIMA* memiliki prosedur untuk membangun model *ARIMA*. Prosedur untuk pemodelan iteratif adalah sebagai berikut [10]:

1. Tahap Identifikasi

Tahap identifikasi bertujuan untuk menentukan model mana yang akan dibentuk. Untuk model umum *ARIMA* adalah (p,d,q) . Dimana p adalah orde dari *Autoregressive (AR)*, q adalah orde *Moving Average (MA)* dan d adalah orde *Differences*. Model *AR* dan model *MA* dapat dilihat dari plot *ACF* dan plot *PACF*. Tabel 1 menunjukkan identifikasi urutan model *AR* dan model *MA* menggunakan plot *ACF* dan *PACF*.

Tabel 1. Identifikasi Orde Pola Grafik *ACF* dan *PACF* [10]

No.	Model	ACF	PACF
1	AR (p)	Menurun secara bertahap menuju ke-0	Menuju 0 setelah lag ke-p
2	MA (q)	Menuju ke-0 setelah lag ke-q	Menurun secara bertahap menuju ke-0
3	ARMA (p,q)	Menurun secara bertahap menuju ke-0	Menurun secara bertahap menuju ke-0

Berikut penjelasan dari Tabel 1:

1. Jika plot *ACF* berangsur-angsur meluruh menuju 0 setelah *lag-p*, maka estimasi modelnya adalah *AR (p)*.
2. Jika plot *ACF* menjadi 0 setelah *lag-q* dan plot *PACF* berangsur-angsur turun menjadi 0, maka estimasi modelnya adalah *MA (q)*.

3. Jika plot *ACF* dan *PACF* secara bertahap menurun menuju 0, maka estimasi modelnya adalah *ARMA* (p,q).

2. Tahap Estimasi

Tahap estimasi dilakukan setelah menentukan model transien dari hasil identifikasi yaitu setelah menentukan nilai *p, d, q*. Langkah selanjutnya adalah mengestimasi parameter *AR* dan *MA* yang terdapat dalam model melalui perhitungan matematis.

3. Tahap Tes Diagnosa

Tahap tes diagnosa dilakukan untuk menentukan apakah model tersebut telah sesuai. Model akhir yang diharapkan adalah model dengan parameter yang penting. Jika estimasi residual adalah *white noise*, maka modelnya sesuai, tetapi jika tidak, maka akan dicek kembali.

4. Pengukuran Kesalahan

Perhitungan matematis dilakukan untuk mendapatkan hasil prediksi terbaik tanpa memiliki tingkat kesalahan yang besar. Semakin kecil tingkat kesalahan, semakin baik metode prediksi. Kesalahan mutlak (*absolute*) adalah perbedaan antara nilai terukur dan nilai sebenarnya. Dan juga merupakan cara untuk memperhitungkan kesalahan saat mengukur keakuratan suatu nilai [14]. Untuk menghitung presentase *error* dapat dijelaskan menggunakan Persamaan 13.

$$PE = \frac{X_t - f_t}{X_t} \times 100\% \quad (13)$$

Keterangan:

X_t = data aktual periode ke t

f_t = data ramalan dari periode ke t

Setelah memiliki nilai presentase *error*, langkah selanjutnya adalah mengukur keakuratan nilai model yang diperkirakan, dinyatakan dalam bentuk rata-rata presentase kesalahan *absolute*. *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah selisih absolut rata-rata antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya [15]. Untuk menghitung nilai *MAPE* dapat dijelaskan menggunakan Persamaan 14:

$$MAPE = \frac{\sum |PE|}{n} \quad (14)$$

Keterangan:

PE = presentase *error*

n = banyaknya data hasil ramalan

Nilai *MAPE* dapat diinterpretasikan atau ditafsirkan ke dalam 4 kategori yaitu [16] :

1. <10% = sangat akurat
2. 10-20% = baik
3. 20-50% = wajar
4. >50% = tidak wajar

Semakin kecil nilai *MAPE* maka semakin kecil *error* pada hasil estimasi. Sebaliknya, semakin besar nilai *MAPE* maka semakin besar pula *error* pada hasil estimasi.

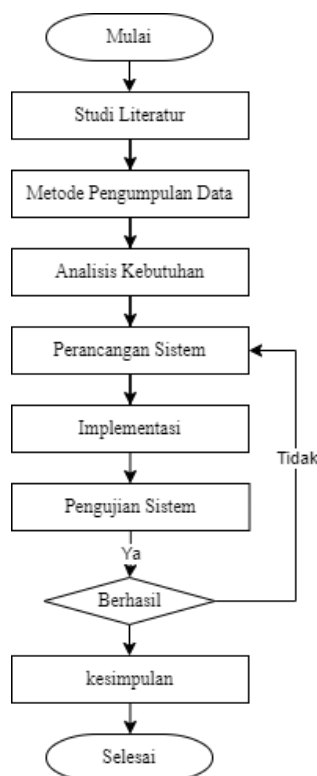
5. Pengujian Tingkat Akurasi

Tingkat keberhasilan sistem dihitung berdasarkan perbandingan jumlah prediksi yang sinkron dengan seluruh data yang diuji. Untuk menghitung tingkat akurasi dapat dijelaskan menggunakan Persamaan 15 [14].

$$Akurasi = 100\% - MAPE \quad (15)$$

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dapat dilihat pada diagram alir (*flowchart*) di Gambar 1. Diagram alir ini menjelaskan proses dari penerapan metode *ARIMA* untuk memprediksi pemakaian *bandwidth* di Universitas Tanjungpura. Dari pencarian literatur hingga pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi hingga di akhiri dengan pengujian perangkat lunak. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan teori dan referensi terkait penerapan metode ARIMA untuk memprediksi jumlah pemakaian *bandwidth* di Universitas Tanjungpura. Penggunaan literatur berasal dari buku, jurnal, disertasi, artikel, dan data pendukung penelitian.

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi dan wawancara dengan pihak UPT. TIK Universitas Tanjungpura memperoleh data untuk mendukung pembangunan sistem. Pengumpulan data dilakukan mulai tahun 2021 data yang terdiri dari data pemakaian *bandwidth* delapan fakultas di Universitas Tanjungpura.

Tahap analisis kebutuhan data disajikan dalam bentuk data pemakaian harian *bandwidth* dari bulan November sampai Desember 2021. Analisis kebutuhan sistem untuk penelitian ini yaitu analisis kebutuhan perangkat keras pendukung utama maupun penunjang dan kebutuhan perangkat lunak.

Tahap perancangan sistem yang akan dilakukan dimulai dengan perancangan seluruh arsitektur sistem yang memenuhi persyaratan yang diinginkan dan berfungsi sebagai pedoman dalam implementasi pembuatan sistem.

Tahap implementasi yang dilakukan adalah membuat sistem seperti dengan rancangan yang terdapat pada kode program dan

mengimplementasikan metode ARIMA ke dalam sistem yang dirancang.

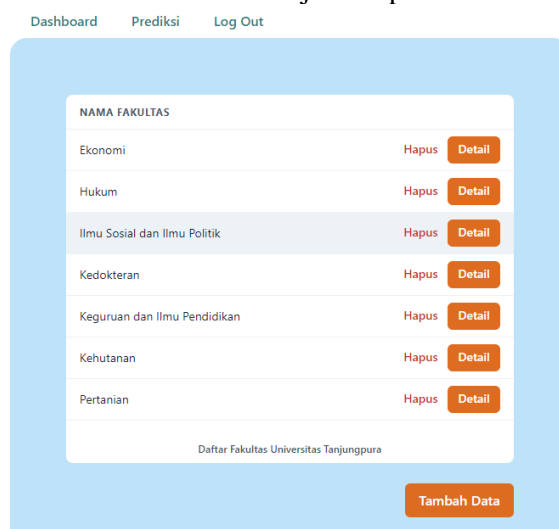
Setelah sistem berhasil dibangun, pengujian sistem dijalankan pada aplikasi untuk memastikan bahwa kinerja sistem yang dirancang berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan, serta mengetahui kemampuan dari metode yang digunakan baik dari *input* atau *output* serta menghitung *margin of error* pada aplikasi yang telah dibangun. Jika hasil proses menunjukkan kesalahan atau nilai *error* yang tinggi, maka hasil pengujian dinyatakan tidak layak dan kembali ke perancangan perangkat lunak untuk memeriksa ulang apakah ada penelitian yang tidak diperlukan, seperti data atau perangkat. Suatu sistem dinyatakan berhasil jika sistem tersebut beroperasi secara normal sesuai dengan alur sistem yang dijalankan dan hasil perhitungan yang dikeluarkan oleh sistem mendekati dengan hasil manual.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Antarmuka Sistem

4.1.1 Halaman *List Data* Fakultas dan *List Data Bandwidth*

Pada halaman *list* data fakultas dan *list* data *bandwidth*, admin dapat melihat informasi mengenai nama-nama fakultas dan *list* data penggunaan *bandwidth* harian yang sudah di *input*. Antarmuka halaman *list* data fakultas dan *list* data *bandwidth* ditunjukkan pada Gambar 2.



(a)

Data Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik

TANGGAL	BANDWIDTH (MBPS)
2021-11-01T00:00:00+00:00	5.8165
2021-11-02T00:00:00+00:00	3.9661
2021-11-03T00:00:00+00:00	2.5659
2021-11-04T00:00:00+00:00	1.6777
2021-11-05T00:00:00+00:00	2.2575
2021-11-06T00:00:00+00:00	2.7695
2021-11-07T00:00:00+00:00	2.9792
2021-11-08T00:00:00+00:00	2.4549
2021-11-09T00:00:00+00:00	2.7695
2021-11-10T00:00:00+00:00	2.5721

Tambah Data

(b)

Gambar 2. Halaman (a) *List Data Fakultas* dan (b) *List Data Bandwidth*

4.1.2 Halaman Tambah Data Fakultas

Pada halaman tambah data fakultas, admin dapat menambahkan daftar fakultas, dimana pada halaman tambah fakultas terdapat *form input* yang digunakan untuk menambahkan daftar data fakultas. Antarmuka halaman tambah data fakultas ditunjukkan pada Gambar 3.

Tambah Data Fakultas

Nama Fakultas

Simpan Data

Gambar 3. Halaman Tambah Data Fakultas

4.1.3 Halaman Tambah Data *Bandwidth*

Pada halaman tambah data *bandwidth*, admin dapat menambahkan daftar pemakaian *bandwidth*, dimana pada halaman tambah data *bandwidth* terdapat *form input* yang digunakan untuk menambahkan daftar data pemakaian *bandwidth*. Antarmuka halaman tambah data *bandwidth* ditunjukkan pada Gambar 4.

Tambah Data Bandwidth

Pilih File Excel

Clear File

Simpan Data

Gambar 4. Halaman Beranda Admin

4.1.4 Halaman Hasil Prediksi Admin

Pada halaman hasil prediksi admin, admin dapat melihat hasil prediksi pemakaian *bandwidth* dengan cara memilih salah satu fakultas mana yang akan di prediksi terlebih dahulu. Antarmuka halaman hasil prediksi admin ditunjukkan pada Gambar 5.

Data Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik

TANGGAL	NILAI (MBPS)
1 Januari 2022	2.5501
2 Januari 2022	2.4881

List Data Prediksi

Gambar 5. Halaman Hasil Prediksi Admin

4.1.5 Halaman Hasil Prediksi *User*

Pada halaman hasil prediksi *user*, *user* dapat melihat hasil prediksi pemakaian *bandwidth* dengan cara memilih salah satu fakultas mana yang akan di prediksi terlebih dahulu. Antarmuka halaman hasil prediksi *user* ditunjukkan pada Gambar 6.

Data Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik

TANGGAL	NILAI (MBPS)
1 Januari 2022	2.5501
2 Januari 2022	2.4881

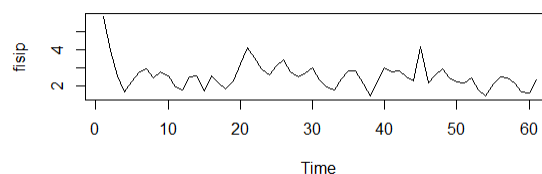
List Data Prediksi

Gambar 6. Halaman Hasil Prediksi *User*

4.2 Perhitungan Metode ARIMA

4.2.1 Tahap Identifikasi

Selama tahap identifikasi, variabel yang diprediksi diuji kestasioneran datanya terlebih dahulu. Pengujian sestasioneran data dengan cara memplot data tersebut. Data pemakaian harian *bandwidth* selama 61 hari di fakultas ISIP diplot dalam format grafik. Gambar 7 menunjukkan bahwa data rata-rata tidak stabil dan *p-value* $\alpha \neq 0,01$ sehingga dapat dilakukan pembedaan sebanyak *d* kali hingga mendapatkan nilai yang stasioner.



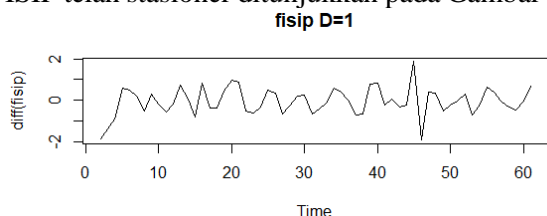
Gambar 7. Plot Data Pemakaian *Bandwidth* Fskultas ISIP

Data yang belum stasioner akan di *differencing* dengan menggunakan Persamaan 1 berikut adalah contoh *differencing* data Fakultas ISIP:

$$BX_t = X_{t-1}$$

$$\begin{aligned} BX_2 &= 3,9661 - 5,8165 &= -1,8504 \\ BX_3 &= 2,5659 - 3,9661 &= -1,4002 \\ \dots & & \dots \\ \dots & & \dots \\ BX_{60} &= 1,626 - 1,6816 &= -0,0556 \\ BX_{61} &= 2,3308 - 1,626 &= 0,7048 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan *differencing* sebanyak 1 kali, maka akan didapat hasil seperti hasil perhitungan di atas. Selanjutnya dilakukan kembali pengecekan plot data pemakaian harian *bandwidth*. Apakah telah stasioner atau belum. Apabila data telah dinyatakan stasioner dan *p-value* $\alpha = 0,01$. Maka tidak perlu dilakukan *differencing* tahap kedua. Tetapi apabila belum, maka diperlukan tahap *differencing* tahap kedua. Plot data pemakaian harian *bandwidth* Fakultas ISIP telah stasioner ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Plot Data Fakultas ISIP Setelah *Differencing*

4.2.2 Menentukan ACF dan PACF

Untuk menentukan nilai ACF dan PACF, maka dapat dihitung menggunakan Persamaan 7 dan Persamaan 8.

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2}$$

Dengan,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})}{n}$$

Maka,

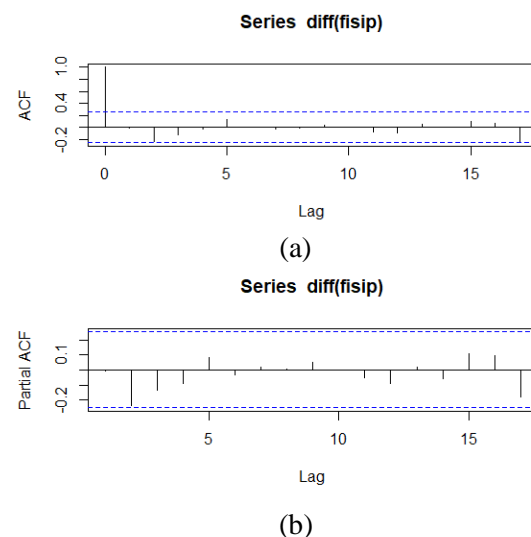
$$\bar{X} = \frac{5,8165 + 3,9661 + 2,5659 + 1,6777 + \dots + 2,3308}{61}$$

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{156,7517}{61} \\ \bar{X} &= 2,5697 \end{aligned}$$

Untuk ρ_1 diperoleh:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \frac{(X_1 - \bar{X})(X_{1+1} - \bar{X}) + (X_2 - \bar{X})(X_{2+1} - \bar{X}) + \dots + (X_{60} - \bar{X})(X_{61} - \bar{X})}{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_{61} - \bar{X})^2} \\ &= \frac{(5,8165 - 2,5697)(3,9661 - 2,5697) + (3,9661 - 2,5697)(2,5659 - 2,5697) + \dots + (1,626 - 2,5697)(2,3308 - 2,5697)}{(5,8165 - 2,5697)^2 + (3,9661 - 2,5697)^2 + \dots + (2,3308 - 2,5697)^2} \\ &= \frac{20,9224}{28,05285} \\ \rho_1 &= 0,745823z \end{aligned}$$

Pada plot nilai koefisien autokorelasi (ACF) dan autokorelasi parsial (PACF) pada lag-nya tidak ada yang melewati garis dan mendekati nol (0). Untuk gambar plot nilai koefisien autokorelasi dan autokorelasi parsial ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. (a) Plot ACF dan (b) Plot PACF Fakultas ISIP

4.2.3 Diagnosa Model

Untuk menentukan orde dari proses *autoregressive*, hal ini dapat dilihat dari jumlah koefisien autokorelasi parsial. Pengujian yang dilakukan menghasilkan empat model yang memenuhi kriteria. Model ARIMA yang

memenuhi kriteria adalah ARIMA (1,1,1), ARIMA (2,1,1), ARIMA (1,1,2), ARIMA (2,1,2).

4.2.4 Estimasi Model

Langkah estimasi parameter model adalah mencari pendugaan parameter model yang terbaik atau paling efisien.

1. Estimasi Parameter Model ARIMA (1,1,1)

Nilai *p-value* dilihat dari besaran nilai *alpha*. Dimana *alpha* yang digunakan dalam estimasi adalah 0,01. Sedangkan *p-value* model (1,1,1) untuk ar1 adalah 0,00004 dan ma1 adalah 0. Jadi dapat disimpulkan untuk estimasi parameter model ARIMA (1,1,1), ar1 dan ma1 memenuhi kriteria dengan nilai *p-value* < 0, 01 yang ditunjukkan pada Gambar 10.

```
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1  0.61140   0.14992   4.0783  0.00004537 ***
ma1 -0.94929   0.06590  -14.4050 < 0.00000000000000022 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Gambar 10. Estimasi Parameter Model ARIMA (1,1,1)

2. Estimasi Parameter Model ARIMA (2,1,1)

Nilai *p-value* dilihat dari besaran nilai *alpha*. Dimana *alpha* yang digunakan dalam estimasi adalah 0,01. Sedangkan *p-value* model (2,1,1) untuk ar1 adalah 0,00001, ar2 adalah 0,04713 dan ma1 adalah 0. Jadi dapat disimpulkan untuk estimasi parameter model ARIMA (2,1,1), ar1 dan ma1 memenuhi kriteria dengan nilai *p-value* < 0,01 dan ar2 memenuhi kriteria dengan nilai *p-value* < 0,05 yang ditunjukkan pada Gambar 11.

```
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1  0.694708  0.157997   4.3970  0.00001098 ***
ar2 -0.304169  0.153223  -1.9851  0.04713 *
ma1 -0.926410  0.089637 -10.3351 < 0.00000000000000022 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Gambar 11. Estimasi Parameter Model ARIMA (2,1,1)

3. Estimasi Parameter Model ARIMA (1,1,2)

Nilai *p-value* dilihat dari besaran nilai *alpha*. Dimana *alpha* yang digunakan dalam estimasi adalah 0,01. Sedangkan *p-value* model (1,1,2) untuk ar1 adalah 0,20185, ma1 adalah 0,01504, dan ma2 adalah 0,04362. Jadi dapat

disimpulkan untuk estimasi parameter model ARIMA (1,1,2), ar1 tidak memenuhi kriteria dengan nilai *p-value* > 0,1. Sedangkan ma1 dan ma2 memenuhi kriteria dengan nilai *p-value* < 0,05 yang ditunjukkan pada Gambar 12.

```
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1  0.31655   0.24802   1.2763  0.20185
ma1 -0.53690   0.22081  -2.4315  0.01504 *
ma2 -0.38077   0.18871  -2.0178  0.04362 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05
```

Gambar 12. Estimasi Parameter Model ARIMA (1,1,2)

4. Estimasi Parameter Model ARIMA (2,1,2)

Nilai *p-value* dilihat dari besaran nilai *alpha*. Dimana *alpha* yang digunakan dalam estimasi adalah 0,01. Sedangkan *p-value* model (2,1,2) untuk ar1 adalah 0,13780, ar2 adalah 0,38675, ma1 adalah 0,04543, dan ma2 adalah 0,84967. Jadi dapat disimpulkan untuk estimasi parameter model ARIMA (2,1,2), ar1, ar2 dan ma2 tidak memenuhi kriteria dengan nilai *p-value* > 0,1. Sedangkan ma1 memenuhi kriteria dengan nilai *p-value* < 0,05 yang ditunjukkan pada Gambar 13.

```
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1  0.621721  0.418936   1.4840  0.13780
ar2 -0.258264  0.298390  -0.8655  0.38675
ma1 -0.847602  0.423658  -2.0007  0.04543 *
ma2 -0.076168  0.401868  -0.1895  0.84967
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05
```

Gambar 13. Estimasi Parameter Model ARIMA (2,1,2)

4.2.5 Verifikasi Model

Pada verifikasi model dilakukan untuk dapat mengetahui penduga kesalahan prediksi yang paling kecil ada pada orde ARIMA mana. Pada ARIMA (2,1,1) dengan nilai *akaike information criterion* (AIC) sebesar 121,16 dapat disimpulkan sebagai model terbaik untuk prediksi metode ARIMA pada Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik karena nilai kesalahan prediksi yang kecil. Untuk melihat verifikasi nilai AIC setiap model ARIMA ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Verifikasi Model ARIMA Fakultas ISIP

	ARIMA (1,1,1)	ARIMA (2,1,1)	ARIMA (1,1,2)	ARIMA (2,1,2)
Observations	60	60	60	60
Log Likelihood	-58.44	-56.58	-56.78	-56.56
sigma ²	0.40	0.38	0.38	0.38
Akaike Inf. Crit.	122.88	121.16	121.57	123.12

4.2.6 Tahap Prediksi

Dari keempat model yang diperoleh, dan telah dilihat hasil dari nilai *akaike information criterion*. Model ARIMA (2,1,1) telah sesuai untuk memprediksi pemakaian *bandwidth* di Fakultas ISIP dengan persamaan yang didapat sebagai berikut:

$$X_t = 0,694X_{t-1} - 0,304X_{t-2} + 0,926e_{t-1}$$

4.2.7 Pengukuran Kesalahan

Untuk mendapatkan hasil prediksi yang optimum, maka perlu dilakukan perhitungan matematis. Semakin kecil tingkat *error*, maka semakin baik metode prediksi tersebut. Persamaan 13 digunakan untuk mengetahui selisih antara nilai pengukur dan nilai sebenarnya. Untuk mengetahui data aktual dan data prediksi dapat dilihat pada Tabel 3 untuk data tanggal 1 Januari 2022 dan Tabel 4 untuk data tanggal 2 Januari 2022.

Tabel 3. Data Aktual dan Data Prediksi (1 Januari 2022)

No	Nama Fakultas	Aktual Besok (Mbps)	Prediksi Besok (Mbps)
1	Ekonomi dan Bisnis	5,304	6,272
2	Hukum	3,086	3,599
3	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	1,913	2,550
4	Kedokteran	2,786	3,522
5	Keguruan dan Ilmu Pendidikan	5,689	4,719
6	Kehutanan	1,589	1,793
7	Pertanian	5,332	5,869
8	Teknik	8,351	9,941

Tabel 4. Data Aktual dan Data Prediksi (2 Januari 2022)

No	Nama Fakultas	Aktual Besok (Mbps)	Prediksi Besok (Mbps)
1	Ekonomi dan Bisnis	5,304	6,272
2	Hukum	3,086	3,599
3	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	1,913	2,550
4	Kedokteran	2,786	3,522
5	Keguruan dan Ilmu Pendidikan	5,689	4,719
6	Kehutanan	1,589	1,793
7	Pertanian	5,332	5,869
8	Teknik	8,351	9,941

1	Ekonomi dan Bisnis	N	6,803
2	Hukum	3,024	3,778
3	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	2,406	2,488
4	Kedokteran	3,415	3,224
5	Keguruan dan Ilmu Pendidikan	4,799	4,680
6	Kehutanan	1,724	1,711
7	Pertanian	5,989	8,050
8	Teknik	11,304	14,678

Data 1 Januari 2022 (Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik):

$$PE = \frac{1,9134 - 2,5501}{1,9134} \times 100\%$$

$$PE = 0,3327$$

Data 2 Januari 2022 (Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik):

$$PE = \frac{2,4056 - 2,4881}{2,4056} \times 100\%$$

$$PE = 0,0343$$

Setelah nilai *PE* didapat dari seluruh fakultas, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *MAPE* dengan Persamaan 14.

Data 1 Januari 2022:

$$MAPE = \frac{1,6093}{8} = 0,2012$$

Data 2 Januari 2022:

$$MAPE = \frac{3,0439}{8} = 0,3805$$

4.3 Pengujian

Pengujian terbagi dalam beberapa macam, yaitu pengujian fungsi sistem, serta melakukan pengujian tingkat akurasi keberhasilan sistem dengan membandingkan hasil keluaran sistem dengan data aktual. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Prediksi dan *Presentase Error* (1 Januari 2022)

No	Nama Fakultas	Model ARIMA	Hasil Prediksi (Mbps)	PE (%)
1	Ekonomi dan Bisnis	(2,1,1)	6,272	18
2	Hukum	(2,1,2)	3,599	17
3	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	(2,1,1)	2,550	33

4	Kedokteran	(2,1,1)	3,522	26
5	Keguruan dan Ilmu Pendidikan	(2,1,1)	4,719	17
6	Kehutanan	(1,1,1)	1,793	13
7	Pertanian	(2,1,1)	5,869	10
8	Teknik	(2,0,1)	9,941	19
Total			154	

Tabel 6. Hasil Prediksi dan *Presentase Error* (2 Januari 2022)

No	Nama Fakultas	Model ARIMA	Hasil Prediksi (Mbps)	PE (%)
1	Ekonomi dan Bisnis	(2,1,1)	6,803	38
2	Hukum	(2,1,2)	3,778	25
3	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	(2,1,1)	2,488	3
4	Kedokteran	(2,1,1)	3,224	6
5	Keguruan dan Ilmu Pendidikan	(2,1,1)	4,680	2
6	Kehutanan	(1,1,1)	1,711	1
7	Pertanian	(2,1,1)	8,050	34
8	Teknik	(2,0,1)	14,678	30
Total			139	

Untuk nilai rata-rata *MAPE* selama 2 hari tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai rata-rata *MAPE*

Tanggal	<i>MAPE</i> (%)
1 Januari 2022	19
2 Januari 2022	17
rata-rata	18

Sehingga dapat dihitung nilai presentase tingkat akurasi keberhasilan sistem menggunakan Persamaan 15.

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{MAPE}$$

$$\text{Akurasi: } 100\% - 18\% = 82\%$$

4.4 Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem prediksi pemakaian harian *bandwidth* dengan menerapkan metode ARIMA. Data yang digunakan adalah data aktual pemakaian harian *bandwidth* di Universitas Tanjungpura dari tanggal 1 November sampai dengan 31 Desember 2021.

Setelah mengetahui plot data dan memberikan estimasi model ARIMA yang sesuai dengan kriteria yang berlaku, maka akan didapat model ARIMA terbaik. Selanjutnya model tersebut di *input* ke sistem aplikasi berbasis *website* yang telah dibuat kemudian data model ARIMA yang dimasukkan pada

aplikasi diolah oleh sistem aplikasi menggunakan logika perhitungan ARIMA dan data aktual yang telah tersimpan pada basis data aplikasi.

Dari 8 fakultas untuk prediksi tanggal 1 Januari 2022 Fakultas Pertanian memiliki nilai presentase *error* terkecil yaitu bernilai 10% dan untuk nilai presentase *error* terbesarnya ada pada Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik yaitu bernilai 33%, sedangkan untuk nilai *MAPE* pada 8 fakultas yaitu bernilai 19%. Prediksi selanjutnya pada tanggal 2 Januari 2022 Fakultas Kehutanan memiliki nilai *error* terkecil yaitu bernilai 1% dan Fakultas Ekonomi dan Bisnis memiliki nilai *error* terbesar yaitu bernilai 38%, Untuk nilai *MAPE* pada 8 fakultas yaitu bernilai 17%. Dan untuk nilai rata-rata *MAPE* selama dua hari tersebut bernilai 18% dimana nilai tersebut diinterpretasi-kan pada kategori baik. Dengan tingkat akurasi keberhasilan sistem selama dua hari tersebut sebesar 82%.

5. KESIMPULAN

Berikut kesimpulan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada aplikasi prediksi pemakaian harian *bandwidth*:

1. Metode ARIMA dapat menghasilkan prediksi pemakaian *bandwidth* berdasarkan perhitungan menggunakan data pemakaian *bandwidth* sebelumnya.
2. Penerapan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk memprediksi pemakaian harian *bandwidth* dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu tahap identifikasi dengan plot stasioner data aktual, plot ACF dan PACF, pemilihan model ARIMA sementara (p,d,q). Kemudian dilanjutkan dengan tahap estimasi untuk mendapatkan estimasi AR dan MA yang memenuhi kriteria, dan uji diagnostik untuk mendapatkan model ARIMA (p,d,q) terbaik. Tahap akhir dari metode ARIMA adalah prediksi menggunakan metode ARIMA yang memberikan hasil prediksi dengan tingkat akurasi yang baik.
3. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan mendapatkan nilai *MAPE* pada tanggal 1 Januari 2022 sebesar 19% dan pada tanggal 2 Januari 2022 sebesar 17%. Nilai rata-rata *MAPE* yang diperoleh

adalah sebesar 18% serta tingkat akurasi keberhasilan sistem mencapai 82%.

6. SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah penelitian selanjutnya dapat menggunakan data *bandwidth* dari koneksi nirkabel sehingga data aktual yang digunakan lebih besar lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kristanto, Perancangan Sistem Informasi dan Aplikasinya, Jakarta: Gava Media, 2003.
- [2] A. S. Tanenbaum, Computer Networks, 4th Edition, New jersey: Prentice Hall, 2003.
- [3] M. K. Happe, "Perbandingan Hasil Prediksi Bandwidth Management menggunakan Metode Naive Bayes Classifier dan Decision Tree C4.5," *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 2018.
- [4] S. Pangesti, "Aplikasi Prediksi Harga Sembako Menggunakan Metode Box-Jenkins Berbasis Website," *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 2018.
- [5] M. B. Pamungkas, "Aplikasi Metode ARIMA Box-Jenkins Untuk Meramalkan Kasus DBD di Provinsi Jawa Timur," *The Indonesian Journal*, pp. 181-194, 2018.
- [6] T. Yunita, "Peramalan Jumlah Penggunaan Kuota Internet Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)," *Journal Of Mathematics: Theory and Applications*, 2019.
- [7] W. Y. Rusyida, "Prediksi Harga Saham Garuda Indonesia di Tengah Pandemi Covid-19 Menggunakan Metode ARIMA," *SQUARE : Journal of Mathematics and Mathematics Education*, pp. 73-81, 2020.
- [8] Herdianto, "Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *Tesis*, p. 8, 2013.
- [9] J. Hanke and D. W. Wichers, Business Forecasting Eight Edition, New Jersey: Pearson Prentice hall, 2005.
- [10] M. W. and M. , Metode dan Aplikasi Peramalan, Jakarta: Binarupa Aksara, 1999.
- [11] K. Y. Siswanti, "Peramalan Curah Hujan Di Kota Yogyakarta Dengan Model Fungsi Transfer Multivariant," *Pemantapan Keprofesionalan Peneliti Pendidik Dan Prakt. MIPA Untuk Mendukung Pembang. Karakter Bangsa*, 2011.
- [12] R. P. Budiman, Pembuatan Aplikasi Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan Dengan Metode Time Series Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Surabaya: Departemen Sistem Informasi Fakultas Teknologi Informasi ITS, 2017.
- [13] Y. Susanto and B. S. S. Ulama, "Pemodelan Curah Hujan dengan Pendekatan Model ARIMA, Feed Forward Neural Network dan Hybrid (ARIMA-NN) di Banyuwangi," *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 5, 2016.
- [14] A. A. J. Permana and G. A. Pradnyana, "Sistem Rekomendasi Lokasi Magang Berdasarkan Kompetensi Berbasis Artificial Intelligence Untuk Lulusan Demand Driven (Studi Kasus : Jurusan Manajemen Informatika, UNDIKSHA)," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer, Volume 04, Nomor 01*, pp. 98-108, 2018.
- [15] B. Putro, M. T. Furqon and S. H. Wijoyo, "Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode Exponential Smoothing," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan ilmu Komputer Vol. 2, No. 11*, pp. 4679-4686, 2018.
- [16] C. D. Lewis, Industrial and busines forecasting methods, London: Butterworths, 1982.