

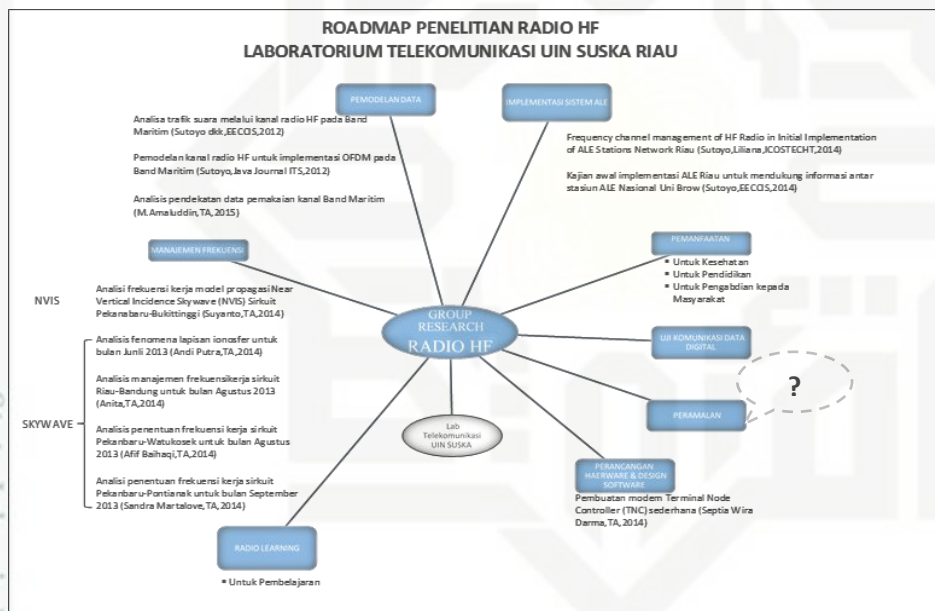
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan penelitian terkait yang melatar belakangi penelitian ini dan menjelaskan tentang peramalan kanal komunikasi radio HF menggunakan metode ARIMA yang bersumber dari jurnal-jurnal, skripsi, dan buku.

#### 2.1 Penelitian Terkait

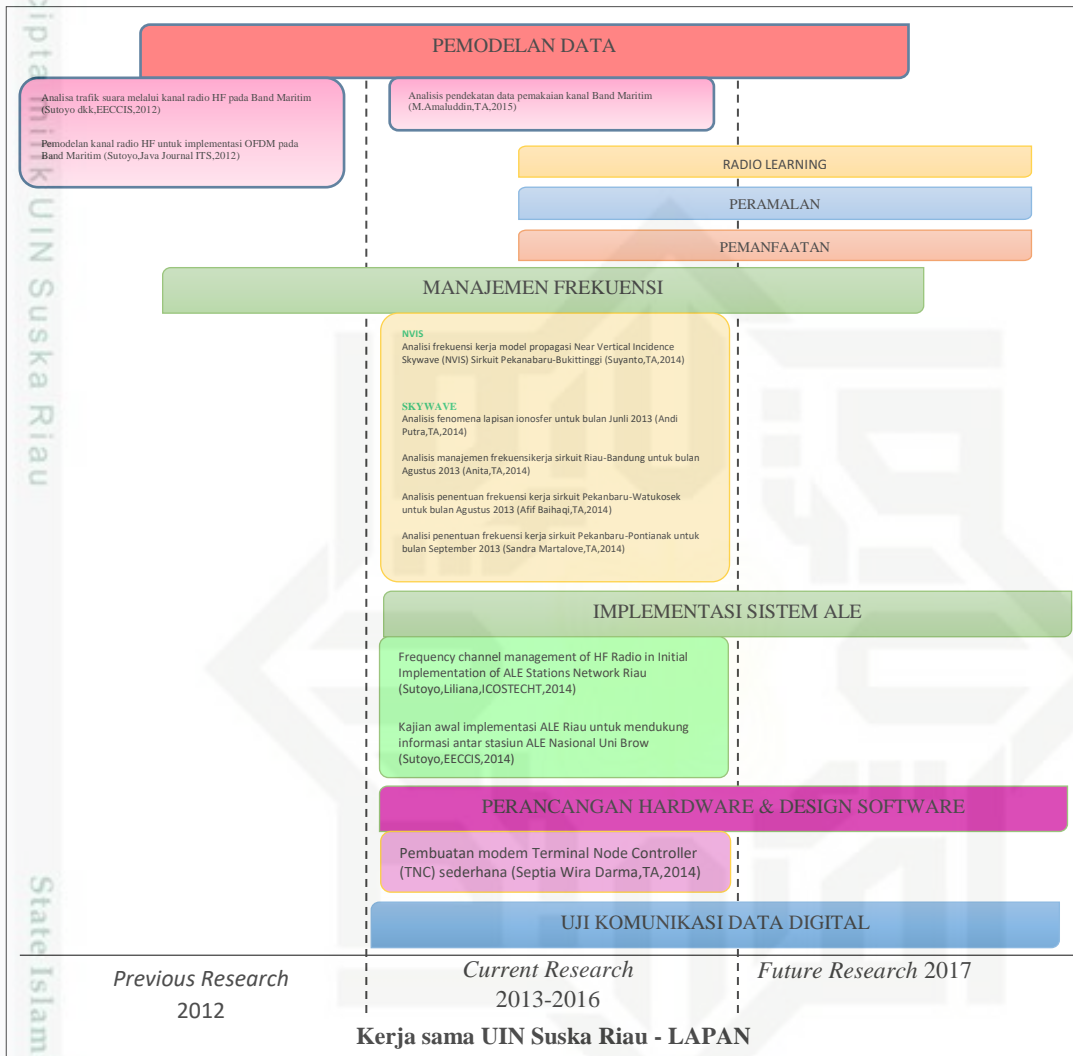
Sejak tahun 2012, UIN SUSKA Riau telah membangun kerja sama dengan LAPAN. Kerja sama itu telah banyak menghasilkan *research* dalam bidang telekomunikasi salah satunya adalah radio HF. Beberapa bidang penelitian tersebut dapat dilihat pada *roadmap* penelitian radio HF Laboratorium Telekomunikasi UIN SUSKA berikut:



Gambar 2.1. Roadmap Penelitian *Radio HF* Kerjasama UIN Suska Riau-LAPAN (Sumber: Stasiun Komunikasi *Radio HF*, 2017) [28]

Gambar 2.1 merupakan bentuk dari *group research* radio HF yang terdapat di Laboratorium Telekomunikasi UIN SUSKA Riau. *Grup research* merupakan bagian dari bentuk kerja sama antara UIN Suska Riau dengan LAPAN. Beberapa kegiatan yang tergabung dalam *group research* ini meliputi pemodelan data, *radio learning*, peramalan, manajemen frekuensi, implementasi sistem ALE, perancangan *hardware* dan *software*, dan uji komunikasi *digital*. Adanya *group research* ini, memberikan beberapa manfaat yang dapat diambil seperti sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, pendidikan, dan juga kesehatan dengan memberikan informasi seputar *research* yang telah di lakukan.

Beberapa hasil *research* tersebut dapat dilihat pada laporan kegiatan penelitian radio HF Laboratorium Telekomunikasi UIN SUSKA Riau berikut:



Gambar 2.2. Kegiatan Penelitian Radio HF Kerjasama UIN Suska Riau-LAPAN  
(Sumber: Stasiun Komunikasi Radio HF, 2017) [28]

Gambar 2.2 merupakan bentuk laporan kegiatan penelitian radio HF yang tergabung kedalam *group research* radio HF Laboratorium Telekomunikasi UIN SUSKA Riau. Penelitian dari *group research* ini, sesuai dengan kategori yang terdapat dalam *roadmap* penelitian radio HF Laboratorium Telekomunikasi UIN SUSKA Riau. Kegiatan penelitian tersebut di mulai dari *previous research* pada tahun 2012, kemudian tahun 2013-2016 *current research*, dan pada tahun 2017 adanya *future research*.

Kemudian Penelitian mengenai pemanfaatan data pengamatan stasiun komunikasi radio HF sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian seperti manajemen Frekuensi. Di antara penelitian yang dilakukan yaitu:

Afif Baihaqi (2014) “**Analisis Penentuan Frekuensi Kerja Sirkuit Pekanbaru-Watukosek untuk Bulan Agustus 2013**” Pada penelitian ini akan dilakukan analisa penentuan frekuensi kerja dan waktu optimum yang dapat digunakan pada komunikasi radio HF sirkit Pekanbaru-Watukosek. Dari hasil uji komunikasi stasiun ALE Pekanbaru-Watukosek diperoleh bahwa pada bulan Agustus 2013 frekuensi kerja yang dapat digunakan berada pada rentang 18,1 MHz sampai 24,9 MHz. Hasil uji komunikasi juga menyatakan bahwa waktu optimum yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi radio HF berada di jam 9:00 UT sampai 10:00 UT. Dari hasil kompilasi dan perhitungan indeks kualitas sinyal (BER dan SN), frekuensi optimum berada pada kanal 24,9 MHz yang dapat dijadikan acuan dalam pemilihan frekuensi kerja komunikasi *radio HF* sirkit Pekanbaru-Watukosek [4].

Sandra Marta Love (2014) juga dalam penyelesaian tugas akhir yang berjudul “**Analisis Penentuan Frekuensi Kerja Komunikasi Radio HF untuk Sirkuit Pekanbaru-Pontianak Berdasarkan Data Sistem ALE**” penelitian ini akan dilakukan analisa penentuan frekuensi kerja komunikasi radio HF untuk sirkuit Pekanbaru-Pontianak berdasarkan data sistem ALE. Dari hasil uji komunikasi stasiun ALE Pekanbaru-Pontianak ini diperoleh bahwa pada bulan September 2013 frekuensi kerja yang dapat digunakan berada pada rentang frekuensi 7 MHz sampai 10,1 MHz dengan frekuensi yang paling dominan di frekuensi 10,1 MHz dan untuk frekuensi pilihan bisa menggunakan 7 MHz, dan 7,1 MHz. Hasil pengujian juga mencatat bahwa waktu yang optimal untuk berkomunikasi berada pada jam 18:00 WIB - 20:12 WIB pada sirkuit Pekanbaru-Pontianak [13].

Andi Putra (2014) dalam penyelesaian tugas akhir yang berjudul “**Analisis Fenomena Lapisan Ionosfer untuk bulan Juli 2013**” pada penelitian ini akan dilakukan analisis pengamatan fenomena lapisan ionosfer terhadap hasil komunikasi stasiun ALE Pekanbaru dengan stasiun Tanjungsari, Biak, Kupang, Pontianak, dan Watukosek berdasarkan hasil uji komunikasi stasiun ALE Pekanbaru. Dari hasil uji komunikasi antar stasiun ALE tersebut diperoleh bahwa pada bulan juli 2013 frekuensi kerja yang dapat digunakan berada pada rentang frekuensi 14 MHz hingga 25 MHz untuk sirkuit

Pekanbaru-Watukosek dan Pekanbaru-Kupang, sedangkan sirkuit Pekanbaru-Tanjungsari berada pada frekuensi 14 MHz hingga 25 MHz . Dari hasil yang diperoleh membuktikan bahwa satu frekuensi saja tidak dapat digunakan terus-menerus disebabkan tingkat keberhasilan pemantulan gelombang radio HF di lapisan ionosfer ditentukan oleh aktivitas matahari [15].

Anita Rahman (2014) juga dalam penyelesaian tugas akhir yang berjudul “**Analisis Manajemen Frekuensi Sirkuit Riau-Bandung untuk bulan Agustus 2013**” dengan manajemen frekuensi kerja melalui observasi ALE Kondisi lapisan ionosfer yang sangat dinamis dan selalu berubah-ubah setiap saat dapat mempengaruhi keberhasilan komunikasi radio HF. Keadaan tersebut menjadi salah satu kendala operator stasiun radio HF dalam menentukan frekuensi kerja. Sehingga dibutuhkan perencanaan atau manajemen frekuensi untuk mendapatkan frekuensi kerja yang optimal. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa penentuan frekuensi kerja dan waktu optimum yang dapat digunakan pada komunikasi radio HF sirkuit Riau-Bandung. Frekuensi yang dominan untuk sirkuit Riau-Bandung adalah pada frekuensi 18,1 MHz Pada pukul 13:39 WIB [16].

Kemudian, Suyanto (2014) dalam penyelesaian tugas akhir yang berjudul “**Analisa Frekuensi Kerja pada Komunikasi Radio HF Model Propagasi Near Vertical Incidence Skywave (NVIS) Sirkuit Pekanbaru-Kototabang**” dengan metode yang dilakukan adalah analisa perbandingan hasil uji komunikasi stasiun ALE Pekanbaru ke Kototabang dengan pengamatan radar ionosonda Kototabang( $0,30^0$  LS,  $100,35^0$  BT). Hasil yang didapatkan adalah komunikasi stasiun ALE Pekanbaru-Kototabang diperoleh pada bulan Juli 2013 frekuensi kerja yang dapat digunakan berada pada rentang frekuensi 3-10 MHz dengan frekuensi yang paling dominan adalah di 7 MHz. Hasil pengujian juga mencatat bahwa waktu yang optimal untuk digunakan di jam 08.00-17.00 WIB. Hasil pengamatan radar ionosonda menunjukkan nilai LUF berada di frekuensi 2 MHz dan MUF di frekuensi 12 MHz. Dari hasil yang diperoleh, frekuensi kerja pada stasiun ALE masih berada dalam rentang frekuensi LUF dan MUF, sehingga dapat dinyatakan sebagai frekuensi kerja yang optimal untuk digunakan secara NVIS sirkuit Pekanbaru-Kototabang [25].

Kemudian, peneliti akan memaparkan beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai peramalan dengan menggunakan pemodelan ARIMA. Diantara penelitian tersebut yaitu:

Indra Jaya (2013) juga melakukan penelitian dengan judul “**Pemodelan ARIMA untuk Kanal Frekuensi Tinggi (*high frequency*) Link Banda Aceh-Surabaya**”. Pada penelitian ini, metode/ model yang diterapkan adalah model ARIMA karena model ARIMA memiliki karakteristik yang paling sesuai dengan karakteristik data yang didapat dari pengukuran redaman kanal HF yaitu *time series*. Hasil yang didapatkan adalah pemodelan diperoleh dua belas model ARIMA. Dari seluruh model ARIMA yang diperoleh dipilih salah satu model ARIMA terbaik dengan mempertimbangkan kriteria AIC yang paling kecil. Model ARIMA terbaik yaitu model ARIMA (1,0,2) [11].

Lissa Rosdiana Noer dan Achmad Mauludiyanto (2009) dalam penyelesaian tugas akhir yang berjudul “ **Pemodelan ARIMA untuk Kanal HF Link Malang-Surabaya**” dengan pengukuran karakteristik propagasi komunikasi melalui kanal HF dan pengukuran parameter-parameter propagasi yang berpengaruh pada komunikasi radio HF dengan pendekatan dengan pemodelan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) . Saluran HF yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada data pengukuran kanal dari Malang ke Surabaya, dengan jarak 82,4 km pada frekuensi 6,3 MHz. Pemodelan pada kanal HF menggunakan pendekatan statistik yang diperoleh dari pengukuran. Pengukuran *time series* ini dibagi menjadi beberapa segmen dengan durasi 10 menit. Dari hasil pengukuran, level redaman kanal HF sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi waktu, dimana level redaman pada siang hari lebih tinggi dibandingkan pada waktu malam hari [18].

Setelah mempelajari beberapa penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini peneliti melakukan pengembangan penelitian di daerah yang berbeda dan menerapkan salah satu metode peramalan dengan menggunakan data sistem ALE sirkuit Pekanbaru-Watukosek. Dengan melakukan analisa perhitungan dari parameter tersebut, maka penelitian ini memfokuskan pada pengujian peramalan keberhasilan komunikasi radio HF antara stasiun ALE Pekanbaru dengan stasiun ALE Watukosek bulan Februari sampai April 2017 sebagai bahan dasar pertimbangan pemilihan frekuensi kerja radio HF sirkuit Pekanbaru-Watukosek untuk waktu yang akan datang.

## 2.2 Sistem Komunikasi Radio HF

Komunikasi radio adalah suatu teknologi komunikasi yang mentransmisikan gelombang elektromagnetik sebagai sinyal *carrier* (pembawa) yang ditransmisikan melalui

media udara menuju penerima. Pada dasarnya struktur dari sistem komunikasi radio terbagi atas dua bagian utama, yaitu *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima). Bagian *transmitter* memiliki dua komponen utama, yaitu *modulator* dan antena pemancar. Sedangkan pada bagian *receiver* memiliki dua bagian utama, yaitu *demodulator* dan antena penerima. *Modulator* berfungsi untuk mengubah sinyal informasi (*analog*) menjadi sinyal digital yang akan ditransmisikan melalui antena pemancar. Sedangkan *demodulator* berfungsi untuk merubah sinyal digital menjadi sinyal informasi. Antena berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik. Sinyal elektromagnetik akan dipancarkan melalui udara atau ruang bebas menuju penerima.

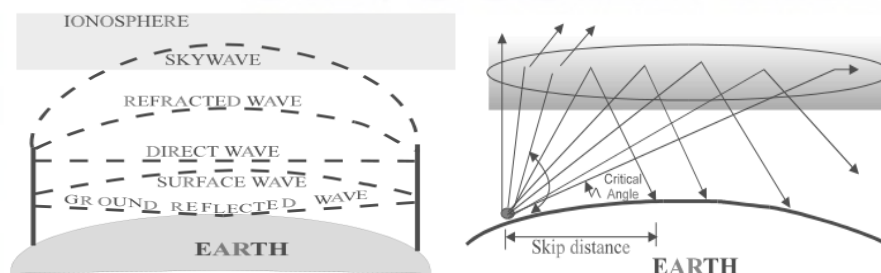


Gambar 2.3. Diagram Blok Komunikasi Radio (Sutoyo, dkk, 2013) [23]

*High Frekuensi (HF)* merupakan gelombang radio pada frekuensi 3 – 30 MHz yang digunakan pada radio komunikasi jarak jauh [25]. Dalam penggunaannya, frekuensi HF digunakan untuk komunikasi jarak jauh dengan memanfaatkan kemampuan lapisan ionosfer untuk memantulkan gelombang elektromagnetik ke bumi. Dalam hal ini membuat komunikasi radio HF menjadi sarana komunikasi jarak jauh dengan biaya operasional yang murah, namun juga memiliki ketergantungan terhadap alam yang cukup tinggi [19].

### 2.2.1 Model Rambat Gelombang Radio

Perambatan gelombang *radio* dari stasiun pemancar menuju stasiun penerima dapat dibagi menjadi tiga cara, yaitu *ground wave*, *line of sight*, dan *skywave*.



Gambar 2.4. Perambatan Gelombang Radio (Sumber: national communications system Office of technology and standards, 1998) [14]

*Ground wave* merupakan model perambatan gelombang *radio* yang merambat melalui proses pemantulan oleh benda-benda yang ada dipermukaan bumi dari stasiun pemancar ke stasiun penerima. Perambatan gelombang radio dengan model *ground wave* memiliki jarak rambat rambat yang tergantung dari jenis permukaan bumi sebagai media pemantul. Berikut merupakan konduktivitas untuk jenis permukaan bumi:

Tabel 2.1. Sifat konduktivitas permukaan bumi terhadap perambatan gelombang radio

Permukaan	Konduktivitas Relatif
Lautan	Bagus
Tanah liat	Cukup bagus
Daerah genangan air luas	Cukup bagus
Tanah berbatu	Cukup bagus
Padang pasir	Cukup bagus
Hutan rimba	Tidak dapat digunakan

Sumber: Abdi P, dkk (2013) [2]

*Line of sight* merupakan model perambatan gelombang radio secara langsung melalui udara dari stasiun pemancar ke stasiun penerima. Perambatan gelombang radio dengan model *line of sight* memiliki jarak yang bergantung terhadap daya dari stasiun pemancar ke stasiun penerima. Namun pada faktanya bumi berbentuk bulat sehingga menyebabkan perambatan gelombang terbatas dikarenakan kelengkungan bumi. misalnya pada jarak jangkauan komunikasi radio untuk penerbangan menggunakan kanal VHF (30-300 MHz) dengan *line of sight* hanyamenjangkau jarak sekitar 240 km dan salah satu cara untuk menjangkau lebih jauh maka menggunakan *repeater* [25].

*Skywave* merupakan model perambatan gelombang radio dari stasiun pemancar ke stasiun penerima melalui pembelokan lapisan ionosfer [25]. Model propagasi ini memungkinkan komunikasi dengan jangkauan melebihi jarak pandang yang dapat dilakukan. Pada model ini, gelombang elektromagnetik dapat dibelokkan kembali ke bumi dengan jarak ratusan bahkan ribuan kilo meter dari stasiun pemancar.

### 2.3 Sistem Aotomatic Link Establishment (ALE)

Sistem *Aotomatic Link Establishment* (ALE) merupakan sistem berbasis perangkat elektronik yang digunakan untuk memilih frekuensi kerja komunikasi radio HF secara otomatis. Sistem ALE berkerja dengan cara memasukkan frekuensi kerja yang dimiliki

pada kanal yang disediakan. Sistem ini akan melakukan *scanning* atau pengujian dari tiap-tiap kanal yang disediakan guna mengetahui frekuensi mana yang dapat digunakan secara *real time*. Dengan sistem ALE, dapat memudahkan operator untuk melakukan komunikasi dengan lawan bicara secara efektif [8].

Sistem ALE akan melakukan *sounding* (pemancaran) secara otomatis dan rutin dengan periode waktu tertentu pada tiap-tiap frekuensi yang dimiliki. Selain itu, sistem ALE juga memiliki sistem monitoring atau *scanning* (pemantauan) pada tiap-tiap frekuensi yang dimiliki dalam rangka pemetaan frekuensi kerja yang dapat digunakan dari seluruh stasiun yang terdengar. Hasil pemetaan yang diperoleh digunakan sebagai acuan untuk menghubungi stasiun yang dituju pada saat komunikasi hendak dilakukan. Pemetaan dilakukan dari kualitas sinyal oleh tiap-tiap frekuensi yang digunakan dengan melihat parameter nilai *Bit Error Rate* (BER) dan *Signal to Nois Ratio* (SN). Pemetaan kanal atau frekuensi tersebut dikenal sebagai *Link Quality Analysis* (LAQ) [8]. Dengan metoda ini sistem ALE dapat mengetahui frekuensi kerja yang dapat digunakan sesuai dengan kondisi lapisan ionosfer yang mempengaruhi propagasi komunikasi radio HF.



Gambar 2.5. Hubungan Sistem ALE (Sumber: Sri Suhartini, 2008) [19]

Pada gambar di atas terlihat bahwa stasiun 1 maupun stasiun 2 melakukan proses pengiriman sinyal identitas dari tiap frekuensi yang dimiliki dengan waktu yang berbeda (*sounding*). Apabila stasiun 2 menerima sinyal *sounding* dari stasiun 1, maka stasiun 2 melakukan pendataan frekuensi-frekuensi kerja yang dapat diterima oleh stasiun 1 sesuai dengan urutan kualitas sinyal yang diterima. Hal yang sama juga dilakukan stasiun 2 saat menerima sinyal *sounding* dari stasiun 1.

Di Indonesia terdapat delapan stasiun ALE yang telah dikembangkan oleh LAPAN. Semua stasiun ini saling terdeteksi dan terhubung untuk mengirimkan sinyal informasi antar stasiun. Saat ini stasiun ALE LAPAN memiliki *callsign* utama yaitu YD00XH. Sedangkan stasiun ALE lainnya juga menggunakan *callsign* yang serupa dengan diakhiri tambahan kode wilayah amatir radio pada bagian belakang identitas *callsign*. Untuk stasiun



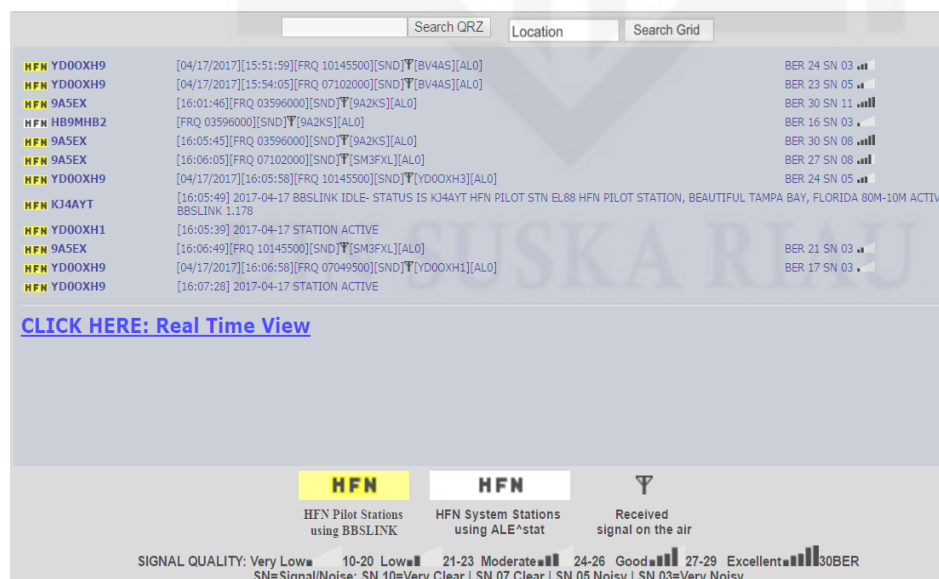
ALE pekanbaru *callsign* yang digunakan adalah YD00XH5A. Adapun lokasi stasiun ALE tersebut antara lain sebagai berikut:

Tabel 2.2. Lokasi dan Kode Stasiun ALE LAPAN

Nama Stasiun	ID Stasiun
Tanjung Sari	YD00XH1
Biak	YD00XH9
Kupang	YD00XH9A
Pontianak	YD00XH7
Watukosek	YD00XH3
Pekanbaru	YD00XH5A
Kototabang	YD00XH5
Bandung	YD00XH

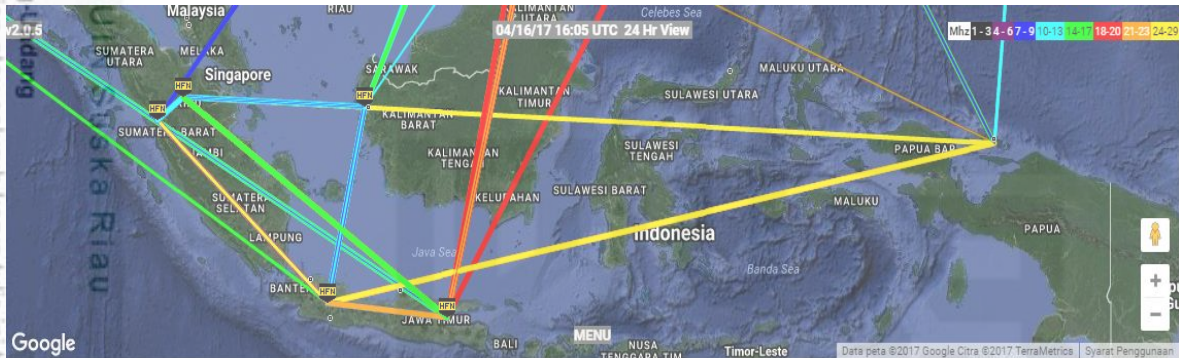
Sumber: Varuliantor Dear (2014) [5]

Jaringan ALE internasional telah menyediakan informasi yang dikemas dalam sebuah layanan informasi *website* yang dapat di akses oleh masyarakat umum. Tiap stasiun ALE yang terlibat dalam jaringan tersebut, secara otomatis melaporkan penerimaan sinyal melalui jaringan internet yang telah terpasang bersamaan dengan radio yang digunakan. Dengan sistem tersebut, maka informasi penerimaan sinyal yang berupa frekuensi kejadian identitas stasiun sumber sinyal akan tersajikan secara jelas pada sebuah layanan *website*.



Gambar 2.6. Jaringan ALE Internasional (Sumber: <http://www.hflink.net/>) [27]

Pada situs resmi jaringan ALE internasional dapat juga dilihat peta komunikasi jaringan ALE dari 30 menit hingga 24 jam yang lalu dengan menunjukkan garis penghubung dengan warna yang bervariasi yang menunjukkan frekuensi yang digunakan berdasarkan warna penghubung stasiun. Berikut ini adalah tampilan peta yang menunjukkan frekuensi kerja yang dapat digunakan antar stasiun ALE berdasarkan garis penghubung dan warnanya.



Gambar 2.7. Peta Jaringan ALE Internasional  
(Sumber: <http://www.hflink.net/>) [27]

## 2.4 Time Series

Deret berkala (*time series*) merupakan serangkaian pengamatan atau observasi yang dilakukan pada waktu-waktu tertentu, biasanya dengan interval-interval yang sama [9] Ada empat komponen pola deret waktu yaitu:

- a. *Trend* suatu komponen jangka panjang yang mendasari pertumbuhan atau penurunan suatu data runtun waktu, merupakan pergerakan data sedikit demi sedikit meningkat dan menurun.
- b. Siklis yaitu pola dalam data yang terjadi setiap beberapa tahun.
- c. Musiman yaitu pola data yang berulang pada kurun waktu tertentu. Fluktuasi musiman yang sering dijumpai adalah data kuartalan bulanan dan mingguan.
- d. Tak beraturan yaitu pola acak yang disebabkan oleh peristiwa yang tidak bias diprediksi atau tidak beraturan.

## 2.5 Uji Kestasioneran Data

Analisis sementara terhadap data mentah dapat dengan mudah memperlihatkan apakah suatu data deret berkala stasioner pada nilai tengah dari ragamnya [17]. Uji kestasioneran data dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya yaitu :

1. *Plot Time Series*

Untuk mengetahui data sudah stasioner atau belum, maka kita harus melihat pergerakan rata-rata varian grafik data, apakah rata-rata varian pergerakan grafik data dari plot time series cenderung naik atau turun atau membentuk garis lurus/konstan. Jika rata-rata dan varian didapat konstan sepanjang waktu maka dapat dikatakan data cenderung stasioner, jika varian cenderung naik dan turun maka kita harus melakukan differensing terhadap data agar data stasioner.

2. *Plot ACF dan PACF*

*Autocorellation Function* (ACF) menunjukkan suatu variabel pada  $t$  terhubung dengan realisasi variabel dimaksud pada suatu waktu titik dimasa lalu (bias langsung satu periode dibelakang atau  $p$  periode dibelakang) [17]. ACF menjelaskan seberapa besar korelasi data yang berurutan dalam runtun waktu, yang merupakan perbandingan antara kovarian pada kelambanan  $k$  dengan variannya. Jika nilai ACF pada setiap kelembanan mendekati atau sama dengan nol maka data adalah stasioner, dan jika sebaliknya nilai koefisien ACF relatif tinggi dan mendekati 1 maka data tidak stasioner [17]. PACF atau *Partial Autocorellation Function* merupakan fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi parsial antara pengamatan pada waktu  $t$  dengan pengamatan-pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya.

3. *Uji Unit Root*

Merupakan langkah untuk melihat lebih jelas apakah suatu data sudah dikatakan benar-benar telah stasioner atau tidak. Dalam uji *unit root* terdapat tiga uji yang terdapat di dalamnya, dengan menggunakan program *evIEWS-7* maka uji biasa yang dilakukan adalah uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), *Philips Perron* (PP), *Kwitatskowski Phillips Schmidt Shin* (KPSS) [9]:

a. *Uji Augmented Dickey-Fuller* (ADF)

Persamaan dari uji ADF adalah:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^n \beta_i \Delta Y_{t-1} + e_t \tag{2.1}$$

dengan

- $Y_t$  : Variabel yang diamati
- $\alpha_0, \gamma$  : Parameter
- $\Delta Y_t$  : Selisih antara  $Y_t$  dengan  $Y_{t-1}$

dengan hipotesis:

$H_0$  : Data tidak stationer ( terdapat unit *root*)

$H_1$  : Data stasioner ( tidak terdapat uni *root*)

Kriteria penolakannya adalah dengan membandingkan nilai statisik  $t$  dengan nilai kritik yang dihitung oleh mackinon. Jika nilai mutlak *statistic-t* ADF lebih besar dari nilai mutlak Mackinon maka tolak  $H_0$  begitu sebaliknya.

b. Uji *Phillips-Perron* (PP)

Persamaannya dari uji PP adalah:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + e_t \tag{2.2}$$

dengan

$\alpha_0, \gamma$  : Parameter

$e$  : Galat

$t$  : Waktu variabel

dengan hipotesis

$H_0$  : Data tidak stationer ( terdapat unit *root*)

$H_1$  : Data stationer ( tidak terdapat uni *root*)

kriteria penolakannya adalah dengan membandingkan nilai statisik  $t$  dengan nilai kritik yang dihitung oleh Mackinon. Jika nilai mutlak *statistic-t* PP lebih besar dari nilai mutlak Mackinon maka tolak  $H_0$  begitu sebaliknya.

c. *Kwiatkowski Phillips Schmidt Shin* (KPSS)

Persamaannya dari uji KPSS:

$$Y_t = \alpha'_0 + e'_t \tag{2.3}$$

dengan hipotesis

$H_0$  : Data tidak stationer ( terdapat unit *root*)

$H_1$  : Data stationer ( tidak terdapat uni *root*)

Kriteriia penolakannya yaitu dengan membandingkannilai *p-value* dengan  $\alpha$ , tolak  $H_0$  jika *p-value*  $> \alpha$  yang artinya data stationer (tidak mengandung unit *root*) dan sebaliknya terima  $H_0$  jika *p-value*  $< \alpha$  .

## 2.6 Pembedaan Data (*Differencing*)

Suatu deret waktu yang tidak stationer harus diubah menjadi data stationer dengan cara melakukan *differencing*, yaitu menghitung perubahan atau selisih nilai observasi. Nilai selisih yang diperoleh dicek lagi apakah data stationer atau tidak. Jika belum stationer maka dilakukan *differencing* lagi dengan persamaan:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \tag{2.4}$$

dengan

- $Y_t$  : Variabel pengamatan pada  $t$
- $Y_{t-1}$  : Variabel pengamatan pada waktu  $t-1$
- $t$  : Waktu

### 2.7 Klasifikasi Metode Box-Jenkins

Model Box-Jenkins ini terbagi menjadi 2 yaitu : Model stasioner model *Autoregressif* (AR), *Moving Average* (MA), dan *Autoregression Moving Average* (ARMA), dan model non stasioner yaitu model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA).

#### 1. Model Stationer

##### a. Autoregressive Model (AR)

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

$$Y_t = \sigma + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \tag{2.5}$$

dengan

- $Y_t$  : Data pada periode  $t, t=1,2,\dots, n$
- $Y_{t-1}$  : Data pada periode  $t-1, t=1,2,\dots, n$
- $\phi_i$  : Parameter Autoregresif ke- $i$
- $e_t$  : Nilai kesalahan pada  $t$
- $\sigma$  : Suatu konstanta

Misalkan Model AR(1)

Model AR(1), secara matematis didefinisikan sebagai berikut :

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + e_t \tag{2.6}$$

Keterangan:

- $Y_t$  : data pada periode  $t, t = 1,2,\dots, n$
- $Y_{t-1}$  : data pada periode  $t-1$
- $e_t$  : *error* pada periode  $t$
- $\phi_0$  : suatu konstanta
- $\phi_1$  : parameter *Autoregressive* ke-1

Model *Autoregressive* tingkat selanjutnya mengikuti pola umum AR ( $p$ ).

b. *Moving Average Model (MA)*

Bentuk umum model *moving average ordo q (MA(q))* dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_t = \sigma + e_t - \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2.7)$$

dimana

$Y_t$  : Data pada periode  $t, t=1, 2, \dots, n$

$\sigma$  : Suatu konstanta

$\theta_1$  : Parameter

$e_{t-q}$  : Nilai kesalahan pada saat  $t-q$

Model MA(1), secara matematis didefinisikan sebagai berikut:

$$Y_t = \theta_0 + e_t - \theta_1 e_{t-1} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$Y_t$  : data pada periode  $t, t = 1, 2, \dots, n$

$e_t$  : *error* pada periode  $t$

$e_{t-1}$  : *error* pada periode  $t-1$

$\theta_0$  : suatu konstanta

$\theta_1$  : parameter *moving average* ke-1

Model *Moving Average* tingkat selanjutnya mengikuti pola umum model MA ( $q$ ).

c. *Autoregression Moving Average (ARMA)*

Model ini merupakan gabungan dari AR( $p$ ) dengan MA( $q$ ), sehingga rumus persamaanya ARMA ( $p, q$ ) adalah:

$$Y_t = \sigma + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2.9)$$

dimana

$Y_t$  : Data pada periode  $t, t=1, 2, \dots, n$

$Y_{t-1}$  : Data pada periode  $t-1, t=1, 2, \dots, n$

$e_t$  : Nilai kesalahan pada  $t$

$\sigma$  : Suatu konstanta

$\phi_i$  : Parameter Autoregresif ke- $i$

$\theta_i$  : Parameter Moving Average ke- $i$

Misalkan Model ARMA(1,1)

Model ARMA (1,1) merupakan kombinasi antara AR(1) dan MA(1),

Secara matematis didefinisi sebagai berikut:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + e_t - \theta_1 e_{t-1} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$Y_t$  : data pada periode  $t, t = 1, 2, \dots, n$

$Y_{t-1}$  : data periode  $t-1$

$e_t$  : error pada periode  $t$

$e_{t-1}$  : error pada periode  $t-1$

$\phi_0$  : suatu konstanta

$\phi_1$  : parameter *Autoregressive* ke-1

$\theta_1$  : parameter *moving average* ke-1

Model ARMA dapat dilanjutkan dengan mengikuti pola umum ARMA( $p, q$ ).

2. Model Non - Stasioner

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

Model ARIMA dapat dibentuk kedalam model matematis berikut:

$$Y_t = \delta + (1 + \phi_1)Y_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)Y_{t-2} + \dots + (\phi_p - \phi_{p-1})Y_{t-p} - \phi_p Y_{t-p-1} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (2.11)$$

dimana

$Y_t$  : Data pada periode  $t, t=1, 2, \dots, n$

$Y_{t-1}$  : Data pada periode  $t-1, t=1, 2, \dots$

$e_t$  : Nilai kesalahan pada  $t$

$\sigma$  : Suatu konstanta

$\phi_i$  : Parameter autoregresif ke- $i$

$\theta_i$  : Parameter moving average ke- $i$

## 2.8 Estimasi Parameter

Estimasi parameter merupakan langkah selanjutnya untuk menentukan model. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode kuadrat terkecil yaitu dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat *error*.

$$\hat{Y} = \alpha + \beta X_i \quad (2.12)$$

Jumlah kuadrat error untuk persamaan runtun waktu tingkat satu analog dengan persamaan kuadrat error regresi linear sederhana, yaitu [9]:

$$J = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2.13)$$

dengan mensubstitusikan Persamaan (2.12) ke Persamaan (2.13), maka kuadrat error menjadi :

$$J = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \alpha - \beta X_i)^2 \quad (2.14)$$

Utuk persamaan model MA(1) berarti menggantikan  $Y_i$  dengan  $Y_t$ ,  $X_i$  dengan  $\alpha_{t-1}$ ,  $e_i$  dengan  $a_t$ ,  $\alpha$  dengan  $\theta_0$ , dan  $\beta$  menjadi  $\theta_1$ , sehingga Persamaan (2.14) menjadi :

$$J = \sum_{t=1}^n a_t^2 = \sum_{i=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (2.15)$$

Bentuk persamaan modelnya :

$$\hat{Y}_t = \theta_0 - \theta_1 a_{t-1} \quad (2.16)$$

Subtitusikan Persamaan (2.17) ke Persamaan (2.16), sehingga

$$J = \sum_{t=1}^n a_t^2 = \sum_{t=1}^n (Y_t - \theta_0 + \theta_1 a_{t-1})^2 \quad (2.17)$$

Selanjutnya meminimukan kuadrat *error* atau meminimumkan Persamaan (2.17) dengan menurunkan terhadap  $\theta_0$  dan  $\theta_1$  dan menyamakan dangan nol

$$\frac{\partial J}{\partial \theta_0} = \frac{\partial}{\partial \theta_0} \sum_{t=1}^n (Y_t - \theta_0 + \theta_1 a_{t-1})^2 = 0 \quad (2.18)$$

$$-2 \sum_{t=1}^n (Y_t - \theta_0 + \theta_1 a_{t-1}) = 0 \quad (2.19)$$

$$\theta_0 = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t + \theta_1 \sum_{t=1}^n a_{t-1}}{n} \quad (2.20)$$

$$\theta_0 = \bar{Y}_t + \theta_1 \bar{a}_{t-1} \quad (2.21)$$

Selanjutnya menurunkan Persamaan (2.16) terhadap  $\theta_1$

$$\frac{\partial J}{\partial \theta_1} = \frac{\partial}{\partial \theta_1} \sum_{t=1}^n (Y_t - \theta_0 + \theta_1 a_{t-1})^2 = 0 \quad (2.21)$$

$$2 \sum_{t=1}^n (Y_t - \theta_0 + \theta_1 a_{t-1}) (a_{t-1}) = 0 \quad (2.22)$$



$$\theta_1 = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t a_{t-1} - \left(\sum_{t=1}^n Y_t\right) \left(\sum_{t=1}^n a_{t-1} / n\right)}{\left(-\sum_{t=1}^n a_{t-1}^2\right) + \left(\sum_{t=1}^n a_{t-1}\right)^2 / n} \quad (2.23)$$

Setelah dilakukan pengestimasi parameter, maka selanjutnya akan dilakukan uji signifikan parameter yang didapat. Dengan membandingkan nilai p-value dengan nilai  $\alpha$  yang digunakan.

$H_0$  : Parameter tidak signifikan terhadap model

$H_1$  : Parameter signifikan pada model

dengan kriteria penerimaan  $H_0$  yaitu jika  $p\text{-value} > \alpha$  dan penolakan  $H_0$  yaitu jika  $p\text{-value} < \alpha$ .

## 2.9 Uji Residual

Uji ini digunakan untuk melihat apakah model yang digunakan sudah layak atau tidak digunakan dalam peramalan. Uji ini dilihat dengan cara melihat lag-lag pasangan ACF dn PACF yang dihasilkan. Independensi residual dapat dilihat dari proses *Ljung Box Pierce* pada output data, dengan hipotesis:

$H_0$  : Residual bersifat random

$H_1$  : Residual bersifat tidak random

Kriteria penolakannya yaitu dengan membandingkan nilai p-value dengan  $\alpha$  dan tolak  $H_0$  jika  $p\text{-value} < \alpha$  dan sebaliknya terima  $H_0$  jika  $p\text{-value} > \alpha$ .

Untuk membandingkan model yang telah terpilih maka kita lakukan uji koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dikemukakan oleh Akaike dan Schwarz [26]. Adapun rumus untuk melihat nilai AIC dan SIC :

$$AIC = e \frac{2k}{n} (RSS/n) \quad (2.24)$$

$$SIC = n \frac{2k}{n} (RSS/n) \quad (2.25)$$

dengan

$n$  : Jumlah observasi

$k$  : Jumlah variabel dependen

$RSS$  : Jumlah residual kuadrat

a. Peramalan

Setelah ketiga langkah tersebut terlewati maka barulah dilakukan peramalan. Peramalan tersebut meliputi peramalan data *training*, peramalan data *testing* dan peramalan untuk waktu yang akan datang. Misal, model yang dipilih adalah AR(1) maka tahap peramalan adalah sebagai berikut:

1. Peramalan data *training*

$$\hat{X}_2 = \phi_0 + \phi_1 X_1 \tag{2.26}$$

Begitu seterusnya hingga data terakhir pada data *training*. Pada peramalan data *training* digunakan data *actual*.

2. Peramalan data *testing*

$$\hat{X}_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} \tag{2.27}$$

dengan:  $X_{t-1}$  adalah data terakhir hasil peramalan pada data *training*. Pada peramalan data *testing* digunakan data hasil peramalan pada data *training*.

3. Peramalan untuk waktu yang akan datang digunakan data hasil peramalan pada data *testing*.

Model matematis untuk tahap peramalan ini sama dengan model matematis pada peramalan data *testing*, tetapi  $X_{t-1}$  adalah data terakhir hasil peramalan pada data *testing*. Pada peramalan untuk waktu yang akan datang digunakan data hasil peramalan pada data *testing*.

**2.10 Nilai Ketepatan Prediksi Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**

Ketepatan ramalan adalah suatu hal yang penting untuk peramalan, yaitu bagaimana mengukur kesesuaian antara data yang sudah ada dengan data peramalan. Ada beberapa perhitungan yang biasa digunakan untuk menghitung kesalahan peramalan total. Tiga dai perhitungan yang paling terkenal adalah deviasi mutlak rerata (*Mean Absolute Deviation-MAD*), kesalahan kuadrat rerata (*Mean Squared Error-MSE*), dan kesalahan persen mutlak rerata (*Mean Absolute Percentage Error- MAPE*) [17].

*Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dihitung dengan menggunakan kesalahan *absolute* pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata dengan periode itu, kemudian merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. MAPE merupakan

pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran persentase penyimpangan antara data *actual* dengan data peramalan [17]. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$MAPE = \left( \frac{100\%}{n} \right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \quad (2.28)$$

dimana

$X_t$  : Data aktual pada periode t

$F_t$  : Nilai peramalan pada periode t

$n$  : Jumlah data



UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.