

ANALISIS SISTEM NAVIGASI UDARA *MODEL 432 (DVOR)* UNTUK MEMANDU PESAWAT MENUJU BANDARA

Yoga Tri Nugraha^{1,2,3)}, Noorly Evalina¹⁾, Muhammad Fitra Zambak²⁾,
Sri Indah Rezkika³⁾, Sari Novalianda³⁾

¹⁾Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

²⁾Magister Teknik Elektro, Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

³⁾Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar Medan

Email : yoga_nugraha14@yahoo.com

Abstrak

Pada awalnya, navigasi untuk memandu pesawat kebandara tujuan hanya dengan menggunakan penglihatan saja dan memiliki kemampuan yang masih terbatas. Peralatan navigasi yang diperlukan dan memiliki kemampuan yang tidak terbatas (kontinu) untuk memandu pesawat menuju bandara adalah DVOR. DVOR yaitu suatu peralatan navigasi udara untuk memandu pesawat agar bisa mendarat sempurna pada bandara yang dituju dengan cara memberikan informasi berupa azimuth atau bearing buatan yang menggunakan frekuensi akibat adanya efek doppler, bukan azimuth arah sebenarnya kepada pesawat melainkan informasi terhadap titik DVOR ground station yang ada pada Bandara Kualanamu. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Efek Doppler. Berdasarkan arah mendarat runway 23, OBS menunjukkan azimuth / bearing 110° sebagai panduan arah bandara tujuan, dengan frekuensi Efek Doppler antena sideband 112.209.950,09 Hz. Berdasarkan arah mendarat runway 05, OBS menunjukkan azimuth / bearing 191° sebagai panduan arah bandara tujuan, dengan frekuensi Efek Doppler antena sideband 112.209.960,049 Hz. Dan jenis gangguan frekuensi yang terjadi pada pengiriman sinyal frekuensi DVOR ke penerima (pesawat) adalah noise, fading, interferensi frekuensi radio.

Kata-Kata Kunci: Navigasi, DVOR, Efek Doppler, OBS

I. PENDAHULUAN

Navigasi udara merupakan cara untuk memandu atau memberikan informasi arah untuk membantu pesawat terbang agar mendarat tepat pada bandara yang dituju. Pada awalnya, navigasi untuk memandu pesawat kebandara tujuan hanya dengan menggunakan penglihatan saja, namun ternyata hal tersebut memiliki keterbatasan jika terjadi cuaca ekstrem seperti hujan dan kabut sehingga kemampuan tersebut masih terbatas.

Dalam pelayanan navigasi udara, harus mempunyai peralatan yang dapat memandu pesawat menuju bandara tujuan, diperlukan peralatan navigasi yang berfungsi secara kontinuitas. Dan memiliki kemampuan yang tidak terbatas, sehingga dapat memandu pesawat menuju bandara tujuan.

Adapun peralatan navigasi yang diperlukan dan memiliki kemampuan yang tidak terbatas untuk memandu pesawat menuju bandara kualanamu adalah *Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR)*. *Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR)* yaitu suatu peralatan navigasi udara untuk memandu pesawat agar bisa mendarat sempurna pada bandara yang dituju dengan cara memberikan informasi berupa *azimuth* atau bearing buatan, bukan *azimuth* arah sebenarnya (utara, timur, selatan, barat sebenarnya kepada pesawat) melainkan informasi terhadap titik DVOR *ground station* yang ada pada Bandara Kualanamu. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode efek doppler.

Pada penelitian ini dijelaskan tentang prinsip kerja *Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR)* yang menggunakan sistem modulasi amplitudo (AM) dan modulasi frekuensi (FM). Dan proses efek

doppler yang terjadi pada antena *sideband* DVOR dengan frekuensi kerja DVOR bandara kualanamu yaitu 112.2 MHz. Adapun tujuan penelitian ini adalah Menganalisa proses pengiriman informasi mengenai frekuensi akibat adanya efek *doppler* untuk memandu pesawat dengan *Doppler Very High Omnidirectional Range (DVOR)* menuju Bandara Kualanamu. Dan menganalisa proses pesawat untuk mendapatkan informasi azimuth buatan yang dipancarkan oleh *Doppler Very High Omnidirectional Range (DVOR)* dengan frekuensi akibat adanya efek *doppler* dan jenis gangguan-gangguan yang terjadi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Navigasi udara adalah pemandu jalan atau penuntun arah di dalam suatu penerbangan. Untuk mengetahui arah pesawat dapat diketahui dengan mengandalkan pedoman kompas, oleh karena itu pilot masih membutuhkan pendamping seorang navigator yang bertugas menghitung dan menentukan posisi dan arah pesawat pada satu titik di udara menuju bandara dengan pedoman dan perhitungan manual.

Beberapa penelitian tentang *Doppler VHF Omnidirectional Range* yang telah dilakukan yaitu : Cahyo Utomo(2013), meneliti tentang prinsip kerja DVOR dan analisis perbedaan fase antara kedua sinyal yang memberikan informasi azimuth buatan kepada pesawat. Informasi arah magnetik yang dihasilkan oleh pancaran DVOR mencakup dari 0° sampai dengan 360° terhadap lokasi DVOR, sehingga hal ini memungkinkan sebuah pesawat

akan tetap memperoleh informasi arah sepanjang masih dalam jangkauan relasi terhadap DVOR

Kemudian Fasich Haryadi(2013), meneliti tentang analisis parameter kecepatan serta efek doppler dan perubahan frekuensi pada setiap 48 antena sideband merupakan perubahan frekuensi yang diakibatkan oleh efek Doppler, yaitu efek yang perubahan frekuensi yang terjadi akibat dari perubahan kecepatan sumber terhadap pengamat, tetapi dalam DVOR sendiri, kecepatan pengamat dapat diabaikan, dikarenakan perubahan frekuensi yang ada pada antena sideband merupakan akibat dari pergeseran pembangkitan frekuensi setiap antena sebesar 30 cps secara kontinu.

Selanjutnya Augustine D. Yellu(2013), meneliti tentang kinerja bantu navigasi radio seperti ILS dan sistem VOR / DVOR sensitif terhadap lingkungan di mana mereka beroperasi. Multipath dari bangunan dan struktur lain di sekitar stasiun bumi ILS/CVOR/DVOR menggabungkan dengan sinyal langsung untuk menghasilkan sinyal gabungan yang amplitudo dan fase sifat berbeda dari sinyal langsung. *Receiver* udara (ILS/CVOR/DVOR) yang penyadapan dan proses multipath seperti sinyal "tercemar" akan output yang salah posisi atau bantalan indikasi.

Selanjutnya Eka Wahyudi(2013), meneliti tentang Dalam DVOR, informasi yang dikirim menggunakan efek *doppler* menuju pesawat akan mengalami penurunan sinyal (*loss*) yang diakibatkan oleh jarak. Dengan melakukan analisis perhitungan *link budget* menggunakan parameter *pathloss* dan atenuasi terhadap efek *doppler* dengan objek penerima (pesawat), maka apabila pesawat semakin mendekat, akan menghasilkan perubahan nilai *pathloss* dan atenuasi yang tidak berarti.

2.2. DVOR (Doppler VHF Omnidirectional Range)

DVOR adalah sebuah alat bantu navigasi udara yang memberikan informasi arah kepada pesawat udara terhadap bandara atau station DVOR itu sendiri dengan azimuth tertentu. Daerah frekuensi kerja dari DVOR yaitu 108 sampai 118 Mhz. Sistem kerja DVOR secara umum yaitu antena yang digunakan pada DVOR merupakan suatu antena yang seolah-olah berputar secara horizontal dengan antena tetap yang terletak ditengah-tengah. Pesawat udara yang terletak pada suatu jarak tertentu akan menerima perubahan frekuensi pada saat putaran menuju pesawat, dan akan mengalami pengurangan frekuensi apabila perputaran antena menjauhi pesawat. Pada DVOR, perputaran antenanya digantikan oleh perpindahan sinyal dari suatu antena ke antena lainnya kearah berlawanan jarum jam. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan signal pada beberapa antena secara bersamaan dengan pergeseran kearah berlawanan jarum jam. Dalam prakteknya karena adanya *overlapping* atau saling menumpang *radiation pattern* maka kita gunakan suatu *switching* yang sangat peka sebesar 30 Hz. Alat bantu navigasi DVOR ini dapat banyak membantu sistem navigasi dalam menuntun pesawat

melakukan pendaratan, *holding*, *homing*, *en-route*, dan lain-lain. DVOR berfungsi sebagai alat bantu navigasi yang bekerja pada daerah frekuensi 108 Mhz sampai dengan 118 Mhz yang memberi panduan kepada pesawat terbang ke segala arah dengan azimuth dari 0 sampai 360 derajat terhadap lokasi DVOR. Karena VOR bekerja pada frekuensi VHF maka jangkauan DVOR bersifat *line of sight*. Oleh karena itu DVOR dianggap sebagai alat navigasi jarak pendek. Pancaran maximum dari DVOR ini kurang lebih 200 NM (387 km) pada ketinggian 41000 ft.

2.3 Prinsip Dasar Sistem DVOR

VOR adalah peralatan bantu navigasi udara yang bekerja pada frekuensi 108 – 118 MHz dan berfungsi untuk memberikan sinyal panduan kesegala arah dengan azimuth dari 0 sampai 360 derajat, terhadap lokasi stasiun VOR. Karena VOR bekerja pada frekuensi VHF, maka jangkauan peralatan ini sangat ditentukan atau terbatas oleh "*line of sight*", oleh sebab itu VOR sebagai alat bantu navigasi jarak pendek yaitu maksimum ± 200 nm pada ketinggian 41.000 feet.

VOR dapat digunakan sebagai alat bantu navigasi untuk Enroute (lalu lintas udara) dan Terminal/*Approach* (pendekatan). Penempatan fasilitas VOR menentukan rute lalu lintas udara, bila VOR terletak disekitar airport maka tidak hanya akan memberi informasi arah/*azimuth* untuk pendekatan ke arah landasan tetapi juga dapat member informasi arah/*azimuth* untuk pesawat-pesawat yang melalui rute lalu lintas udara diatas VOR/bandara tersebut.

VOR dapat memberi panduan arah/*azimuth* kepada pesawat terbang sepanjang rute lalu lintas udara, maka harus dipasang beberapa VOR karena jangkauan VOR yang terbatas. Karena sinyal VOR dapat dipengaruhi oleh faktor refleksi daerah sekitarnya, sehingga dapat mengganggu akurasi sinyal VOR, karena itu penentuan lokasi adalah penting dan untuk mengurangi kerugian pancaran signal yang disebabkan oleh refleksi tersebut maka dipasanglah DVOR. DVOR mempunyai unjuk hasil *azimuth* yang lebih akurat pada lokasi-lokasi dimana VOR Conventional (CVOR) memberikan unjuk kerja yang kurang akurat.

VOR terdiri dari VHF *Transmitter*, Antena, Monitor dan Kontrol. VOR biasanya beroperasi bersama dalam satu gedung / *shelter* dengan DME (*Distance Measurement Equipment*) dengan maksud untuk memberikan informasi arah / *azimuth* (VOR) sekalian jarak (DME) kepada penerbang, juga dapat digunakan prosedur operasi bersama-sama ILS (*Instrument Landing System*). VOR memancarkan sinyal radio frekuensi *omni directional* (kesegala arah) dan sinyalnya memberikan informasi *azimuth* dari 0 sampai 360 derajat. Dengan memilih chanel frekuensi VOR, penerbang akan mendapat arah/*azimuth* "*TO*" kearah stasiun VOR atau "*FROM*" dari/meninggalkan stasiun VOR dan apa bila terbang tepat diatas stasiun VOR, maka pesawat tersebut tidak menerima signal VOR karena melalui "*Cone of Silence*" (daerah kerucut tanpa sinyal

radio), dan setiap stasiun VOR mempunyai kode identifikasi yang dipancarkan dengan kode *morse*. VOR memancarkan signal yang terdiri dari dua komponen signal modulasi 30 Hz yang terpisah. Dengan membandingkan fase ke dua signal 30 Hz ini, maka akan mendapatkan posisi *azimuth* pesawat terhadap lokasi VOR, beda fase ke dua signal 30 Hz akan berubah sesuai dengan posisi pesawat terhadap lokasi VOR yang dipilih.

Satu dari dua komponen signal 30 Hz tersebut dinamakan signal “*Reference*” dan 30 Hz signal yang lainnya dinamakan “*variable*” signal. Signal 30 Hz *Reference* dipancarkan ke segala arah (*omni directional*) dengan fase sesaat (*instanstaneous phase*) disekeliling VOR yang sama pada setiap azimuth dari 0 sampai 360 derajat. Signal 30 Hz *variable* didapat dari modulasi yang terjadi di ruang udara yang dihasilkan oleh pancaran directional patern RF yang diputar dengan fase yang berbeda di setiap *azimuth*.

Fase antara 30 Hz *Reference* dan 30 Hz *Variable signal* dapat diatur dan pada arah utara magnet (*azimuth* = 0), fase diatur sedemikian rupa sehingga 30 Hz *Reference* dan *Variable* mempunyai fase yang sama. Karena itu pesawat mendapat posisi azimuth yang sesuai dengan cara mendeteksi perbedaan fase kedua signal 30 Hz tersebut untuk posisi segala arah terhadap VOR. Karena *Reference* dan *Variable* keduanya merupakan frekuensi modulasi yang sama yaitu 30 Hz, maka timbul masalah bagaimana memancarkan dan menerima kedua signal pada frekuensi pembawa yang sama pula. Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara salah satu dari 30 Hz signal dipancarkan dengan sistem modulasi 30 Hz FM pada *sub carrier*, sedangkan 30 Hz yang lainnya dipancarkan dengan sistem modulasi 30 Hz AM pada frekuensi radio *carrier*. Kedua signal 30 Hz AM dan 30 Hz FM akan dipisah didalam *receiver* pesawat oleh *filter* yang selanjutnya masuk ke *circuit phase detector* untuk diproses menjadi informasi arah/*bearing*.

Sistem VOR mempunyai signal 30 Hz *Reference* dan signal 30 Hz *Variable* yaitu :

1. *Signal Reference* (30 Hz AM) dipancarkan oleh *Carrier* (F_c) yang dimodulasi dengan signal 30 Hz secara AM.
2. *Signal Variable* (30 Hz FM) dihasilkan dengan cara simulasi pemindahan/perputaran sumber *signal Carrier* ($F_c \pm 9960$) disekeliling lingkaran dengan radius 44 ft (13,4 m) pada kecepatan 1800 rpm (30 Hz). hal ini dikerjakan dengan *switching* elektronik secara berurutan pada setiap antenna yang terdiri dari 48 buah antenna yang terletak disekeliling lingkaran *Counter Poise*. Deviasi frekuensi yang dihasilkan dari frekuensi yang dipancarkan ($F_c \pm 9960$ Hz) tersebut sebanding dengan radius dan kecepatan putar.

Kombinasi signal *reference* dan *variable* yang dipancarkan ke udara akan menghasilkan frekuensi *carrier* yang dimodulasi AM oleh 9960 Hz (*sub-carrier*), dan selanjutnya 9960 Hz *sub carrier* termodulasi oleh 30 Hz FM karena efek Doppler. Dengan demikian hasil pancaran DVOR untuk

modulasi diudara dari signal-signal tersebut adalah identik dengan hasil signal yang dipancarkan oleh VOR konvensional.

2.4 Cara Kerja Perangkat *Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR)*

DVOR mempunyai 49 antenna *Alford loop* yang dibagi menjadi 2 fungsi sebagai antenna *carrier* dan antenna *sideband*, yang memiliki dual polarisasi dan bersifat *omnidirectional*.

1. Antena *Carrier* : Antena *carrier* selain sebagai antenna pemancar signal *carrier*, juga memancarkan signal *reference* 30 Hz yang dimodulasikan secara *Amplitude Modulation (AM)*.
2. Antena *Sideband* : Antena *sideband* memancarkan signal *variable* 30 Hz yang dimodulasikan secara *Frequency Modulation (FM)* yang didapatkan dari frekuensi *carrier* (f_c), $f_c \pm 9960$ Hz dengan deviasi 480 Hz dari perputaran 48 buah antenna *sideband* sebesar 30 *cycle per second (cps)*, akibat adanya efek Doppler, yaitu terjadinya perubahan frekuensi akibat dari kecepatan benda yang bergerak (pesawat) terhadap pengamat (*DVOR Groundstation*).

2.5 Perhitungan Frekuensi Signal Antena *Sideband*

Perhitungan frekuensi pada antenna *sideband* ini yaitu bertujuan untuk mengetahui perubahan frekuensi pada setiap antenna *sideband* akibat adanya efek Doppler, yaitu sebuah perubahan frekuensi yang terjadi akibat perubahan kecepatan dari sumber terhadap pengamat. Adapun perumusan untuk menghitung perubahan frekuensi pada 48 antenna *sideband* akibat adanya efek Doppler, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_{observe} = f_{SB} \frac{V - V_o}{V} \times \sin \theta \dots\dots\dots (1)$$

$$F_{total} = F_{DVOR} + F_{observe} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana :

- $F_{observe}$ = Frekuensi yang dipancarkan antenna *sideband* (Hz)
- F_{SB} = Frekuensi antenna *sideband* ($f_c \pm 9960$ Hz)
- $\sin \theta$ = Sudut arah datangnya pesawat terhadap antenna DVOR
- V = Kecepatan propagasi cahaya (3×10^8 m/s)
- V_o = Kecepatan pesawat (1000 m/s)
- F_{DVOR} = Frekuensi Kerja DVOR (112.2 MHz)
- F_{total} = Frekuensi pada 48 antenna *sideband* akibat adanya efek *doppler*

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada DVOR yang berlokasi di Bandara Kualanam, Deli Serdang. Dan penelitian ini dilakukan selama 2 bulan. Parameter-parameter perhitungan pada analisis penelitian ini

diambil dari *Manual Book Model 432/1150 Doppler Omnidirectional Range (DVOR)* dengan menggunakan metode analisis efek doppler, yaitu:

- a. Kecepatan cahaya (V) = 3×10^8 m/s
- b. Diameter sistem kesatuan 48 antena *sideband* DVOR = 13,4 m
- c. Kecepatan perputaran antena *sideband* = 30 *cycle per second* (cps)
- d. Kecepatan pesawat/pengamat (asumsi dengan kecepatan 1000 m/s)
 Frekuensi kerja yang dipergunakan antara 108.00 MHz sampai 118.00 MHz. Dengan frekuensi Bandara Kualanamu berada pada 112.2 MHz pada jarak 40 Nm (72 Km).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Frekuensi Sinyal Antena Sideband

1. Pada landasan pacu 23 dengan jarak 40 Nm (72 Km)

Berdasarkan pada arah datangnya pesawat untuk mendarat pada landasan pacu 23 (*runway* 23), maka data hasil penelitian tersebut dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut ini, data hasil penelitian dari *runway* 23

Tabel 1. Data Hasil Penelitian dari Runway 23

No	Keterangan	Nilai Hasil
1	Kecepatan Cahaya	3×10^8 m/s
2	Diameter sistem kesatuan 48 antena sideband DVOR	13,4 m
3	Kecepatan perputaran antena sideband	30 cps
4	Kecepatan pesawat/pengamat	1000 m/s
5	Frekuensi kerja	108.00 MHz - 118.00 MHz
6	Frekuensi Bandara Kualanamu	112.2 MHz
7	Jarak	40 Nm (72 Km)

Adapun hasil perhitungan frekuensi antena *sideband* akibat adanya efek *doppler* yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$F_{observe} = f_{SB} \frac{V + V_o}{V + \omega r \sin \theta}$ dan $F_{total} = F_{DVOR} + F_{observe}$,
 F observe, adalah sebagai berikut :

Data ke- 1

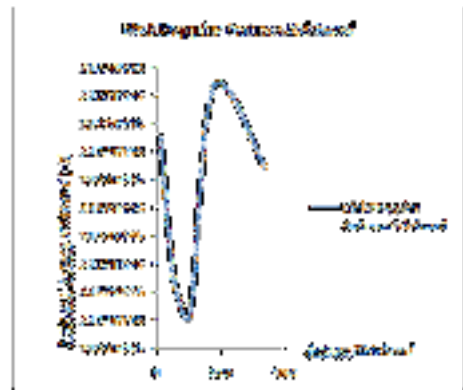
$F_{observe1} = f_{SB} \frac{V + V_o}{V + \omega r \sin \theta}$
 $F_{observe1} = \frac{3 \times 10^8 + (2 \times 3,14 \times 30 \times 13,4 \times \sin 12^\circ)}{3 \times 10^8 + 1000}$
 $F_{observe1} = 9960 \times 1,000001584$
 $F_{observe1} = 9960,0157 \text{ Hz}$
 $F_{total1} = F_{DVOR} + F_{observe1}$
 $F_{total1} = 112200000 \text{ Hz} + 9960,0157 \text{ Hz}$
 $F_{total1} = 112209960,0157 \text{ Hz}$

Dan untuk hasil perhitungan data ke 2 sampai data ke 7 akan ditampilkan dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Frekuensi Antena Sideband

Data ke-	F _{Observes} (Hz)	F _{total} (Hz)
1	9960,0157	112209960,0157
2	9959,986347	112209959,9863
3	9959,973943	112209959,9739
4	9959,963717	112209959,9637
5	9959,951899	112209959,9518
6	9960,0332	112209960,0332
7	9960,004535	112209960,0045
Rata-rata	9950,09 (110°)	112209950,09

Dari tabel hasil perhitungan diatas, akan didapatkan perubahan frekuensi 48 antena *sideband* DVOR akibat adanya efek *doppler* pada saat dipancarkan. Dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Efek Doppler 48 Antena Sideband Arah Runway 23

2. Pada landasan pacu 05 dengan jarak 40 Nm (72 Km)

Berdasarkan pada arah datangnya pesawat untuk mendarat pada landasan pacu 05 (*runway* 05), maka data hasil penelitian tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3 berikut ini, data hasil penelitian dari *runway* 05

Tabel 3. Data Hasil Penelitian dari Runway 05

No	Keterangan	Nilai Hasil
1	Kecepatan Cahaya	3×10^8 m/s
2	Diameter sistem kesatuan 48 antena sideband DVOR	13,4 m
3	Kecepatan perputaran antena sideband	30 cps
4	Kecepatan pesawat/pengamat	1000 m/s
5	Frekuensi kerja	108.00 MHz - 118.00 MHz
6	Frekuensi Bandara Kualanamu	112.2 MHz
7	Jarak	40 Nm (72 Km)

Adapun hasil perhitungan frekuensi antena *sideband* akibat adanya efek *doppler* yang didapatkan dengan menggunakan persamaan :

$F_{observe} = f_{SB} \frac{V+V_o}{V+ \omega r \sin \theta}$ dan $F_{total} = F_{DVOR} + F_{observe}$, adalah sebagai berikut :

Data ke- 1

$$F_{observe_1} = f_{SB} \frac{V+V_o}{V+ \omega r \sin \theta}$$

$$F_{observe_1} = \frac{9960}{3 \times 10^8 + 1000}$$

$$F_{observe_1} = \frac{9960 \times (2 \times 3,14 \times 30 \times 13,4 \times \sin 10^\circ)}{3 \times 10^8 + 1000}$$

$$F_{observe_1} = 9960 \times 1,000001872$$

$$F_{observe_1} = 9960,01865 \text{ Hz}$$

$$F_{total_1} = F_{DVOR} + F_{observe_1}$$

$$F_{total_1} = 112200000 \text{ Hz} + 9960,01865 \text{ Hz}$$

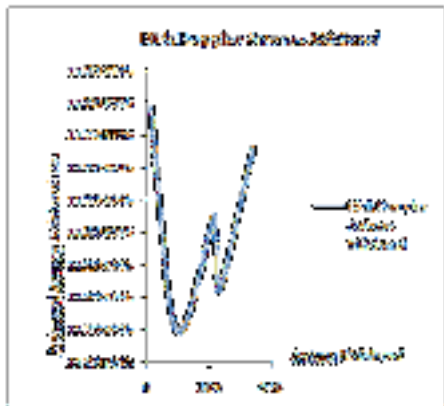
$$F_{total_1} = 112209960,01865 \text{ Hz}$$

Dan untuk hasil perhitungan data ke 2 sampai data ke 7 akan ditampilkan dalam bentuk Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Frekuensi Antena Sideband

Data ke-	F _{Observes} (Hz)	F _{total} (Hz)
1	9960,01865	112209960,01865
2	9959,949595	112209959,9495
3	9959,985132	112209959,9851
4	9959,98276	112209959,9827
5	9959,972937	112209959,9729
6	9959,962913	112209959,9629
7	9960,005918	112209960,0059
Rata-rata	9960,049 (191)	112209960,049

Dari tabel hasil perhitungan diatas, akan didapatkan perubahan frekuensi 48 antena *sideband* DVOR akibat adanya efek *doppler* pada saat dipancarkan. Dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Efek Doppler 48 Antena Sideband Arah Runway 05

DVOR memancarkan sinyal *carrier* yang sudah ditumpangi oleh sinyal *reference* dan variabel, berupa sinyal AM dan FM. Sinyal *reference* merupakan sinyal yang dihasilkan oleh 30 Hz gelombang AM yang ditumpangkan pada sinyal *carrier* sebagai sinyal referensi. Sedangkan sinyal variabel merupakan sinyal informasi sebesar 30 Hz gelombang FM yang nantinya akan dibandingkan

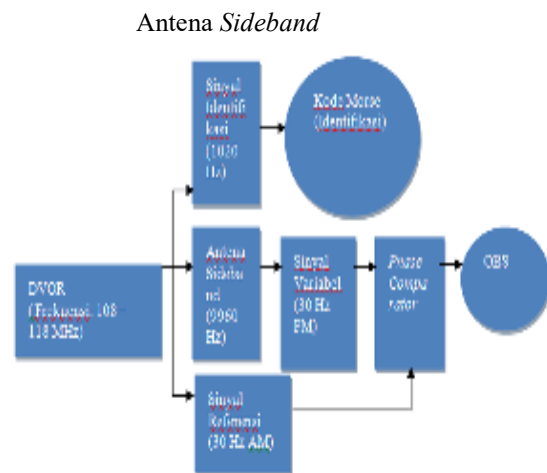
dengan sinyal *reference* untuk mendapatkan sinyal informasi. Sinyal variabel didapatkan dari pergeseran antena *sideband* sebesar 30 *cycle per second* (cps) yang mengakibatkan terjadinya efek *Doppler* pada antena *sideband*.

Adapun proses transmisi data yang terjadi antara antena pemancar DVOR dengan antena penerima yang ada pada pesawat adalah sebagai berikut:

1. Antena *carrier* DVOR akan mengirimkan sinyal informasi yaitu $f_c \pm 9960$ Hz akibat adanya efek Doppler.
2. Sinyal tersebut akan diterima oleh pesawat dan akan difilter berdasarkan frekuensi dan informasi yang diberikan.
3. Sinyal tersebut lalu akan disinkronisasi berdasarkan jenis informasinya, sinyal 1020 Hz akan diolah menjadi sinyal identifikasi berupa kode morse, sinyal 9960 Hz akan difilter kembali menjadi sinyal *variable* 30 Hz FM.
4. Setelah mendapatkan identifikasi kode morse dari bandara tujuan, maka pesawat akan mendapatkan azimuth buatan yang didapatkan dari perbandingan antara 30 Hz AM dengan 30 Hz FM.

4.2. Proses Pengolahan Data Pada Pesawat

Setelah data diolah melalui perhitungan yang mengakibatkan perubahan frekuensi pada 48 antena *sideband*, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa lebih lanjut proses pengolahan data pada pesawat. Dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini, blok diagram pemrosesan data pada pesawat.

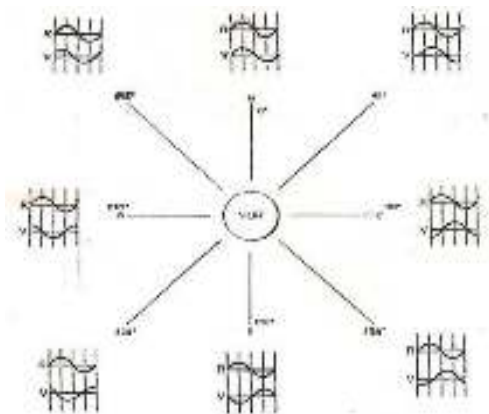


Gambar 3. Blok Diagram Pemrosesan Data Pada Pesawat

Pemrosesan data pada pesawat, yang akan menjadi panduan dalam menganalisa proses pemberian informasi arah buatan pada pesawat. Langkah pertama yang sudah dilakukan yaitu mencari frekuensi 48 antena *sideband* untuk mengetahui frekuensi masing - masing setiap antenna karena adanya efek *Doppler*. Langkah selanjutnya adalah mengelompokkan data untuk selanjutnya dipilih berdasarkan fungsinya. Adapun data yang ada adalah sebagai berikut:

1. Pada Frekuensi 1020 Hz
Merupakan Sinyal identifikasi yang ditumpangkan pada frekuensi *carrier*. Untuk menghasilkan sinyal identifikasi suatu bandara berupa kode morse.
2. Pada Frekuensi 30 Hz FM
Merupakan informasi yang dihasilkan oleh antena *sideband* yang ditumpangkan pada antena *carrier*, hasil dari frekuensi ± 9960 Hz yang disaring untuk menghasilkan 30 Hz FM sebagai sinyal variabel.
3. Pada Frekuensi 30 Hz AM
Merupakan sinyal referensi yang ditumpangkan pada sinyal *carrier*.

Setelah data-data tersebut diperoleh oleh pesawat pada antena penerima, maka proses selanjutnya adalah membandingkan sinyal referensi dengan sinyal variabel yang akan menghasilkan informasi sudut tertentu. *Azimuth* informasi buatan tersebut merupakan sudut suatu lingkaran 360° , yang dapat digambarkan menjadi 48 antena *sideband*, sehingga setiap antena mewakili $7,5^\circ$ dari 360° . Proses perbandingan sinyal *variabel* dan sinyal referensi dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini, perbandingan sinyal variabel dan referensi.



Gambar 4. Perbandingan sinyal variabel dan referensi

Proses perbandingan sinyal referensi 30 Hz AM dengan sinyal variabel 30 Hz FM yang akan menghasilkan informasi *azimuth* buatan 360° yang akan ditampilkan pada layar OBS. Bisa dilihat pada gambar 4.4 tersebut bahwa sinyal referensi akan selalu tetap, sedangkan sinyal variabel akan berubah sesuai dengan perubahan frekuensi yang terjadi pada 48 antena *sideband* akibat adanya efek *Doppler*.

Berdasarkan dari arah mendarat landasan pacu (*runway*) 23 dengan jarak 40 Nm (72 Km), sudut *azimuth/bearing* yang diarahkan oleh DVOR untuk menuju bandara yang tepat adalah 110° . Dengan frekuensi efek *doppler* antena *sideband* yang dipancarkan oleh DVOR adalah 112.209.950,09 Hz. Sehingga, sistem OBS pada pesawat akan menunjukkan arah *azimuth/bearing* 110° sebagai panduan arah bandara tujuan.

Berdasarkan dari arah mendarat landasan pacu (*runway*) 05 dengan jarak 40 Nm (72 Km), sudut *azimuth/bearing* yang diarahkan oleh DVOR untuk menuju bandara yang tepat adalah 191° . Dengan frekuensi efek *doppler* antena *sideband* yang dipancarkan oleh DVOR adalah 112.209.960,049 Hz. Sehingga, sistem OBS pada pesawat akan menunjukkan arah *azimuth / bearing* 191° sebagai panduan arah bandara tujuan.

Jenis Gangguan Frekuensi Yang Terjadi

Adapun gangguan yang terjadi pada proses pengiriman sinyal dari DVOR ke penerima (pesawat), yaitu :

1. Noise

Noise dapat diartikan sebagai sifat-sifat listrik banyaknya bentuk-bentuk energi yang tidak diinginkan, cenderung mengganggu pada penerima dan membentuk sinyal yang tidak digunakan karena banyak gangguan sifat listrik, maka menghasilkan noise pada penerima (pesawat).

2. Fading

Fading adalah perubahan amplitudo gelombang elektromagnetik yang diterima karena perubahan atmosfer.

Beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya *fading*, yaitu :

1. Perubahan redaman karena hujan.

2. Perubahan pengarahannya antena.

Dan akan menyebabkan proses pengiriman sinyal tidak sempurna kepada penerimanya.

3. Interferensi Frekuensi Radio

Interferensi frekuensi radio adalah sinyal pengganggu yang tidak diinginkan dimana frekuensinya berdekatan atau sama dengan frekuensi yang ada. Interferensi frekuensi radio ini sangat berbahaya bagi pesawat, dan akan menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat. Pesawat tersebut tidak dapat menerima sinyal informasi dari bandara.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Proses pengiriman sebuah informasi yang dipancarkan oleh DVOR ke pesawat menghasilkan frekuensi yang berbeda dikarenakan adanya efek *doppler* yang disebabkan oleh sudut datangnya pesawat.
2. Berdasarkan dari arah mendarat landasan pacu (*runway*) yang dipergunakan memiliki perbedaan sudut *azimuth / bearing* yang diterima oleh sistem OBS pada pesawat sebagai panduan menuju bandara yang tepat. Pada arah mendarat *runway* 23, frekuensi yang dipancarkan oleh DVOR adalah 112.209.950,09 Hz, sehingga sistem OBS di pesawat menghasilkan arah *azimuth / bearing* 110° untuk menuju bandara kualanamu. Sedangkan, pada arah mendarat *runway* 05, frekuensi yang dipancarkan oleh DVOR adalah 112.209.960,049 Hz sehingga

sistem OBS di pesawat menghasilkan arah *azimuth / bearing* 191° untuk menuju bandara kualanamu. Jenis gangguan yang terjadi pada proses pengiriman dan penerima yaitu : adanya *noise* yang dapat menyebabkan suara bising didalam radio frekuensi pada pesawat, terjadinya *fading* yang menyebabkan proses pengiriman sinyal tidak sempurna kepada penerimanya, dan adanya interferensi gelombang radio yang sama sehingga sangat berbahaya bagi pesawat, dan dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haryadi, Fasich. 2013, Analisis Perangkat Navigasi *Model 1150 Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR)* Untuk Memandu Pesawat Menuju Bandara Tujuan". Jurnal, Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Puwokerto, Purwokerto.
- [2] SELEX System Integrati Inc. March, 2007, *Manual Book Model 1150 Doppler Very High Omnirange (DVOR). Overland Park, USA.*
- [3] Utomo, Cahyo. 2013, *Doppler Very High Frequency Omni-directional Range 3(DVOR) AWAVRB51D Sebagai Salah Satu Alat Navigasi Udara Di Bandara Ahmad Yani Semarang.* Jurnal, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Wahyudi, Eka. 2013, Analisis Perangkat *Link Budget Antena Sideband Doppler Very High Omni-Directional Range (DVOR)* Pada Jalur Lintasan Penerbangan. Jurnal, STT Telematika Telkom Purwokerto, Purwokerto.
- [5] Yellu, Augustine D. 2013, *A Uniform Geometrical Theory of Diffraction Model of Very-High-Frequency Omni-directional Range Systems for Improved Accuracy.* Thesis, Ohio University, Ohio, USA.