

# **ALGORITMA DETEKSI FREKUENSI DTMF MENGGUNAKAN KORELASI SILANG UNTUK TELEKOMANDO WAHANA TERBANG (DTMF FREQUENCY DETECTION ALGORITHM USING CROSS- CORRELATION FOR VEHICLE TELECOMMAND)**

**Sri Kliwati**

Pusat Teknologi Roket

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Raya LAPAN No. 2, Mekar Sari, Rumpin, Bogor 16350 Indonesia

e-mail : sri.kliwati@lapan.go.id

Diterima 6 Oktober 2015; Direvisi 28 Mei 2016; Disetujui 24 Juni 2016

## **ABSTRACT**

In general, the frequency DTMF detection algorithm using FFT (Fast Fourier Transform) and Goertzel Algorithm. However, in certain circumstances a more suitable signal detected by the other algorithms. For example in a non-periodic signal as the measurement sensors for flight vehicle. The purpose of this study is to develop a system telecommand for flight vehicle. And this paper discusses the frequency DTMF (Dual Tone Multi Frequency) detection method using cross correlation algorithm and data-base DTMF. The simulation results show the frequency detection successfully carried out in accordance with the accuracy of the data-base created (1 Hz) to change the frequency of zero to 1700 Hz (DTMF frequency limit).

Keywords: *Frequency, DTMF, Detection of cross-correlation*

## ABSTRAK

Deteksi frekuensi DTMF secara umum menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) dan Goertzel Algorithm. Akan tetapi pada kondisi tertentu sebuah sinyal lebih cocok dideteksi dengan algoritma yang lain. Misalnya pada sinyal yang non-periodik seperti pada pengukuran sensor-sensor wahana terbang. Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem telekomando untuk wahana terbang. Dan tulisan ini membahas metode deteksi frekuensi *Dual Tone Multi Frequency* (DTMF) dengan menggunakan algoritma korelasi silang dan data-base DTMF. Hasil simulasi menunjukkan deteksi frekuensi berhasil dilakukan sesuai dengan akurasi *database* yang dibuat (1 Hz) untuk perubahan frekuensi antara nol hingga 1700 Hz (batas frekuensi DTMF).

Kata kunci: *Frekuensi, DTMF, Deteksi korelasi silang*

### 1 PENDAHULUAN

Deteksi frekuensi sinyal merupakan pemrosesan baik secara analog maupun secara digital untuk berbagai aplikasi seperti pada telekomunikasi, telemetri, kode keamanan, dan remote kontrol. Metode *Fast Fourier Transform* (FFT) digunakan dalam berbagai instrumentasi seperti sistem *Doppler* untuk *tracking* roket dan kendaraan, sistem radar untuk *tracking* wahana dan *atmosphere*. Untuk instrumentasi seperti deteksi *Dual Tone Multi Frequency* (DTMF) tertentu memerlukan algoritma alternatif untuk mendeteksi bentuk signal dari suatu obyek yang akan dicari. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem telekomando untuk wahana terbang. Sistem telekomando yang dimaksud bisa digunakan untuk mengontrol wahana terbang sesuai dengan yang diinginkan. Kegunaan dari sistem ini antara lain banyak diaplikasikan pada sistem radar, *Flight Termination System* (FTS), maupun untuk komunikasi digital. Dewasa ini telah berkembang berbagai algoritma yang bisa digunakan untuk mengontrol wahana terbang. Salah satu algoritma deteksi sinyal adalah korelasi-silang atau *cross-correlation* [Kliwati, 2015; Belmont, 1997; Jun, 2015; Daniel, 2015; Raghavender, 2014]. Untuk itu, pada tulisan ini pembahasan dibatasi pada algoritma deteksi frekuensi DTMF menggunakan korelasi silang (*cross correlation*). Keakuratan perhitungan dengan menggunakan algoritma ini

berbanding lurus dengan waktu pemrosesannya. Semakin akurat hasil yang didapatkan, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk memproses. Namun algoritma ini perlu dicoba untuk mengetahui performanya. Adapun algoritma deteksi frekuensi DTMF menggunakan korelasi silang untuk telekomando belum pernah diujicobakan atau diimplementasikan pada roket LAPAN. Selama ini sensor yang dipasang pada roket adalah antara lain GPS dan *accelerometer*, untuk mengetahui ketinggian, kecepatan, dan percepatan roket. Dengan menggunakan algoritma deteksi frekuensi DTMF menggunakan korelasi silang ini, diharapkan dapat membangun sistem telekomando untuk roket.

Pembahasan pada tulisan ini terbatas pada penggunaan korelasi silang untuk mendeteksi frekuensi DTMF yang masuk ke *onboard* prosesor wahana terbang.

Sinyal DTMF ini banyak diaplikasikan pada komunikasi telepon, pengiriman data digital, pengiriman data rahasia dan lain-lain dengan kondisi penggunaan perangkat keras yang berbeda-beda. Algoritma korelasi-silang ini banyak diaplikasikan untuk berbagai bidang deteksi sinyal, seperti pada bidang pasif radar untuk deteksi jarak obyek [Jun, 2015], bidang sistem *Doppler* untuk deteksi kecepatan obyek [Daniel, 2015], dan untuk *image processing* untuk deteksi obyek [Hari, 2014]. Selain itu juga menggunakan

algoritma Goertzel untuk deteksi sinyal tersebut [Nagakishore, 2014]. Akan tetapi algoritma untuk deteksi frekuensi sinyal DTMF tanpa menggunakan algoritma FFT belum berkembang pesat, untuk aplikasi tertentu sangat diperlukan. Penelitian pemrosesan sinyal tersebut masih terus dilanjutkan sesuai dengan kondisi perangkat keras maupun perangkat lunak yang akan digunakan. Metode deteksi frekuensi berbasis korelasi-silang ini dapat dikembangkan untuk berbagai aplikasi karena algoritma FFT cukup memerlukan memori dan kecepatan prosesor PC. Selain itu dapat digunakan untuk deteksi sinyal-sinyal yang lain yang mirip kegunaannya, seperti algoritma *neural networks* yang juga mempunyai fungsi yang sama [Yu, 1993].

Tulisan ini menyajikan pembahasan metode korelasi silang untuk deteksi frekuensi sinyal gelombang *Dual Tone Multi Frequency* (DTMF) dengan menggunakan data-base sinyal dengan frekuensi kombinasi 2 buah sinyal sinus. Algoritma korelasi-silang ini orisinal untuk aplikasi deteksi sinyal DTMF. Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab, selain mudah diimplementasikan juga fungsi-fungsi pada *software* ini sangat membantu baik untuk tampilan grafik dan juga *input* data secara analog maupun secara digital. Akan tetapi pada percobaan kali ini semua dilakukan secara simulasi. Metode ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya, sehingga mempunyai orisinalitas algoritma.

## 2 METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu sistem telekomando untuk wahana terbang. Dengan adanya telekomando, maka wahana terbang bisa melaksanakan perintah yang dikirim dari *ground station*. Pembahasan pada makalah ini, sinyal yang dikirim berupa sinyal DTMF. Sedangkan untuk mendeteksi sinyal DTMF pada tulisan ini

menggunakan metode korelasi silang. Metode ini juga banyak diaplikasikan pada radar dan komunikasi digital. Fungsi korelasi ini digunakan untuk menentukan kemiripan/kesamaan antara dua buah sinyal. Pada radar, fungsi korelasi ini digunakan untuk menentukan posisi obyek yang terdeteksi.

Dalam bidang sinyal prosesing algoritma korelasi silang digunakan untuk mengukur kesamaan antara dua bentuk gelombang seperti  $f(t)$  dan  $g(t)$  yang dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut.

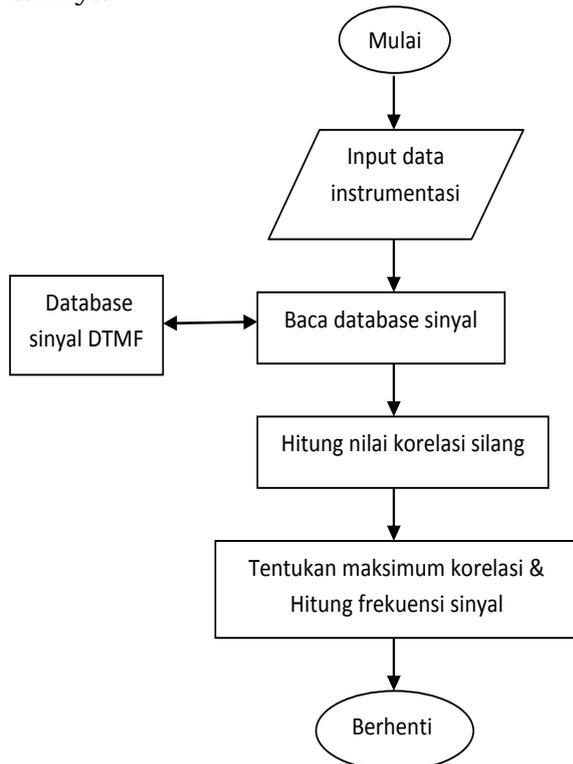
$$C(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)g(t + \tau)d\tau \tag{2-1}$$

Semakin mirip maka nilai pada persamaan (2-1) akan semakin besar, sebaliknya akan semakin kecil jika jauh dari kemiripan. Fungsi pada Matlab dapat menggunakan fungsi ***xcoor(f,g)***. Untuk membandingkan kemiripan dua buah sinyal dapat menggunakan *normalized cross correlation* NCC supaya nilainya tidak menjadi besar, tetapi antara -1 sampai dengan +1 dengan menggunakan persamaan berikut [Kliwati, 2015].

$$-1 \leq \bar{C}(t) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} f(t)g(t + \tau)d\tau}{\sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)^2 d\tau \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau)^2 d\tau}} \leq +1 \tag{2-2}$$

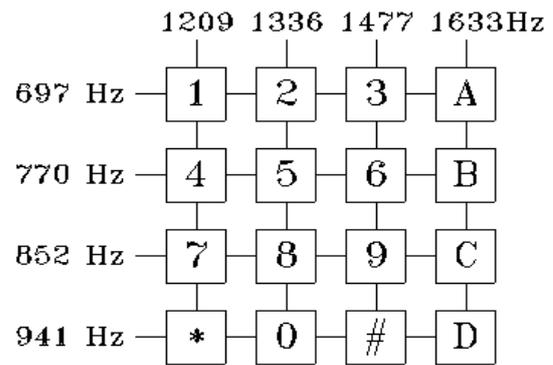
Secara praktek jika nilai NCC lebih dari 0,8 maka sudah dapat disebut kemiripannya cukup tinggi. Jika nilai mendekati nol, maka kedua sinyal tersebut semakin tidak mirip. Fungsi pada Matlab yang dapat digunakan adalah ***xcov(f,g,'coeff')***. Algoritma deteksi sinyal DTMF adalah seperti pada Gambar 2-1. Mula-mula PC akan menerima sinyal DTMF dari instrumen (misal sinyal radio dan telepon) secara analog. Kemudian, membaca *database* sinyal sinus dengan frekuensi pada batas frekuensi sinyal DTMF. Kemudian, sinyal yang diterima tersebut dihitung korelasi silang dengan semua data base tersebut. Jika nilai korelasi lebih dari

0,8, maka ditentukan sebagai frekuensi yang dideteksi. Proses tersebut diulang-ulang hingga sinyal yang diterima selesai. Algoritma yang telah dijelaskan di atas dapat digunakan untuk mendeteksi frekuensi sinyal DTMF secara umum. Metode tersebut juga dapat digunakan untuk mendeteksi bentuk-bentuk sinyal secara umum (selain gelombang sinus), sehingga secara luas dapat dimanfaatkan untuk sistem instrumen lainnya.



Gambar 2-1: Alur deteksi frekuensi sinyal DTMF berbasis algoritma korelasi silang

Data dua buah sinyal untuk kombinasi DTMF dapat dilihat pada Gambar 2-2. Misalnya, angka '1' merupakan kombinasi sinyal frekuensi 697 Hz dan 1209 Hz. Angka '2' adalah dengan frekuensi 697 Hz dengan 1336 Hz. Demikian selanjutnya, selain angka dari '0' hingga '9', juga huruf 'A', 'B', 'C' dan 'D'. Minimum frekuensi yang digunakan adalah 697 Hz dan maksimum frekuensi yang digunakan adalah 1633 Hz.



Gambar 2-2: Kombinasi frekuensi sinus untuk DTMF

Oleh karena itu data base sinyal sinus dimulai dari frekuensi 500 Hz hingga 1700 Hz dengan cacahan frekuensi 1 Hz. Batas frekuensi ini relatif rendah untuk dapat digunakan pada komunikasi secara umum seperti radio dan telepon. Simulasi deteksi sinyal DTMF ini menggunakan *software* Matlab dengan sebuah PC. *Database* dan sinyal DTMF dibuat pada Matlab dan digunakan untuk proses simulasi. Beberapa contoh sinyal sebagai bahan simulasi dengan angka dan huruf.

Untuk membuat *database* sinyal sinus, maka dengan menggunakan *software* Matlab dapat dengan mudah dilakukan seperti pada Gambar 2-3. Frekuensi antara 500-1700 Hz cukup untuk sinyal DTMF dengan cacahan frekuensi 1 Hz.

```

9      % data-base sinyal sinus 1 - 1700 Hz-
10     m=0;
11     for n=500:1:1700
12         m=m+1;
13         data(:,m) = sin(2*pi*(n)*t);
14     end
  
```

Gambar 2-3: *Database* sinyal sinus 500 Hz hingga 1700 Hz dengan *software* Matlab

Untuk deteksi sinyal DTMF, maka dengan algoritma korelasi silang dapat dengan mudah dilakukan seperti pada Gambar 2-4.

```

20 % deteksi signal DTMF-----
21 for nn=1:m
22 [C,LAGS] = xcov(data(:,nn),DTMF,'coeff');
23 Cm(nn)=max(C);
24 end
25 [m,nn]=max(Cm) ; % nilai puncak korelasi
26 frekd = nn/10 ; % find frekuensi signal
27 -----
    
```

Gambar 2-4: Deteksi frekuensi DTMF dengan software Matlab

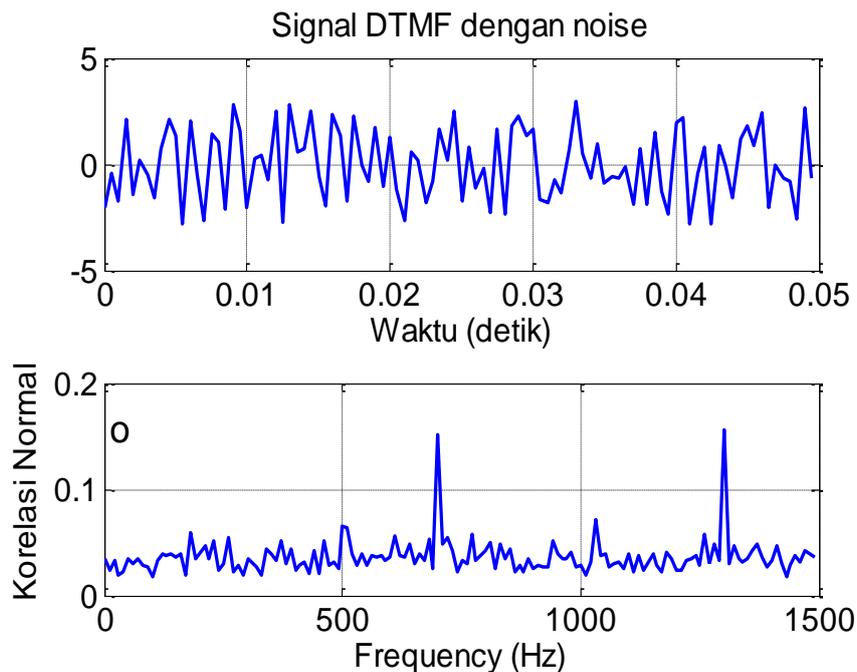
Dengan menggunakan algoritma yang telah dijelaskan secara rinci dan implementasi pada software Matlab di atas, maka simulasi sudah dapat dilakukan untuk deteksi sinyal DTMF berbasis korelasi silang.

### 3 HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

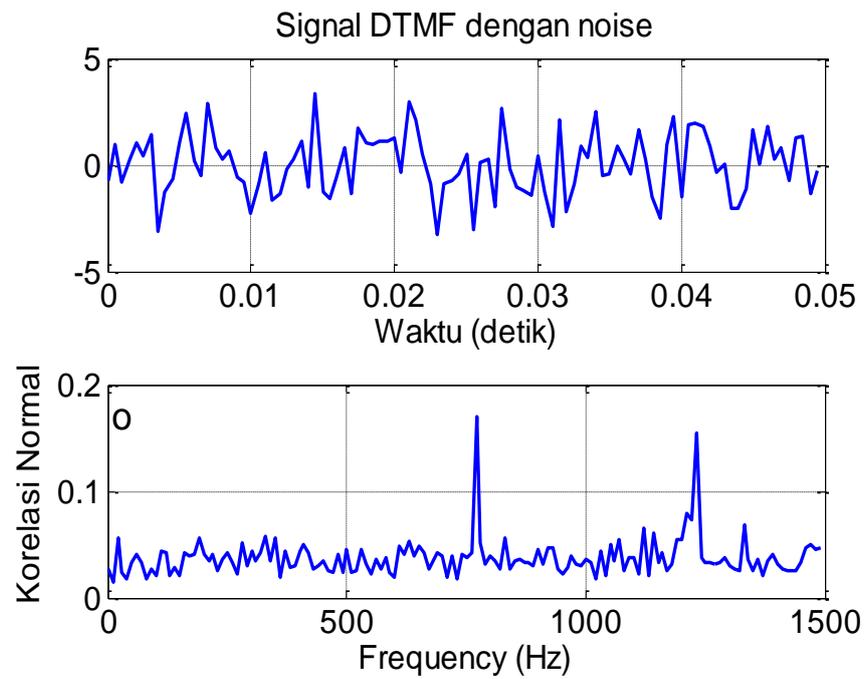
Algoritma yang telah dikembangkan di atas akan dilakukan verifikasi dengan menggunakan percobaan berbasis simulasi pada PC. Mula-mula yang dilakukan adalah dengan membuat database sinyal sinus dengan rentang frekuensi yang mencukupi sinyal DTMF yaitu antara 1 Hz hingga 1700 Hz. Simulasi ini menggunakan software Matlab dengan membuat sinyal DTMF yang dicampur dengan dengan sinyal derau. Besaran sinyal

derau cukup besar dengan perbandingan satu banding satu. Contoh sinyal dengan kode angka /1/ adalah seperti terlihat pada Gambar 3-1 bagian atas. Sedangkan hasil deteksi sinyal secara bersamaan adalah seperti pada Gambar 3-1 bagian bawah. Frekuensi yang terdeteksi adalah sekitar 697 Hz dan 1209 Hz sesuai dengan tabel kode DTMF pada Gambar 2-2.

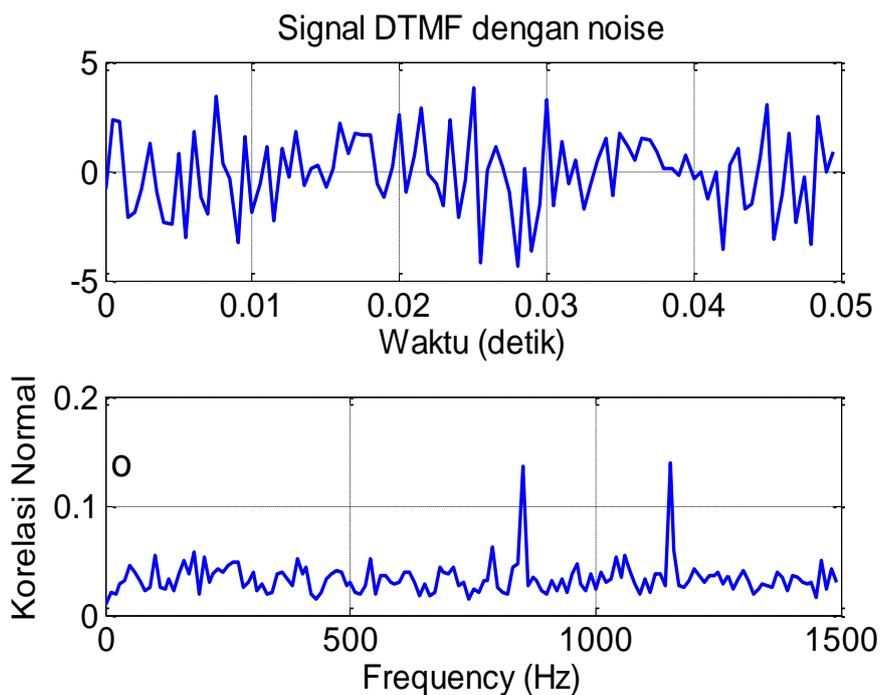
Contoh sinyal kode berikutnya adalah angka /4/ adalah seperti terlihat pada Gambar 3-2 bagian atas. Sedangkan hasil deteksi sinyal secara bersamaan adalah seperti pada gambar 3-2 bagian bawah. Frekuensi yang terdeteksi adalah sekitar 770 Hz dan 1209 Hz sesuai dengan tabel kode DTMF pada Gambar 2-2. Dari kedua contoh simulasi tersebut, algoritma yang digunakan berhasil untuk mendeteksi sinyal kode DTMF. Contoh lain dengan frekuensi yang lebih tinggi adalah dengan sinyal kode /7/ yaitu dengan frekuensi 852 Hz dan 1209 Hz seperti terlihat pada Gambar 3-3. Hasil deteksi frekuensi terlihat berhasil seperti pada Gambar 3-3 bagian bawah.



Gambar 3-1: Kombinasi frekuensi sinus untuk DTMF /1/



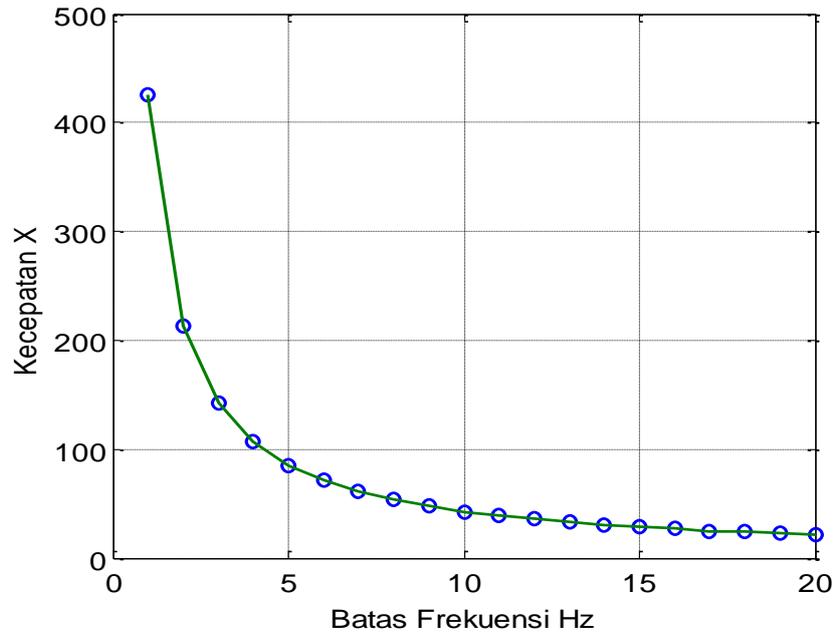
Gambar 3-2: Kombinasi frekuensi sinus untuk DTMF /4/



Gambar 3-3: Kombinasi frekuensi sinus untuk DTMF /7/

Analisis kemampuan untuk deteksi frekuensi dengan derau yang lebih variatif seperti pada literatur [Kliwati, 2015], dan terbukti tahan terhadap gangguan sinyal derau yang lebih tinggi. Untuk mempersingkat waktu hitung, khusus untuk deteksi sinyal DTMF ini tidak perlu menggunakan *database* yang lengkap, tetapi cukup menggunakan *database* sinyal dengan

batas frekuensi pada frekuensi yang digunakan oleh DTMF, yaitu 8 buah frekuensi dengan batas perubahan  $\pm 5$  Hz (untukantisipasi pergeseran frekuensi). Dengan penggunaan *database* yang sedikit, maka waktu untuk perhitungan menjadi lebih cepat (21,25x) dan sesuai untuk aplikasi *onboard*, seperti untuk wahana terbang (roket, UAV *Unmanned Aerial Vehicle*, dan robotika).



Gambar 3-4: Hubungan kecepatan perhitungan dengan batas frekuensi *database*.

Hubungan antara kecepatan perhitungan dengan batas frekuensi *database* untuk DTMF dapat dilihat pada Gambar 3-4. Semakin sempit batasnya akan semakin cepat perhitungannya, tetapi akurasi dapat terganggu jika ada pergeseran frekuensi akibat dari gangguan derau. Sebaliknya semakin lebar akan semakin lambat kecepataannya, tetapi tahan terhadap gangguan perubahan frekuensi. Oleh karena itu batas ini disesuaikan dengan kebutuhan.

**4 KESIMPULAN**

Telah dibuat metode deteksi frekuensi DTMF dengan menggunakan algoritma korelasi silang dengan *database* frekuensi 1 Hz untuk rentang frekuensi hingga 1700 Hz. Parameter akurasi frekuensi dan batas rentang frekuensi dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan aplikasi riil (1 Hz untuk percobaan kali ini). Metode ini selain untuk deteksi frekuensi juga dapat diaplikasikan untuk deteksi bentuk gelombang lainnya yang sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang seperti medis, kontrol, dan lain-lain. Kecepatan hitung frekuensi dapat dipercepat (21,25x lebih cepat) dengan membatasi jumlah *database* sinyal sinus

sesuai dengan frekuensi DTMF (8 buah frekuensi dengan batas  $\pm 5\text{Hz}$ ).

Algoritma deteksi frekuensi DTMF menggunakan korelasi silang berpotensi untuk membangun suatu sistem telekomando wahana terbang (roket) di LAPAN. Untuk selanjutnya dapat dikembangkan berbagai perintah untuk mengendalikan roket sesuai dengan misinya.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Saya ucapkan terimakasih kepada Pustekroket yang telah memberikan fasilitas, dan bantuan diskusi ide dan teknis dari sesama peneliti, dosen, dan rekan-rekan yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

**DAFTAR RUJUKAN**

Chao-Ping Chu, Li-Te Shen, Shaw-Hwa Hwang 2014. *A New Algorithm for Tone Detection*, AASRI Conference on Sports Engineering and Computer Science Volume 8, 2014, 118-122.

Daniel R. Cadel, K. Todd Lowe, 2015. *Cross-correlation Doppler Global Velocimetry (CC-DGV)*, Optics and Lasers in Engineering, Volume 71, August, 51-61.

- Hari Mohan Rai, 2013. *ECG Signal Processing for Abnormalities Detection using Multi-Resolution Wavelet Transform and Artificial Neural Network Classifier*, Measurement Volume 46, Issue 9, November, 3238–3246.
- Hideyuki Kato, Miguel C. Soriano, Ernesto Pereda, Ingo Fischer, and Claudio R., Mirasso, 2013. *Limits to Detection of Generalized Synchronization in Delay-Coupled Chaotic Oscillators*, Phys. Rev. E 88, 062924 – Published 26 December.
- Jun Liu, Hongbin Li, Braham Himed, 2015. *On the Performance of the Cross-correlation Detector for Passive Radar Applications*, Signal Processing, Volume 113, August, 32-37.
- Jun Ye, 2003. *An Improved Cross-Correlation based Method of Blind Source Separation in Frequency Domain*, IEEE 2003 International Conference on Neural Networks & Signal Processing Publication Year: 2003 , Page(s): 867.
- M. R. Belmont and A. J. Hotchkiss, 1997. *Generalized Cross-Correlation Functions for Engineering Applications, Part I: Basic Theory*, J. Appl. Mech 64(2), 321-326 (Jun 01, 1997) (6 pages) doi: 10.1115/1.2787310
- M. R. Belmont, A. J. Hotchkiss, S. J. Maskell and E. L. Morris, 1997. *Generalized Cross-Correlation, Part II: Discretization of Generalized Cross-Correlation and Progress to Date in Its Implementation*, J. Appl. Mech 64(2), 327-335 (Jun 01, 1997) (9 pages) doi:10.1115/1.2787311
- Ming HUANG, 2011. *A Novel Cross-Correlation Algorithm Based on the Weighted Average for IEEE 802.11N Symbol Synchronization*, Journal of Information & Computational Science 8: 16 4255–4263.
- S Nagakishore Bhavanam, 2014. *Goertzel Algorithm Based DTMF Detection*, American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics AIJRSTEM 14-307;, AIJRSTEM 6-12.
- Sri Kliwati, 2015. *Deteksi Frekuensi Gelombang Sinus Menggunakan Algoritma Korelasi Silang*, ISAST 2015 Bali Indonesia.
- Y.Raghavender Rao, 2014. *Application of Normalized Cross Correlation to Image Registration*, International Journal of Research in Engineering and Technology Volume: 03 Special Issue: 05 May.
- Yu Hen Hu, 1993. *Applications of Artificial Neural Networks for ECG Signal Detection and Classification*, Journal of Electrocardiology (Impact Factor: 1.36); 26 Suppl:66-73.
- Zhijun WU, Yi CUI, Meng YUE, Lan MA, Lu WANG, 2014. *Cross-correlation Based Synchronization Mechanism of LDDoS Attacks*, Journal of Networks, Vol 9, No 3 (2014), 604-611, Mach doi: 10.4304/jnw.9.3.604-611.