

Rancang Bangun Aplikasi Pendeteksi Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler*

Philipus Novenando M Weking^{a1}, I Putu Agung Bayupati^{a2}, I Nyoman Piarsa^{a3}

^aProgram Studi Teknologi Informasi Universitas Udayana
Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia, telp. (0361) 701806

¹wekingevan17@gmail.com

²bayuhelix@yahoo.com

³manpits@unud.ac.id

Abstrak

Bumi memiliki fenomena yang dapat dilihat secara langsung oleh makhluk hidup namun terdapat juga perubahan aktivitas bumi pada suatu waktu tertentu yang tidak biasa dilihat oleh manusia. Fenomena tersebut terdapat pada lapisan udara bumi atau atmosfer dimana salah satunya adalah *Lightning Whistler*. *Lightning Whistler* merupakan bentuk gelombang elektromagnetik yang terdengar dalam bentuk suara seperti siulan sesaat setelah kilat berlangsung pada lapisan magnetosfer dan ionosfer. Gelombang siulan yang merambat pada frekuensi radio disebut *whistler wave*. Aplikasi Pendeteksi Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler* yang dikembangkan pada penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan memperoleh titik koordinat *whistler wave*. Deteksi *Lightning Whistler* dilakukan melalui penerapan metode *Short Time Fourier Transform (STFT)*, *image processing*, dan *morphology image*. Metode *STFT* bertujuan untuk melakukan konversi data audio menjadi citra spektogram. *Image processing* diterapkan pada citra spektogram untuk menghilangkan noise. Proses *morphology image* diterapkan pada hasil *image processing* bertujuan untuk mempertebal sinyal gelombang *whistler* sehingga mempermudah melakukan pendeteksian titik koordinat yang dilakukan pada proses akhir. Aplikasi ini mampu mendeteksi titik koordinat dari sinyal *whistler wave* berupa informasi lokasi titik koordinat sinyal yang dimunculkan dan jumlah sinyal yang terdeteksi berdasarkan periode dan waktu.

Kata kunci: *Lightning Whistler*, *Whistler Wave*, *STFT*, *Image Processing*.

Abstract

Unusual activities of earth can be seen by human on a certain time caused by some earth activities change. One of them is the phenomena on atmosphere namely *Lightning Whistler*. *Lightning Whistler* is an electromagnetic wave that happens after a lighting on the magnetosphere and ionosphere, where a sound like a whistle is produced. This wave that traverse on radio frequency is called as *whistler wave*. This research proposed an application for detecting the frequency coordinate of a lightning whistler. The proposed application used *STFT*, *image processing*, and *morphology image*. *STFT* method is used to convert audio data into spectrogram image data. Afterwards, spectrogram image is processed by using *image processing* method to reduce noise. Finally, *morphology image* method is implemented to thicken the *whistler wave* signal to simplify the detection of coordinate. The proposed application can detect coordinate of a *whistler wave* signal, in the form of coordinate location, and the number of detected signal, based on time and period.

Keywords: *Lightning Whistler*, *Whistler Wave*, *STFT*, *Image Processing*

1. Pendahuluan

Bumi memiliki lapisan yang berguna dalam kehidupan manusia yang sering disebut dengan lapisan atmosfer. Beberapa aktivitas bumi terjadi di dalam atmosfer. Aktivitas bumi dapat mengalami perubahan sehingga muncul aktivitas baru yang tidak biasa dilihat maupun didengar manusia. Aktivitas ini disebut fenomena, Salah satu fenomena yang muncul dalam lapisan atmosfer adalah fenomena *whistler*. *Whistler* adalah sebuah metode perambatan yang berasal

dari suara kilat atau *lightning* untuk gelombang frekuensi rendah dengan jarak 3-30 kHz. Gelombang *whistler* merambat dari pemisahan gelombang kilat jauh ke dalam Magnetosfer dan menyatukan energi dari atmosfer ke Magnetosfer melalui media terionisasi yang tertanam di bidang geomagnetik sehingga menyebar dan dapat membentuk gelombang *whistler* dalam bentuk spektrogram (spektrum dinamis dalam *frequency time domain*) yang dapat diperoleh. *Whistler wave* merambat sepanjang garis medan magnet dipolar yang berinteraksi dengan elektron energik dan memancarkan gelombang dari sabuk radiasi Van Allen ke atmosfer. Elektron energik menghasilkan ionisasi tambahan pada *D-region* dan memodifikasi listrik konduktivitas atmosfer [1].

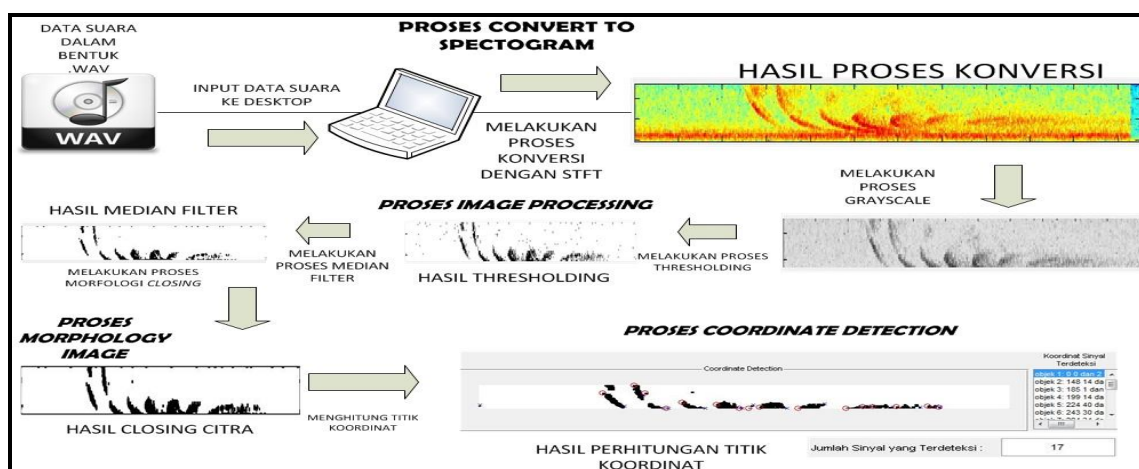
Komposisi dari gelombang *lightning whistler* terdiri dari *Geomagnetic Storms* yang muncul akibat gangguan geomagnetik dimana *magnetic field* dari bumi bertabrakan dengan *magnetic field* lain yang ada pada lapisan bumi, contohnya *solar flare*. Komposisi yang kedua adalah *whistler* atau bunyi siulan yang dihasilkan pada lapisan Magnetosfer. Komposisi yang ketiga adalah *Geomagnetic Signals* adalah sebuah kumpulan energi yang masuk akibat efek geomagnetik bumi ke dalam lapisan magnetosfer dan menghasilkan sinyal yang dapat ditangkap oleh radio berdasarkan tingkat radiusnya [2].

Data dari gelombang *lightning whistler* diteliti untuk mendapatkan data yang diperlukan berupa informasi mengingat penelitian terhadap *whistler* sedikit jumlahnya, maka diperlukan sebuah aplikasi yang dapat menampilkan informasi mengenai *whistler*, salah satunya adalah menampilkan informasi titik koordinat dari data *whistler*. Aplikasi yang dirancang mampu menghitung titik koordinat awal dan akhir dari data sinyal suara *whistler* berdasarkan periode dan waktu. Perancangan aplikasi menggunakan metode STFT sebagai media konversi data *whistler*. *Image Processing* digunakan untuk melakukan proses pengolahan citra *spectrogram*. *Morphology Image* digunakan untuk mendapatkan data sinyal *whistler* menjadi lebih jelas sehingga mempermudah pendeteksian titik koordinat.

2. Metodologi Penelitian

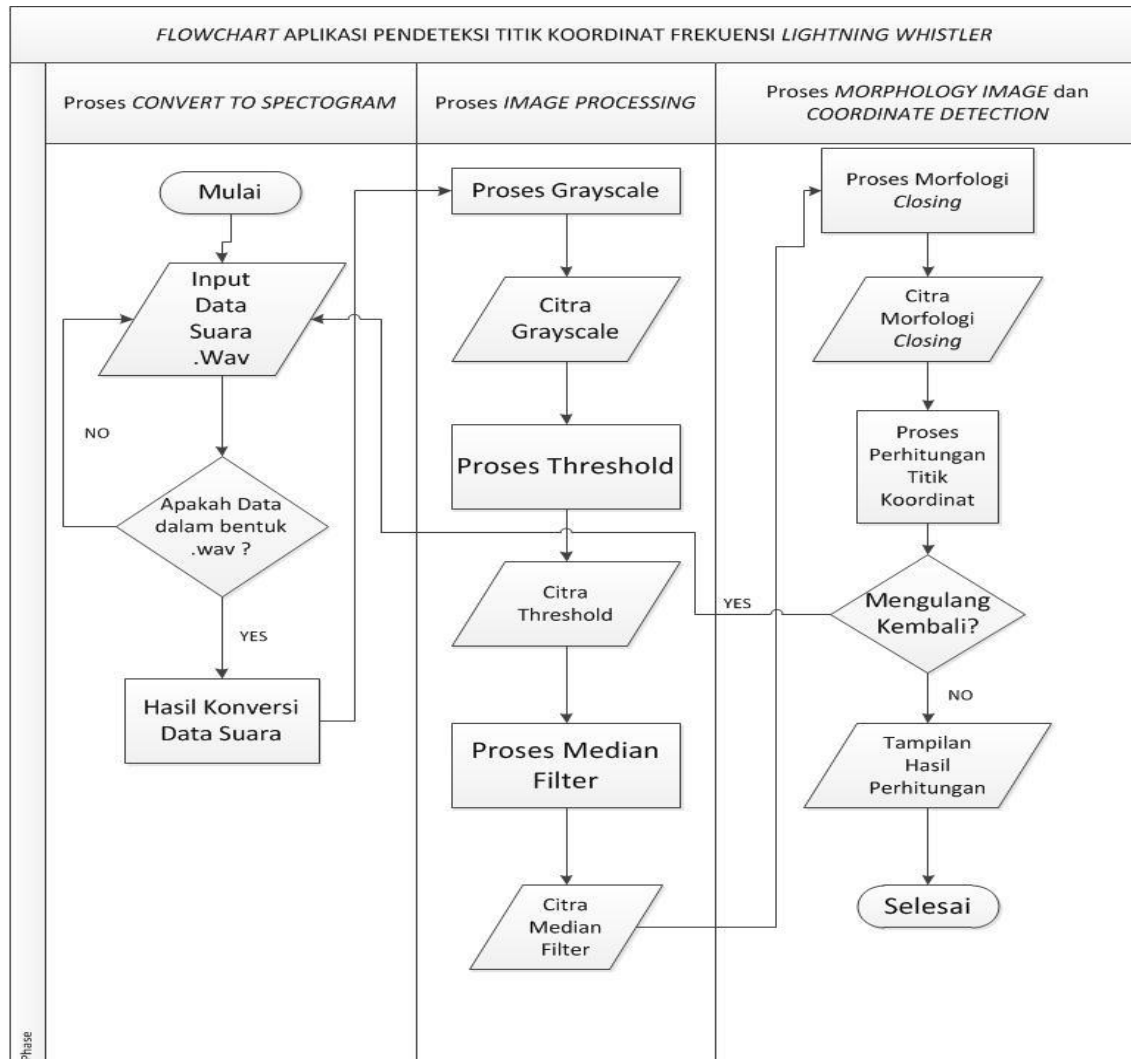
Tahap-tahap yang dilakukan untuk mendapatkan *output* dari aplikasi ini adalah sebagai berikut :

- a. Tahap Pengumpulan Data
Tahap Pengumpulan Data membahas jenis data yang digunakan dalam aplikasi. Data yang digunakan untuk menjalankan aplikasi adalah data audio *whistler* dalam format .wav. Data *whistler* tersebut dapat diunduh di internet.
- b. Tahap Perancangan Gambaran Umum Sistem dan *Flowchart* Aplikasi
Tahap Perancangan Gambaran Umum Sistem dan *Flowchart* Aplikasi menjelaskan bagaimana bentuk Gambaran Umum Sistem beserta alur *flowchart* yang digunakan dalam aplikasi. Bentuk gambaran umum sistem yang digunakan aplikasi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem pada Gambar 1 menjelaskan bahwa proses aplikasi dimulai dengan melakukan *input* data audio ke dalam aplikasi. Data audio tersebut kemudian dikonversi dengan menggunakan metode STFT hingga hasilnya keluar pada aplikasi. Proses *image processing* dilakukan pada citra hasil konversi, dimulai dari proses *grayscale*, *thresholding*, dan *median filter*. Proses selanjutnya adalah melakukan proses *morphology image* dengan metode *closing*. Perhitungan titik koordinatnya kemudian dilakukan setelah citra hasil proses *morphology image* diperoleh. Alur bagaimana jalannya aplikasi dituangkan dalam bentuk *flowchart* atau alur data aplikasi.

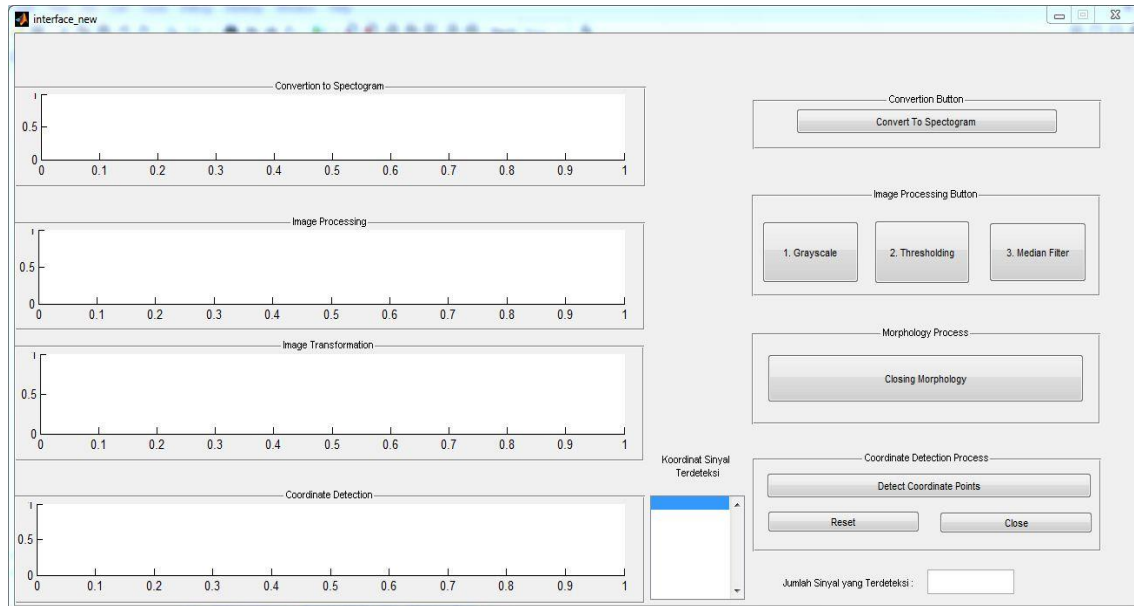


Gambar 2. Flowchart Aplikasi

Flowchart pada Gambar 2 menunjukkan alur proses aplikasi secara spesifik bagaimana aplikasi dapat berjalan. Alur dimulai dengan melakukan *input* data audio *whistler* kemudian dilakukan pengecekan apakah data yang dimasukkan dalam format *.wav*, jika salah maka harus memulai *input* ulang data dan jika benar maka dilanjutkan dengan melakukan konversi data sampai mendapatkan hasil. Alur dilanjutkan ke proses *image processing* dimana proses ini dilakukan secara berurutan dimulai dengan melakukan proses *grayscale*, *thresholding*, dan *median filter*. Hasil dari *image processing* dilanjutkan ke proses *morphology image* menggunakan metode *closing* dengan hasil citra yang lebih mudah dideteksi sinyalnya. Alur berlanjut ke proses deteksi perhitungan titik koordinat untuk mendapatkan hasil lokasi titik koordinat.

c. Perancangan *Interface* Aplikasi

Tahap ini menjelaskan pembuatan rancangan *interface* pada aplikasi. *Interface* pada aplikasi ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan *Interface* Aplikasi

Tampilan *interface* pada Gambar 3 merupakan tampilan yang memiliki 4 proses utama dimana proses utama tersebut meliputi proses *Conversion*, *Image Processing*, *Morphology Process*, dan *Coordinate Detection Process*. Proses *Conversion* merupakan proses konversi data audio menjadi bentuk citra *spectrogram*. Proses *Image Processing Button* merupakan proses pada data citra *spectrogram* dengan *output* hasil adalah dalam bentuk citra biner. Proses *Morphology Process* adalah untuk mendapatkan citra hasil dengan penebalan sinyal yang lebih detail. Proses *Coordinate Detection Points* adalah proses yang bertujuan melakukan hitungan titik koordinat sehingga menampilkan informasi mengenai sinyal yang dideteksi.

3. Kajian Pustaka

3.1. *State of the Art*

State of the Art menjelaskan penelitian sebelumnya dan membandingkan dengan penelitian yang dilakukan saat ini. Penelitian yang dilakukan oleh V.S. Sonwalkar dengan judul *Whistler-Mode Wave-Injection Experiments In The Plasmasphere With A Radio Sounder* menyatakan bahwa dalam melakukan proses injeksi gelombang *whistler*, komposisi dari gelombang frekuensi *lightning whistler* dapat diolah dari tipe VLF (*very low frequency*). VLF (*very low frequency*) adalah tipe gelombang yang memiliki frekuensi antara 3Hz-30Hz sehingga *lightning whistler* dikategorikan dalam tipe VLF. Tipe VLF digunakan untuk mencari gelombang injeksi dari *lightning whistler* melalui lapisan *plasmasphere* dalam penelitian injeksi *lightning whistler* menggunakan penguat suara radio. Penelitian tersebut menggunakan antena radio sebagai sarana untuk penyaluran gelombang *lightning whistler* dalam lapisan *Plasmasphere*. Hasil dari penelitian mampu melakukan *input* suara *whistler* melalui antena radio dengan metode injeksi sehingga mendapatkan data *whistler* berupa suara [3].

Setya Darma dalam penelitiannya yang berjudul *Automatic Lightning Whistler Detection Using Connected Component Labeling Method* menjelaskan bahwa data *Lightning Whistler* memiliki beberapa jenis gelombang sinyal yang terdeteksi berdasarkan periode waktu tertentu. Gelombang sinyal kemudian diproses dengan melakukan deteksi jumlah sinyal *whistler* beserta pola gelombang *whistler* menggunakan citra dengan metode *image processing*, Penelitian ini

telah berhasil melakukan perhitungan deteksi gelombang *whistler* menggunakan data citra *spectrogram* [4].

Penelitian yang telah dilakukan oleh V.S. Sonwalkar terbatas pada penggunaan data *whistler* ke radio melalui proses injeksi, data yang dihasilkan hanya data suara saja, sedangkan Setya Darma pada penelitiannya terbatas pada menghitung jumlah sinyal *whistler* yang terdeteksi dari citra *spectrogram* yang sudah ada.

3.2. Whistler Wave

Whistler wave adalah gelombang elektromagnetik yang merambat melalui atmosfer terkadang terdeteksi oleh *audio* sensitif *amplifier* sebagai pengukuran tinggi rendahnya suara. Proses dari gelombang siulan terakhir berkisar rentang waktu setengah detik, dan mereka dapat diulang secara berkala beberapa detik, semakin panjang dan lebih redup dengan waktu.

Gelombang elektromagnetik *whistler* muncul setiap kali petir menyambar dan biasanya dalam rentang frekuensi antara 300 sampai 30.000 Hz. *Whistler Wave* merambat melalui lapisan ionosfer yaitu bagian dari atmosfer dimana pada lapisan ionosfer jumlah ion cukup besar untuk mempengaruhi propagasi gelombang radio yang dimulai pada ketinggian sekitar 50 km (30 mil) di atas permukaan bumi [5].

3.3. Short Time Fourier Transform (STFT)

Short Time Fourier Transform (STFT) adalah metode proses sinyal yang digunakan untuk menganalisis sinyal yang bersifat *non-stationery*. Karakteristik dari statistik STFT berhubungan dengan waktu yang digunakan. Sifat STFT yaitu STFT mengekstraksi beberapa *frame* sinyal untuk di analisa menggunakan waktu. Ekstraksi dari Metode STFT digunakan untuk membantu proses kerja dari FFT sehingga mendapatkan jarak waktu yang diperlukan.

STFT merupakan perhitungan yang bersumber dari DFT (*Discrete Fourier Transform*) dengan mengambil nilai DFT ke dalam *subset* data berkelanjutan sehingga membentuk jarak waktu baru yang disebut *window*. STFT dapat dihitung dengan cara menghitung jarak nilai DFT, memindahkan *window* dengan menggunakan cara *one time index* dan menghitung kembali nilai DFT. Proses tersebut menghasilkan sebuah jarak waktu baru. STFT dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$A_k^t = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=0}^{N-1} X_{j+t-N+1} \omega_N^{-jk} \quad (1)$$

Persamaan 1 dilakukan untuk menghitung jarak waktu yang diperlukan sesuai dengan durasi data audio *whistler* yang dimasukkan untuk mendapatkan jarak waktu yang baru. Periode (k) dan waktu (t) memiliki nilai tertentu seperti Persamaan 2.

$$k = 0, 1, \dots, N - 1 \quad t = N - 1, \dots, M - 1 \quad (2)$$

Persamaan 2 menghitung nilai dari periode dan waktu sehingga menghasilkan nilai baru untuk periode dan waktu yang bertujuan untuk proses konversi data audio [6].

3.4. Image Processing

Pengolahan citra atau *image processing* adalah bidang yang berhubungan dengan proses transformasi citra atau gambar yang bertujuan untuk mendapatkan kualitas yang baik ataupun mendapatkan hasil pengolahan yang sesuai dengan yang diinginkan, sedangkan pengenalan pola atau *pattern recognition* adalah bidang yang berhubungan dengan proses identifikasi objek pada citra atau gambar yang bertujuan untuk memperoleh informasi atau data dari citra. *Image Processing* memiliki beberapa metode tahapan yang digunakan antara lain :

a. Grayscale

Grayscale merupakan teknik pemetaan intensitas dimana tiap *panel* diberikan nilai keabuan yang baru untuk meningkatkan ketajaman gambar. Operasi *grayscale* tidak merubah bentuk dan geometri *image*, yang berubah hanya level intensitasnya. Teknik dari proses *grayscale* dilakukan dengan cara memproses histogram tingkat keabuan (*gray level histogram*) dari *image*.

b. *Thresholding*

Thresholding adalah metode untuk mengubah *grayscale image* menjadi *binary image* sehingga objek yang diinginkan terpisah dari latar belakangnya. *Thresholding* merupakan metode paling sederhana, dimana tiap objek atau *region image* dibedakan berdasarkan penyerapan cahaya atau reflektifitas konstan pada permukaannya. Suatu nilai *threshold* (nilai konstan *brightness*) dapat ditentukan untuk membedakan objek dengan latar belakangnya. Tujuan dari *thresholding* adalah untuk memisahkan *pixel* yang mempunyai nilai keabuan (*gray value*) lebih tinggi dengan yang lebih rendah. Misalnya *pixel* yang nilai keabuannya lebih tinggi diberi nilai biner 1 sedangkan *pixel* dengan nilai keabuan lebih rendah diberi nilai biner 0. Berdasarkan penentuan nilai *threshold* yang digunakan, metode *thresholding* dapat dibedakan menjadi metode manual dimana nilai *threshold* adalah tetap dan ditentukan secara manual, dan metode otomatis, dimana nilai *threshold* ditentukan oleh sistem secara otomatis berdasarkan pengetahuan sistem akan objek, lingkungan dan aplikasinya (misalnya karakteristik intensitas objek, ukuran objek, daerah *image* yang diduduki objek, jumlah jenis objek dalam *image*). *Thresholding* otomatis menganalisis penyebaran nilai keabuan dalam *image* dengan menggunakan histogram dan pengetahuan akan aplikasi tersebut untuk menemukan *threshold* paling cocok.

c. *Filtering*

Filtering merupakan suatu metode yang tergabung dalam *group operation* pada *pixel*, menghitung nilai *pixel* baru dengan menggunakan *pixel-pixel* tetangganya. *Filtering* dijelaskan dengan istilah *template convolution* dimana *template*-nya adalah suatu matriks koefisien bobot yang umumnya ganjil dan sama sisi, misalnya 3x3, 5x5. Nilai *pixel* baru dihitung dengan menempatkan *template* pada suatu titik, kemudian nilai-nilai *pixel* dikalikan dengan bobot dan ditambahkan sebagai nilai keseluruhan, jumlah tersebut menjadi nilai baru bagi *pixel* di tengah *template*. Hasil jumlah tersebut yang menjadi *pixel* bagi *image* baru. Proses *filtering* diulang pada semua *pixel* dalam gambar. *Operator* yang sering digunakan adalah *averaging*, *gaussian*, dan *median filtering* [7][8].

3.5. *Morphology Image Closing*

Morphological Operation atau operasi morfologi adalah sebuah operasi dalam pengolahan citra untuk memperbaiki atau mengisi *pixel* untuk menutupi bagian *pixel* yang dianggap rusak atau kurang. Operasi morfologi citra memiliki beberapa jenis yang digunakan dalam pengolahan citra. Proses morfologi citra ada empat jenis yaitu morfologi dilasi, erosi, *openiku*, dan *closing*. Salah satu proses morfologi yang sering yang sering digunakan dalam pengolahan citra biner adalah morfologi metode *closing*.

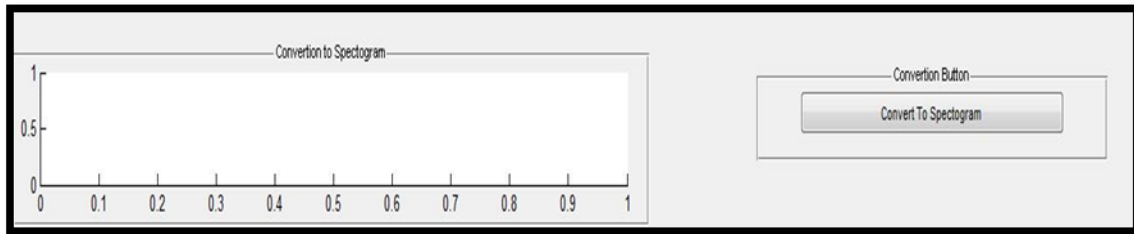
Metode *Closing* adalah salah satu proses morfologi citra dimana operasi *closing* dilakukan pada citra biner. Metode *closing* merupakan gabungan dari proses morfologi dilasi dan erosi dimana proses *closing* dimulai dari proses dilasi kemudian dilanjutkan dengan proses erosi. Proses *closing* dilakukan dengan cara menutup beberapa *pixel* yang diperlukan untuk menyambungkan beberapa citra yang dianggap terpisah sehingga menjadikan dua citra menjadi satu [9].

4. Hasil dan Pembahasan

Aplikasi Pendeteksi Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler* memiliki beberapa tahap uji coba untuk mendapatkan hasil titik koordinat. Tahap uji coba meliputi uji coba aplikasi proses konversi audio ke *spectrogram*. Tahap yang kedua adalah uji coba aplikasi proses *image processing*. Tahap ketiga yang dilakukan yaitu uji coba aplikasi proses *morphology image*. Tahap keempat adalah uji coba aplikasi proses *coordinate detection*.

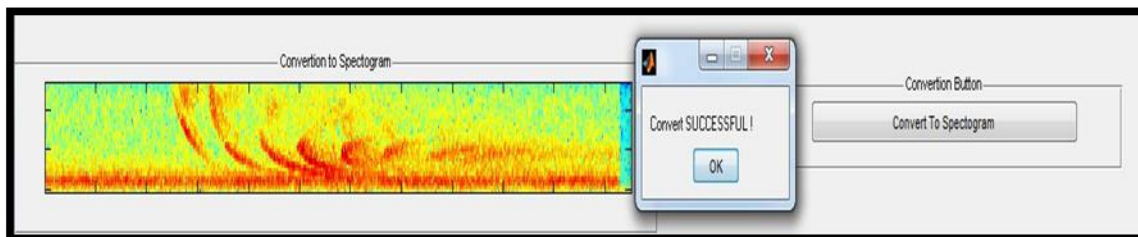
4.1. Uji coba aplikasi proses konversi audio ke *spectrogram*

Proses uji coba Aplikasi Perhitungan Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler* dilakukan hingga menghasilkan keluaran berupa citra *spectrogram* yang telah terhitung titik koordinatnya melalui beberapa proses yang ada dalam aplikasi. Proses pertama yang dilakukan adalah proses konversi audio menjadi *spectrogram* pada menu *interface*, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Proses Konversi Audio

Tampilan Proses Konversi Audio dilakukan dengan klik pada tombol *Convert To Spectrogram* maka hasil proses dimunculkan seperti Gambar 5.

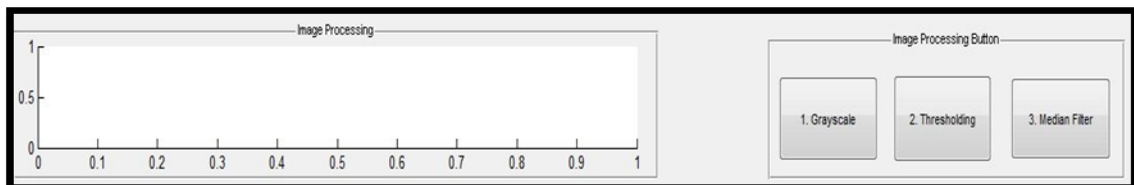


Gambar 5. Hasil Proses Konversi Audio

Hasil pada Gambar 5 menunjukkan bahwa data audio telah dikonversi menjadi bentuk *spectrogram* dengan metode STFT dan *spectrogram* tersebut sudah dikonversi langsung menjadi *image*. Hasil proses memunculkan pesan 'Convert SUCCESSFUL' jika konversi tersebut berhasil dilakukan.

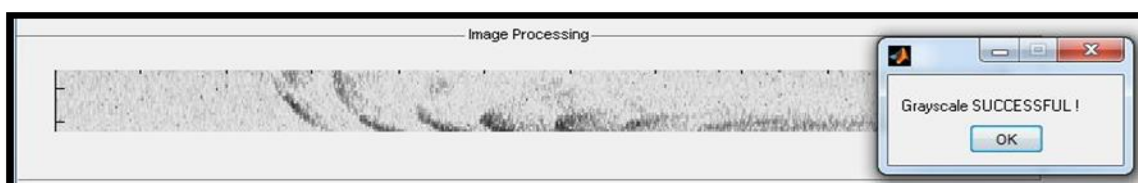
4.2. Uji coba aplikasi proses *image processing*

Uji coba untuk proses *image processing* dilakukan setelah proses konversi audio ke dalam bentuk *spectrogram* telah selesai dilakukan dan hasilnya telah dimasukkan ke dalam aplikasi dalam format *image*. Proses *image processing* dapat dilihat pada bagian *interface* seperti Gambar 6.



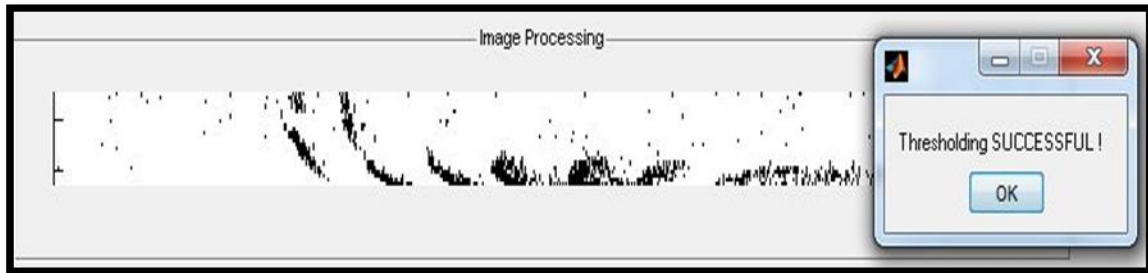
Gambar 6. Tampilan Proses *Image Processing*

Proses *image processing* dilakukan secara berurutan, dimulai dari *Grayscale*, *Thresholding*, hingga *Median Filter*. Hasil dari ketiga proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



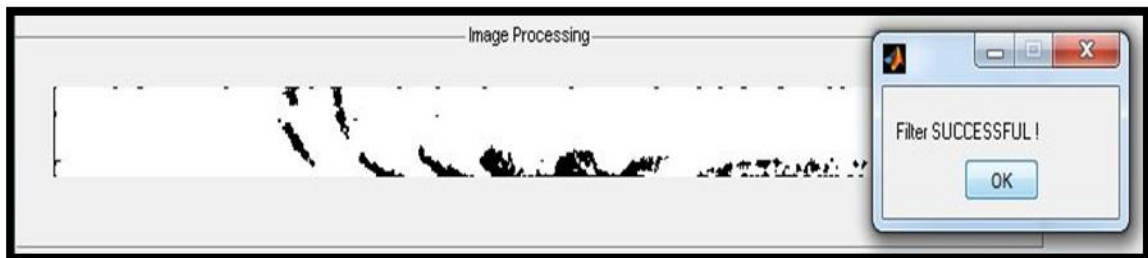
Gambar 7. Hasil Proses *Grayscale*

Hasil proses *Grayscale* menunjukkan bahwa nilai *pixel* dari citra spektogram telah berubah dari nilai RGB menjadi nilai keabuan. Proses dilanjutkan dengan melakukan *thresholding* pada citra *grayscale* sehingga mendapatkan hasil seperti Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Proses *Thresholding*

Hasil *Thresholding* menunjukkan bahwa sebagian besar *noise* yang ada pada citra telah berhasil dihilangkan. Citra pada Gambar 8 juga telah diubah menjadi citra biner. Proses *thresholding* dilanjutkan dengan *median filter* seperti Gambar 9.

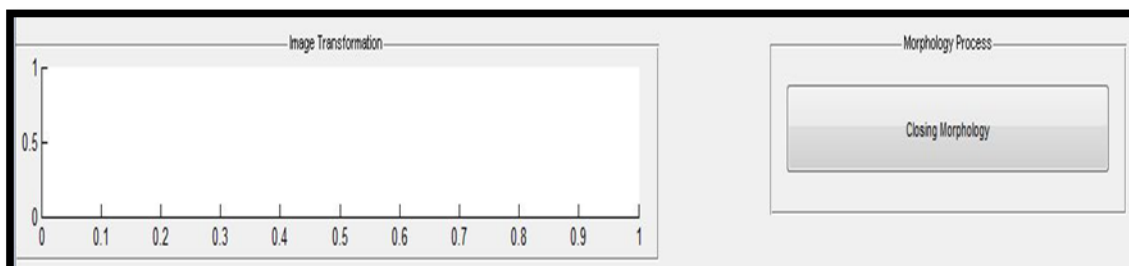


Gambar 9. Hasil Proses *Median Filter*

Hasil proses *median filter* menghilangkan sisa *noise* dari citra yang belum dihilangkan dari proses *thresholding*. Hasil dari proses tersebut berupa citra biner.

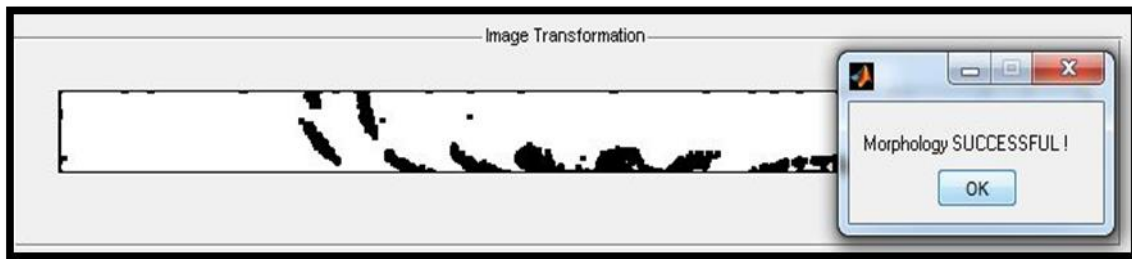
4.3. Uji coba aplikasi proses *morphology image*

Uji coba untuk proses *image morphology* dilakukan setelah proses *image processing*, dan hasil akhir dari proses *image processing* berbentuk citra biner. Proses *morphology image* hanya meliputi proses *Closing* pada citra, yang dilakukan pada bagian *interface* ditunjukkan seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Proses *Morphology*

Proses *Morphology Image* bertujuan untuk mendapatkan sinyal yang ada pada citra biner untuk melakukan proses deteksi titik koordinat pada proses akhir. Hasil yang didapatkan dalam proses *morphology image* ini ditampilkan pada Gambar 11.

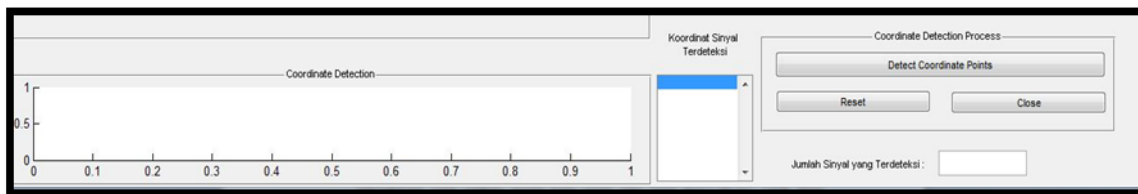


Gambar 11. Hasil Proses *Morphology*

Hasil proses *Morphology* menunjukkan bahwa citra sinyal menjadi semakin tebal dan detail untuk mempermudah proses pendeteksian.

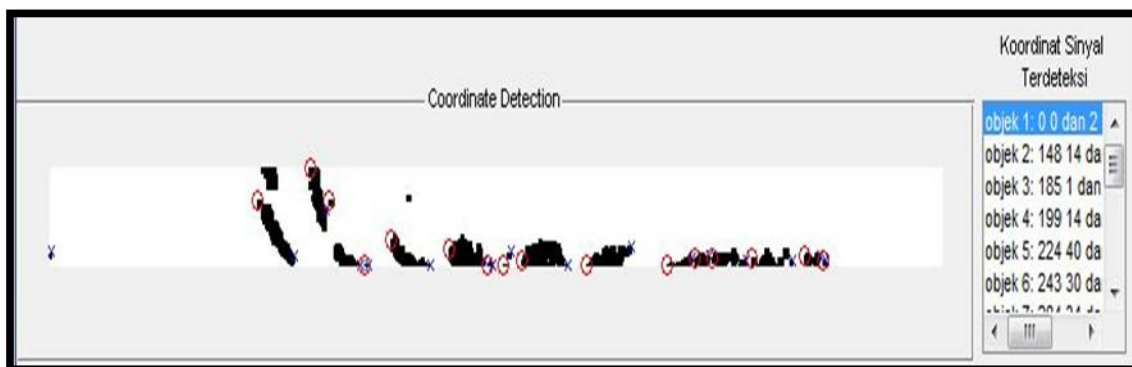
4.4. Uji coba aplikasi proses *coordinate detection*

Uji coba untuk proses *coordinate detection* dilakukan setelah proses *Morphology Image*. Proses *Coordinate Detection* merupakan proses akhir dari Aplikasi Pendeteksi Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler*. Proses hanya meliputi satu bagian proses yaitu *Detect Coordinate Points*. Proses dilakukan pada bagian *interface* seperti Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Proses *Coordinate Detection*

Proses *Coordinate Detection* bertujuan untuk mendapatkan informasi titik koordinat meliputi titik awal dan titik akhir koordinat dari semua sinyal yang ada dalam citra tersebut. Proses diawali dari citra hasil morfologi yang telah dilakukan. Hasil dari proses meliputi deteksi titik koordinat, jumlah sinyal yang terdeteksi, dan lokasi koordinat deteksi seperti pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Hasil Proses *Coordinate Detection* beserta lokasi koordinat

Proses pada Gambar 13 menunjukkan lokasi titik koordinat frekuensi dari tiap sinyal *whistler* yang terdeteksi dari citra spektrogram tersebut. Proses deteksi juga menampilkan jumlah sinyal *whistler* yang terdeteksi seperti Gambar 14.



Gambar 14. Jumlah Sinyal Terdeteksi

5. Kesimpulan

Aplikasi Pendeteksi Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler* pada penelitian ini dapat menghasilkan informasi titik koordinat dari frekuensi sinyal *whistler wave*. Proses Aplikasi Pendeteksi Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler* dihasilkan melalui empat tahapan proses yaitu proses konversi ke *spectrogram*, proses *image processing*, proses *morphology image*, dan proses *coordinate detection*. Proses konversi ke *spectrogram* diterapkan untuk mendapatkan citra *spectrogram* menggunakan metode STFT. Penerapan proses *image processing* ditujukan untuk mendapatkan citra biner melalui tahap secara berurutan dimulai dari *grayscale* untuk menghasilkan citra keabuan, *thresholding* untuk mendapatkan citra biner dan membersihkan *noise*, dan *median filter* untuk menghasilkan citra biner yang lebih bersih. Proses *image morphology* menampakkan hasil penebalan data sinyal pada citra biner. Proses *coordinate detection* diterapkan untuk menghasilkan data titik koordinat berupa lokasi koordinat dan jumlah sinyal terdeteksi berdasarkan periode dan waktu. Aplikasi Pendeteksi Titik Koordinat Frekuensi *Lightning Whistler* telah berhasil menampilkan informasi mengenai titik koordinat frekuensi dari data sinyal yang terdeteksi pada citra biner.

Daftar Pustaka

- [1] D. Siingh *et al.*, "Thunderstorms, lightning, sprites and magnetospheric whistler-mode radio waves," *Surveys in Geophysics*. 2008.
- [2] J. Wallace, "Amateur Radio Astronomy Projects—A Whistler Radio," 111Birden St, Torrington, pp. 20–23, 2010.
- [3] V. S. Sonwalkar, X. Chen, J. Harikumar, D. L. Carpenter, and T. F. Bell, "Whistler-mode wave-injection experiments in the plasmasphere with a radio sounder," *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2001.
- [4] K. S. Dharma, I. P. A. Bayupati, and P. W. Buana, "Automatic lightning whistler detection using connected component labeling method," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2014.
- [5] R. A. Hart, C. T. Russell, and T. L. Zhang, "An Overview of Lightning Induced Whistler-Mode Waves Observed By Venus Express," in *46th Lunar and Planetary Science Conference*, 2015.
- [6] S. Okamura, "The Short Time Fourier Transform and Local Signals," Carnegie Mellon University, 2011.
- [7] A. Kulkarni, *Computer Vision & Fuzzy*. New Jersey: Prentice Hall.Inc, 2011.
- [8] R. Davies, *Computer and Machine Vision, 4th Edition Theory, Algorithms, Practicalities Opsylum*. 2012.
- [9] A. M. Raid, W. M. Khedr, M. A. El-Dosuky, and M. Aoud, "Image Restoration Based on Morphological Operations," *International Journal Computer Science Engineering Information Technology*, 2014.