

POLA POSISI BERBASIS FUZZY DALAM DOMAIN FREKUENSI UNTUK TEMU KEMBALI CITRA BINTANG

Laili Cahyani¹

¹ Universitas Trunojoyo Madura
laili.cahyani121@gmail.com

Abstrak

Penelusuran bintang dilakukan untuk beberapa aplikasi teknologi satelit dan ruang angkasa. Identifikasi bintang merupakan tugas utama dalam penelusuran bintang. Salah satu cara untuk melakukan identifikasi bintang adalah membandingkan citra kamera satelit terhadap citra *database* dan melakukan temu kembali bintang yang sama. Tugas tersebut menjadi sulit ketika pengambilan citra dilakukan pada waktu atau kondisi yang berbeda. Penelitian ini melakukan temu kembali citra bintang dengan menggunakan keuntungan pada metode pola posisi berbasis Fuzzy dalam domain frekuensi. Pada tahap awal, dilakukan *preprocessing*. Kemudian dilakukan proses ekstraksi fitur pola bintang menggunakan pola posisi berbasis Fuzzy dalam domain frekuensi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai similaritas antar fitur pola bintang. Pada tahap akhir, dilakukan temu kembali citra masukan sesuai tingkat kemiripan fitur citra tersebut dengan fitur citra *database*. Beberapa pengujian telah dilakukan dengan menggunakan 172 *dataset* yang didapatkan dari *database* aplikasi Stellarium. Pengujian pertama dilakukan untuk melakukan temu kembali citra bintang tanpa dipengaruhi adanya perubahan waktu dan kondisi. Pengujian kedua dilakukan untuk melakukan temu kembali citra bintang dengan adanya pengaruh dari perubahan rotasi. Pengujian ketiga dilakukan untuk melakukan temu kembali citra bintang dengan adanya pengaruh waktu pengambilan data. Hasil uji coba menunjukkan bahwa penelitian ini mampu melakukan temu kembali citra bintang dengan tingkat akurasi sebesar 80.81%.

Kata kunci: citra bintang, identifikasi bintang, pola Fuzzy, temu kembali citra.

ABSTRACT

Star tracking is conducted for applications of satellite technology and space. Star identification is a major task in star tracking. One of the common approaches to identify a star is comparing the satellite camera images to the image database and retrieve the same star. The task becomes more difficult when image acquisition is done at a different time or condition. This study retrieves a star image using the advantages of a method based positioning Fuzzy pattern in the frequency domain. In the first stage, preprocessing was done. Next is feature extraction using a Fuzzy based positional pattern in frequency domain. Furthermore, similarity level calculation was conducted. Then, input image retrieval was then conducted according to similarity level of the input image feature with feature of database image. Experiments have been performed using 172 datasets obtained from Stellarium application database. The first test was conducted to retrieve star image without being influenced by the time and conditions changes. The second test was conducted to retrieve star image with the effect of changes in the rotation. The third test was conducted to retrieve star image with the effect of data collection's time. Experiment results show that this study was able to retrieve star image with accuracy achieved is 80.81%.

Keywords: *star image, star identification, Fuzzy pattern, image retrieval*

Pendahuluan

Penelusuran bintang merupakan tugas penting untuk beberapa aplikasi teknologi satelit dan ruang angkasa. Penelusuran bintang akan menentukan perilaku satelit atau pesawat antariksa. Identifikasi bintang adalah tugas utama sebelum dilakukan penelusuran bintang. Identifikasi bintang dapat dilakukan dengan membandingkan bintang-bintang di citra masukan dari kamera satelit terhadap bintang-bintang dari *database* dan melakukan temu kembali bintang yang sama. Tugas tersebut menjadi sulit ketika pengambilan citra dilakukan pada waktu atau kondisi pengambilan data yang berbeda (Zhang dkk., 2008; Sadat dkk., 2014).

Cara untuk melakukan identifikasi bintang dapat dikategorikan menjadi dua. Pertama yaitu identifikasi bintang melalui pendekatan *graph*. Pada pendekatan *graph*, bintang-bintang dianggap seperti verteks-verteks pada *graph* yang tidak memiliki arah, dimana jarak sudut antara pasangan bintang merupakan bobot *edge*. Namun, pendekatan ini sensitif terhadap adanya bintang yang hilang. Pendekatan kedua yaitu identifikasi berdasarkan pola. Pendekatan ini diusulkan untuk mengatasi kelemahan dari pendekatan *graph* (Zhang dkk., 2008; Sadat dkk., 2014).

Beberapa penelitian telah melakukan identifikasi bintang melalui pendekatan pola. Zhang, dkk pada tahun 2008 melakukan identifikasi bintang melalui pendekatan pola berdasarkan fitur radial dan *cyclic*. Pola didapatkan dengan menggunakan seluruh informasi bintang melalui tetangga

terdekat agar *invariant* terhadap rotasi (Zhang dkk., 2008). Namun metode ini mengalami kegagalan ketika tetangga terdekatnya hilang (Sadat dkk., 2014).

Sadat dan Behrad pada tahun 2014 mengusulkan metode pembentukan pola melalui posisi berbasis keanggotaan Fuzzy dalam *domain* Fourier. Metode ini menggunakan informasi seluruh bintang dalam *field of view* (FOV). Metode ini mengatasi hilangnya salah satu bintang atau kesalahan identifikasi dengan memanfaatkan fungsi keanggotaan *fuzzy*. Metode ini juga mengatasi perubahan rotasi dalam *domain* Fourier. Sehingga, metode ini mampu melakukan identifikasi kemiripan bintang yang *invariant* terhadap rotasi (Sadat dkk., 2014).

Adanya faktor pengambilan citra bintang dilakukan pada waktu atau kondisi yang berbeda menjadi masalah khusus dalam proses temu kembali citra bintang. Hal itu dapat menyebabkan kesalahan dalam identifikasi bintang. Maka, diperlukan sebuah aplikasi yang mampu melakukan temu kembali citra bintang dalam berbagai kondisi. Sehingga, pada penelitian ini diusulkan sebuah sistem temu kembali citra bintang dengan menggunakan metode pola posisi berbasis *Fuzzy* dalam *domain frekuensi*.

Penelitian ini melakukan temu kembali citra bintang dengan menggunakan keuntungan yang dimiliki oleh metode pola posisi berbasis *Fuzzy* dalam domain frekuensi. Metode pola posisi berbasis *Fuzzy* telah mampu mengidentifikasi kemiripan bintang melalui pola ketetanggaan tanpa banyak informasi yang diketahui,

serta mampu mengidentifikasi kemiripan bintang meskipun terdapat tetangga yang hilang.

Metode Penelitian

Rancangan sistem temu kembali citra bintang secara umum ditunjukkan oleh Gambar 3. Rancangan tersebut meliputi pengambilan *dataset*, *preprocessing* citra masukan, ekstraksi pola bintang, perhitungan similaritas dari fitur yang telah didapatkan dari citra masukan dan fitur citra pada *database*, dan *retrieve* citra dari *database* berdasarkan nilai similaritas.

Dataset

Pada penelitian ini, *dataset* didapatkan dari aplikasi Stellarium 0.13.2. Aplikasi diatur dengan medan pandang (*field of view*) sebesar 1° . Skala relatif diatur sebesar 0.45. Semua objek langit selain bintang pada aplikasi Stellarium juga dimatikan (non aktif). Semua keterangan maupun keterangan objek juga dimatikan. Kondisi bintang tanpa atmosfer dipilih agar bintang tidak tertutupi. Kemudian, data bintang diambil sesuai nama kelompok (*cluster*) bintang. *Dataset* yang didapatkan berupa citra berukuran 1366×768 dengan format *file* PNG.

Preprocessing

Preprocessing pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan posisi bintang pada citra. Masukan proses ini adalah citra RGB dari *dataset* dan keluarannya berupa matriks koordinat bintang. Proses pertama pada *preprocessing* yaitu *cropping* citra ke dalam ukuran 1366×741 untuk menghilangkan keterangan gambar yang dapat mengganggu pemrosesan. Proses

berikutnya yaitu konversi nilai RGB menjadi nilai *grayscale*. Setelah itu, dilakukan proses segmentasi objek bintang dengan menggunakan *thresholding* Otsu sesuai penjelasan pada 2.1. Sehingga, diperoleh objek bintang yang terpisah dari *background*. Kemudian, dicari *centroid* tiap bintang. Hasil tahap ini adalah vektor sepanjang $1 \times (2 \times \text{jumlah objek bintang pada citra})$. Sehingga, untuk mendapatkan koordinat x dan y perlu dilakukan proses *reshape* sepanjang vektor $2 \times (\text{jumlah objek bintang pada citra})$. Hasil pada baris pertama merupakan koordinat x dari bintang. Sedangkan, hasil pada baris kedua merupakan koordinat y dari bintang.

Ekstraksi Pola Bintang

Pola bintang dibentuk dan kemudian diekstraksi menggunakan pola posisi berbasis *Fuzzy* dalam *domain* frekuensi. Tahap berikut terdiri dari beberapa proses. Di antaranya adalah inisialisasi bintang acuan, pembentukan *circular grid*, pembentukan matriks pola, perhitungan nilai keanggotaan *Fuzzy*, dan perhitungan *magnitude* transformasi Fourier. Untuk inisialisasi bintang acuan, bintang yang akan digunakan, ditentukan dari bintang yang paling dekat dengan *centroid* citra. Keluarannya adalah 1 titik (x, y) koordinat bintang sebagai acuan. Tahap berikutnya adalah pembentukan *circular grid*. *Circular grid* merupakan sektor cincin (*annular sector*) yang dibentuk untuk membagi area bintang berdasarkan bintang acuan. Kemudian dibagi kembali menjadi sektor menyiku (*angular sector*). *Circular grid* dibagi menjadi 4×8 sektor. Ukuran ini dipertimbangkan atas dasar penelitian sebelumnya (Sadat dkk., 2014). Proses pembentukan *circular grid* diawali dengan proses *flipping* citra

dengan arah vertikal. Proses ini dilakukan untuk mengubah nilai pusat (0, 0) matriks pada citra yang berada di bagian kiri atas menjadi bagian kiri bawah (koordinat kartesian). Kemudian nilai pusat akan digeser ke letak bintang acuan. Proses ini dilakukan untuk menyesuaikan proses konversi dari koordinat kartesian ke dalam koordinat polar dengan pusat (0,0) yang terletak pada bintang acuan. Selanjutnya, dilakukan konversi dari koordinat kartesian ke dalam koordinat polar yang menghasilkan informasi nilai *rho* dan *theta*. Dari informasi tersebut, pembagian sektor cincin (*annular sector*) dilakukan dengan membagi area dari pusat sampai nilai maksimum *Rho*. Sehingga, didapatkan 4 buah sektor cincin. Berikutnya, pembagian sektor menyiku (*angular sector*) dilakukan dengan membagi area dari sudut 0° sampai 360° sehingga menghasilkan 8 buah sektor menyiku. Keluaran dari proses ini adalah letak bintang di masing-masing sektor.

Setelah itu, matriks pola dibentuk untuk merepresentasikan *circular grid* ke dalam bentuk matriks berukuran 4×8 . Pada sistem ini, matriks pola akan otomatis terbentuk pada saat proses perhitungan *circular grid*. Jadi, indeks matriks tersebut akan disesuaikan dengan posisi sektor dari pusat *circular grid*. Elemen-elemen pada matriks pola akan diisi dengan nilai keanggotaan Fuzzy pada tahap berikutnya. Kemudian dilakukan proses perhitungan nilai keanggotaan fuzzy dari tiap bintang. Pada proses ini, nilai keanggotaan bintang pada tiap sektor dihitung sesuai perhitungan rumus yang dijelaskan pada 2.2.2 (persamaan 3, 4, 5, dan 6). Sehingga, dihasilkan nilai keanggotaan sebanyak 4×8 (sesuai banyaknya sektor).

Tahap berikutnya adalah proses perhitungan *magnitude*

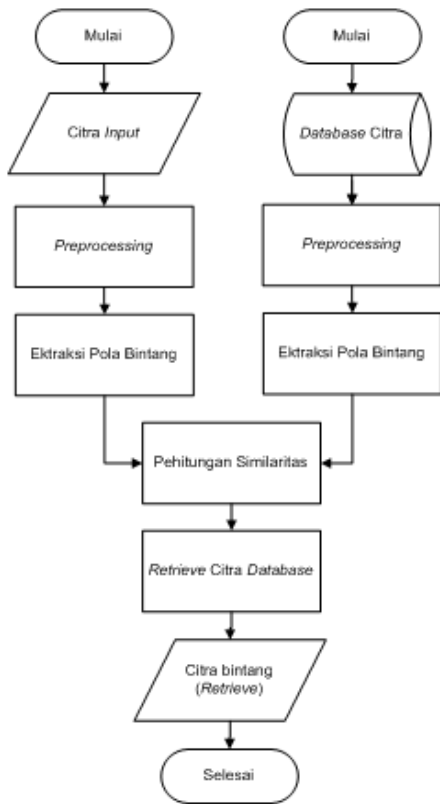
transformasi fourier. Matriks yang dihasilkan sebelumnya ditransformasi ke dalam domain frekuensi. Proses ini dihitung sesuai penjelasan 2.2.3. Setelah itu, dihitung nilai *magnitude* hasil transformasi fourier tersebut. Proses ini akan dilakukan terhadap citra masukan dan seluruh citra pada *database* citra.

Perhitungan Similaritas

Perhitungan similaritas dilakukan untuk mengukur kemiripan pola bintang pada citra masukan dan citra *database*. Nilai similaritas dihitung antara fitur yang diperoleh setelah melakukan proses ekstraksi pola bintang pada citra masukan dan semua fitur pada *database* fitur. Perhitungan similaritas dilakukan menggunakan *cosine similarity*. Keluaran dari proses ini adalah vektor nilai similaritas sepanjang jumlah fitur pada *database* fitur.

Retrieve Citra Database

Berikutnya adalah proses *retrieve* citra *database*. Citra *database* adalah citra yang memiliki tingkat kemiripan tertinggi dengan citra masukan. Pertama, dilakukan pengurutan terhadap nilai similaritas. Setelah didapatkan hasil perhitungan similaritas dengan nilai tertinggi, maka dilakukan pengambilan fitur dan nama *file* dari database fitur sesuai dengan nilai similaritas tertinggi untuk melakukan pengambilan citra dengan nama *file* yang sama pada *database* citra. Keluaran proses ini adalah citra *database* yang berukuran sama dengan citra masukan awal.



Gambar 3. Alur sistem secara umum

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Beberapa jenis pengujian dilakukan untuk menguji performa dari sistem temu kembali citra bintang. Diantaranya, pengujian tanpa perubahan waktu dan kondisi, pengujian dengan perubahan rotasi, pengujian dengan perubahan waktu pengambilan data. Performa tersebut dapat dilihat dari capaian akurasi yang didapatkan. *Dataset* yang digunakan dalam pengujian ini berjumlah 100 data. Dengan spesifikasi jumlah data seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3. Setiap data yang diambil merupakan data dengan *cluster* yang sama dengan *database*, namun telah mengalami perubahan rotasi. Hal ini dilakukan untuk menganalisis keberhasilan sistem dalam melakukan temu

kembali citra bintang meskipun terdapat adanya pengaruh rotasi.

Tabel 1. Keterangan *dataset* pengujian dengan pengaruh rotasi

Label	Nama <i>Cluster</i>	Jumlah
1	Coma	14
2	M6	15
3	M7	10
4	NGC 2232	14
5	NGC 5662	10
6	NGC 189	10
7	NGC 457	12
8	NGC 2204	15

Pengujian pertama yang dilakukan pada sistem ini yaitu menguji keberhasilan temu kembali citra bintang tanpa perubahan waktu dan kondisi pada citra masukan atau *dataset* yang digunakan. Dari hasil pengujian ini, sistem dapat melakukan temu kembali citra bintang dengan capaian sebesar 100% untuk semua *cluster* bintang. Untuk pengujian ini, tidak ada data yang mengalami kesalahan dalam melakukan temu kembali citra bintang dari *cluster* lain. Hal ini menunjukkan bahwa performa proses temu kembali citra *database* juga baik untuk pengujian ini. Hal ini juga menunjukkan bahwa semua alur sistem bekerja dengan tepat ketika data tidak mengalami perubahan waktu atau kondisi. Tabel 2 menunjukkan hasil skenario pengujian tanpa perubahan waktu dan kondisi.

Pengujian berikutnya yaitu menguji keberhasilan temu kembali citra bintang dengan adanya pengaruh rotasi pada citra masukan. Pada pengujian ini, akan diamati seberapa besar pengaruh rotasi pada proses keberhasilan melakukan temu kembali citra bintang oleh sistem.

Tabel 2. Hasil Pengujian tanpa perubahan waktu dan kondisi

Cluster	Benar	Salah	Jumlah	Akurasi
1	5	0	5	100%
2	5	0	5	100%
3	5	0	5	100%
4	5	0	5	100%
5	5	0	5	100%
6	5	0	5	100%
7	5	0	5	100%
8	5	0	5	100%
Total	40	0	40	100%

Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan temu kembali pada citra bintang yang mengalami perubahan rotasi. Hal ini ditunjukkan pada pengujian terhadap sejumlah 100 data dengan spesifikasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Sistem dapat melakukan temu kembali citra bintang dengan capaian akurasi sebesar 86%. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian dengan perubahan rotasi.

Tabel 3. Hasil pengujian dengan perubahan rotasi

Cluster	Benar	Salah	Jumlah	Akurasi
1	11	3	14	78.6%
2	15	0	15	100%
3	10	0	10	100%
4	14	0	14	100%
5	6	4	10	60%
6	5	5	10	50%
7	10	2	12	83.3%
8	15	0	15	100%
Total	86	14	100	73%
Akurasi Kondisi	86%	14%	-	-

Kekurangan sistem dalam melakukan temu kembali citra bintang disebabkan karena kemiripan pola bintang antar *cluster* yang sulit dibedakan ketika bintang mengalami perputaran. Nilai keanggotaan bintang tentu akan berubah seiring dengan perputarannya. Kesalahan paling banyak terjadi ketika perputaran bintang melewati batas sektor awal yang ditempati

Pengujian berikutnya yaitu menguji kebenaran temu kembali citra bintang dengan adanya perbedaan waktu pengambilan data. Pada pengujian ini, akan diamati perbandingan tingkat keberhasilan yang dicapai sistem dalam beberapa waktu pengambilan data. Dari hasil pengujian ini juga diamati seberapa besar pengaruh perbedaan waktu pengambilan pada keberhasilan sistem dalam melakukan temu kembali citra bintang.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kurang mampu melakukan temu kembali citra bintang untuk kasus muti-temporal (pengambilan waktu berbeda). Hal ini ditunjukkan dengan capaian akurasi sebesar 40.6%. Kesalahan yang terjadi disebabkan karena dalam rentan waktu sebulan, perubahan objek bintang cenderung melewati luas area sektor. Sehingga, *cluster* bintang cenderung mirip dengan *cluster* lainnya. Pengambilan data dengan perbedaan waktu akan menyebabkan perubahan posisi bintang. Semakin lama rentan waktu pengambilan, perbedaan data akan semakin jauh. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian dengan perubahan waktu pengambilan data.

Nilai akurasi akhir diperoleh dari gabungan data benar pada keseluruhan pengujian dibagi dengan keseluruhan data yang digunakan pada semua pengujian. Tabel 5 menunjukkan bahwa dari

keseluruhan data pengujian dengan total 172 data. Terdapat 139 data yang berhasil melakukan temu kembali citra bintang. Sedangkan lainnya mengalami kegagalan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan temu kembali citra bintang dengan capaian akurasi sebesar 80.81%.

Tabel 4. Hasil pengujian dengan perubahan waktu pengambilan data

Cluster	Benar	Salah	Jumlah	Akurasi
1	4	0	4	100%
2	3	1	4	75%
3	4	0	4	100%
4	1	3	4	25%
5	0	4	4	0%
6	0	4	4	0%
7	1	3	4	25%
8	0	4	4	0%
Total	13	19	32	40.6%
Akurasi Kondisi	40.6%	59.3%	-	-

Tabel 5. Hasil akurasi keseluruhan data uji.

Jenis Pengujian	Jumlah Data	Jumlah Benar
Uji <i>database</i>	40	40
Uji multi temporal	32	13
Uji rotasi	100	86
Total data	172	139
Hasil Akurasi	-	80.81%

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisis beberapa pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Preprocessing* dapat dilakukan terhadap citra bintang untuk mencari

bintang acuan, yaitu bintang yang paling dekat dengan *centroid*.

2. Fitur dapat diekstraksi menggunakan pola posisi berbasis fuzzy dalam domain frekuensi dengan menggunakan 4×8 sektor

3. Temu kembali citra bintang *database* dapat dilakukan melalui nilai similaritas antar fitur citra masukan dan citra pada *database* hingga mencapai akurasi 80.81%.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini, disarankan untuk melakukan uji coba lebih lanjut untuk penentuan bintang acuan pada proses ekstraksi fitur.

Daftar Pustaka

Gonzales, R.C., Woods, R.E., (2002). *Digital Image Processing*, 2nd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, pp.

Kadir, A., Susanto, A., (2013). Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. Yogyakarta: Andi.

Otsu, N.(1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 9, pp. 62-66, 1979.

Reddy, B. S, Chatterji, B. N. (1996). An FFT-Based Technique for Translation, Rotation, and Scale-Invariant Image Registration, *IEEE Transactions On Image Processing*, Vol. 5, No. 8, August 1996

Spratling, B.B., Mortari, D.(2009). A Survey on Star Identification Algorithms. *Algorithms 2009*, 2, 93-107; doi:10.3390/a2010093

- Sadat, E., S.Behrad, A. (2014). Star tracking and attitude determination using fuzzy based positional pattern and rotation compensation in Fourier domain. *Multimedia Systems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014
- Yang, M. S., Liu, H. H.(1999). Fuzzy clustering procedures for conical fuzzy vector data, *Fuzzy Sets and Systems* 106 (1999) 189-200
- Zhang, G., Wei, X., Jiang, J. (2008). Full-sky autonomous star identification based on radial and cyclic features of star pattern, *Image and Vision Computing* 26 (2008) 891–897
- Zhang, H., Sang, H., Shen, X. (2010). A Polar Coordinate System Based Grid Algorithm for Star Identification.*J. Software Engineering & Applications*, 2010, 3: 34-38

