

IMPLEMENTASI METODE *SPATIO-TEMPORAL CLUSTERING* DENGAN ALGORITMA ST-DBSCAN PADA TITIK API KEBAKARAN HUTAN INDONESIA (2015-2020)

Asahar Johar¹, Arie Vatresia², Ilham Akbar Donny³

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

^{1,2,3}Jl. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu 38371A Indonesia

^{1,2,3}Telp : 0736-341022; Fax : 0736-341022

¹asahar.johar@unib.ac.id

²arievatresia@unib.ac.id

³ilham.akbar13.iad@gmail.com

Abstrak: Berdasarkan rekapitulasi luas kebakaran hutan dan lahan (Ha) dari 34 provinsi di Indonesia tahun 2015 sampai dengan 2020 menunjukan total luas kebakaran hutan mencapai 5.641.337 Ha. Titik api adalah jumlah kejadian kabakaran lahan atau hutan yang terjadi di permukaan bumi, titik api juga dijadikan suatu indikator terjadinya kebakaran hutan atau lahan. *Clustering* merupakan suatu metode pencarian data yang bersifat *mining* dan mengelompokkan data yang memiliki karakteristik yang sama. *ST-DBSCAN* merupakan metode *clustering* yang dapat mengelompokkan titik api berdasarkan jarak dan waktu dari data tersebut. Berdasarkan hasil pengujian titik api yang dilakukan menggunakan *ST-DBSCAN* dengan data titik api Indonesia dari Tahun 2015 sampai dengan 2020. Di pulau jawa dari tahun 2015 sampai dengan 2020 terdapat 144 cluster, 384 cluster di pulau Kalimantan, 59 cluster di pulau NTB, 121 cluster di NTT, 233 cluster di Papua, 389 cluster di Pulau Sulawesi, dan 210 di Pulau Sumatra. Sehingga jumlah cluster di seluruh indonesia dari tahun 2015 sampai dengan 2020 terdapat 1.540 total cluster.

Kata Kunci : Titik Api, *Clustering*, *ST-DBSCAN*

Abstract: Based on the extensive recapitulation of forest and land fires (Ha) from 34 provinces in Indonesia from 2015 to 2020, the total area of forest fires reached 5,641,337 Ha. A hotspot is the number of land or forest fires that occur on the earth's surface, and it is also used as an indicator of forest or land fires. *Clustering* is a data mining method that groups data with similar characteristics. *ST-DBSCAN* is a clustering method that can group hotspots based on the distance and time of the data. Based on the hotspot testing using *ST-DBSCAN* with Indonesian hotspot data from 2015 to 2020, there were 144 clusters in Java, 384 clusters in Kalimantan, 59 clusters in NTB, 121 clusters in NTT, 233 clusters in Papua, 389 clusters in Sulawesi, and 210 in Sumatra. Therefore, the total number of clusters in Indonesia from 2015 to 2020 was 1,540.

Keyword: Hotspot, *Clustering*, *ST-DBSCAN*

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan rekapitulasi luas kebakaran hutan dan lahan (Ha) dari 34 provinsi di Indonesia tahun 2015-2020 menunjukan total luas kebakaran hutan mencapai 5.641.337 Ha. Menurut data yang tersedia (Agni, 2015) Berdasarkan analisis citra satelit pada landsat 8 OLI/TRIS kebakaran hutan dan lahan yang dihitung berdasarkan data yang di overlay dengan data sebaran titik api, dan serta laporan hasil dari ground check titik api dan laporan pemadaman yang dilaksanakan. [1]

Titik api adalah jumlah kejadian kabakaran lahan atau hutan yang terjadi di permukaan bumi,

titik api juga dijadikan suatu indikator terjadinya kebakaran hutan atau lahan yang di indikasikan sebagai lokasi yang memiliki suatu indikator suhu yang relatif tinggi tingkat suhunya dibandingkan suhu di sekitarnya. Titik api mempunyai data yang dapat di ambil oleh sensor MODIS yang pada data tersebut dapat di peroleh sesuai dengan waktu, tanggal, bulan, tahun kejadian yang kita inginkan atau berdasarkan dengan waktu, maka pada data titik api merupakan suatu data time series. Menurut [2] dataset digunakan untuk mencatat setiap terjadinya titik api dipermukaan bumi, dataset meliputi suatu data yang berbentuk spasial yaitu titik (latitude, longitude), lalu pada data temporal (waktu dan tanggal pemantauan terjadinya titik api) dan data non spasial (suhu udara, curah hujan). Analisis terjadinya kebakaran hutan dapat menggunakan suatu dataset yang pada data tersebut akan mempunyai suatu penggerombolan titik api secara alami yang dapat di pantau melalui sensor MODIS.

Kebakaran dapat menyebabkan banyak kerugian lingkungan terutama pada kebakaran hutan yang tidak terkendali, aspek yang ditinjau adalah sosial ekonomi, ekologi, dan politis. Dampak kerugian pada kebakaran hutan dan lahan antara lain: Mengalami Kerusakan dan hilangnya sumberdaya hutan, meningkatnya erosi tanah, sistem penyangga kehidupan yang menurun dengan berkurangnya keanekaragaman jenis flora dan fauna sebagai sumber plasma nutfa, iklim mikro yang mengalami perubahan, dan nilai estetika yang menurun. Dampak dari asap tebal yang berasal dari kebakaran hutan dan lahan yang tidak terkendali akan mengakibatkan kerugian lainnya juga seperti menurunnya aktivitas ekonomi. Bentuk kerugian dari asap kebakaran dapat ditinjau dari aspek: kesehatan kehilangan produksi industri, pariwisata,

gangguan transportasi, pengunjung hotel dan penginapan akan menurun drastis akibat kebakaran hutan dan lahan yang tidak terkendali, serta kemungkinan memburuknya kerjasama diplomasi dengan negara lain [3] Dari keterangan diatas, untuk keberadaan titik api dapat mengindikasikan adanya berpotensi perluasan sebaran titik api ataupun bisa juga titik api tersebut tidak mengalami perluasan sebaran titik api. Oleh karena itu dilakukan clustering untuk menentukan apakah pada titik api di area tersebut bertambah luas kebakarannya atau tidak dan dapat dilakukan pencegahan agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar tentunya.

Penelitian ini mengimplementasi algoritma ST-DBSCAN, yang dirancang sistem tersebut berbasis SIG. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu sistem informasi geografis yang dapat menyajikan visualisasi tentang suatu data tentang dampak dari bencana yang di teliti dan yang mengola data informasi spasial. Berbasis komputer yang dapat mengola, menyimpan, menganalisis data geografis. Dimana dengan adanya teknologi SIG ini dapat mempermudah kita dalam penerapan algoritma dan pengolahan data, salah satunya dalam pemetaan titik api kebakaran hutan yang terjadi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Kebakaran Hutan*

Setiap tahunnya terdapat berjuta herkar hutan yang terbakar pada seluruh penjuru dunia tidak terkecuali di Indonesia, kabakaran hutan menjadi suatu topik perdebatan di bidang lingkungan juga ekonomi dan merambat ke pusat perhatian internasional, berdampaknya kebakaran hutan menyebabkan pencemaran udara seperti kabut asap, lalu berdampak pula pada sektor perekonomian hutan dan pada produktivitas tanah, terancamnya

kepunahan pada flora dan fauna di hutan yang akan terus menerus merusak siklus kehidupan di hutan yang disebabkan oleh kebakaran hutan. [1]

B. Titik Api

Titik Api merupakan suatu titik-titik panas di permukaan bumi yang dapat digunakan sebagai indikasi adanya kebakaran hutan. Pada indikasi kebakaran hutan dapat di peroleh data titik api melalui satelit penginderaan jarak jauh. Pada Titik api yang menggerombol dalam sebuah ruang secara alami akan mengikuti hukum Geografi 1 Tobler yaitu untuk semua yang berkaitan dengan sesuatu yang lainnya, tetapi ada hal-hal yang lebih dekat akan lebih terkait daripada hal-hal yang jauh sehingga titik api akan mengelompok karena kedekatan secara lokasi dan waktu [2] kebakaran hutan dapat di analisis apabila data penggerombolan titik api lokasi titik api telah diketahui maka data tersebut bisa digunakan dalam analisis kebakaran hutan, sehingga pengambilan langkah dini untuk menanggulangi kebakaran hutan dan lahan yang intinya sangat penting dalam suatu hal dan keperluan untuk perencanaan.

C. ST-DBSCAN

Algoritme ST-DBSCAN merupakan pengembangan dari algoritme DBSCAN. Dimana ST-DBSCAN ini berbeda dengan algoritme clustering lainnya yang berbasis kepadatan, algoritme ST-DBSCAN memiliki kemampuan untuk menemukan cluster yang berkaitan dengan nilai-nilai spasial dan temporal dari objek. Adapun modifikasi yang dilakukan Birant dan Kut (2007) terhadap algoritme DBSCAN adalah sebagai berikut :

1. Algoritma ST-DBSCAN dapat melakukan cluster data spatio-temporal sesuai dengan atribut spasial dan temporal.

2. Pada algoritma DBSCAN tidak mendeteksi titik noise ketika kepadatan bervariasi tetapi algoritme ini mengatasi masalah ini dengan menetapkan faktor kepadatan untuk setiap cluster
3. Untuk mengatasi konflik pada perbatasan objek dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata cluster yang akan datang dengan nilai baru

Kedekatan dapat didefinisikan dalam metrik jarak. Fungsi antara jarak harus refleksif dan simetris. Salah satu perhitungan jarak yang populer adalah perhitungan jarak Euclidean. Jarak Euclidean merupakan perhitungan jarak yang sensitive terhadap outlier yang ditunjukkan pada persamaan 1 :

$$Dist(i,j) = \sqrt{(X_{long_i} - X_{long_j})^2 + (X_{lat_i} - X_{lat_j})^2} \dots\dots\dots(1)$$

i dan j merupakan objek dua dimensi [6]

Pada penelitian ini fungsi metrik jarak digunakan untuk menghitung kedekatan pada aspek spasial. Pada aspek temporal euclidean distance dapat diterapkan namun kurang efisien karena aspek temporal hanya terdiri atas satu dimensi digunakan persamaan 2.

$$Dist(i,j) = |X_{date_i} - X_{date_{i+1}}| \dots\dots\dots(2)$$

xdate adalah objek pada kolom date dan merupakan objek satu dimensi

Menurut Pöelitz & Andrienko (2010) bahwa terdapat beberapa pola sebaran Titik api yang terdiri dari 4 tipe Cluster yaitu :

1. *Reappearing*
Cluster reappearing merupakan tipe *cluster temporal* yang terjadi dalam lokasi yang sama dan

dipisahkan oleh interval waktu. Tipe *cluster reappearing* dibagi menjadi dua:

- a. *Regular* (periodik) *Cluster, regular* memiliki interval waktu serta tempat kemunculan titik api yang sama. Sebagai contoh, kejadian titik api terjadi pada lokasi x dan waktu $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ dengan perbedaan waktu antara t_0 dengan t_1 adalah 3 hari, t_1 dengan t_2 adalah 3 hari, begitu seterusnya hingga t_{n-1} dengan t_n .
- b. *Irregular Cluster, irregular* memiliki interval waktu yang berbeda namun tempat kemunculan titik api sama. Sebagai contoh, kejadian titik api terjadi pada lokasi x dan waktu $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ dimana perbedaan waktu antara t_0 dengan t_1 adalah 3 hari, t_1 dengan t_2 adalah 8 hari, dan akan berbeda kembali saat t_{n1} dengan t_n .

2. *Stationary*

Cluster diperluas secara *temporal* pada seluruh rantang waktu penelitian atau dari saat tertentu sampai akhir waktu tertentu dalam rantang waktu penelitian namun terbatas secara spasial.

3. *Occasional*

Cluster occasional memiliki perpindahan *spasial* dan perubahan *temporal* secara bersamaan

4. *Tracks*

Pola kejadian berikutnya pada *cluster* mengalami pergerakan secara *spasial* dan memiliki *temporal* yang sangat padat. Contohnya adalah serangkaian foto yang diambil oleh wisatawan dalam perjalanan

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan membangun suatu sistem yang dapat digunakan untuk *cluster* pola sebaran data titik api kebakaran hutan dengan menggunakan metode *ST-DBSCAN*. Jenis penelitian ini juga bermanfaat sebagai sarana pemecahan masalah

penelitian yang bersifat fungsional serta dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan praktis yang timbul, ataupun menghasilkan suatu produk yang memiliki fungsi praktis lainnya.

A. *Metode Pengumpulan Data*

Peneliti melakukan pengumpulan data dengan menggunakan metode dokumentasi, yaitu suatu teknik untuk memperoleh sebuah informasi tentang hal-hal yang berkaitan dengan data yang digunakan dengan melihat kembali laporan tertulis baik berupa angka maupun keterangan [7]. Dalam penelitian yang dilakukan ini, data yang akan diolah merupakan data Titik api dari tahun 2016, 2017 dan 2018 di pulau Indonesia yang diambil dari *Website NASA FIRMS* milik Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) menggunakan satelit *Terra* dan *Aqua* dengan sensor *MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)*. Data yang digunakan merupakan koordinat titik api yaitu (*Longitude dan Latitude*), dan waktu (*Date*)

Data titik api atau titik api yang telah di peroleh tersebut nantinya akan di proses dengan menggunakan algoritme *ST-DBSCAN* guna mengetahui pola pergerakan sebaran titik api tersebut. Dalam hal ini terdapat 4 pola sebaran titik api yaitu *reappearing (Regular & Irregular), Stationary, Occasional, Tracks*. *Output* dari sistem yaitu berupa *clustering* data pola pergerakan sebaran titik api.

B. *Model Pengembangan Sistem*

1. Analisis Kebutuhan Sistem : sistem informasi ini dapat menampilkan titik api dalam bentuk sistem informasi geografis yang sudah tervisualisasi pada pulau Indonesia dengan tahun 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, dan 2020.
2. Desain Sistem : Dalam tahap perancangan desain sistem, tahap ini merupakan suatu tahap

yang mengharuskan analisis dalam perancangan desain sistem untuk berusaha mengetahui hal-hal yang menjadi kebutuhan pengguna. Tahapan perancangan desain sitem yaitu Diagram Alir, data flow diagram, desain perancangan antarmuka, dan desain pengujian.

3. Implementasi: dalam pengimplementasian sistem pada saat menggunakan Rstudio, dan Open Street Maps Programming
4. Pengujian : Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini fokus pada perangkat lunak dari segi fungsional pada aplikasi yang dibangun, apakah sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, yaitu aplikasi berjalan dengan baik dan benar sehingga dapat menentukan *cluster* visualisasi titik api atau titik api di pulau Indonesia. Pengujian fungsional adalah teknik pengujian yang digunakan untuk menguji fitur/fungsi dari sistem. Pada penelitian ini pengujian fungsional menggunakan pengujian sistem *blackbox testing*.

C. Location

Lokasi Penelitian ini bertempat di pulau Indonesia sebagai lokasi yang akan diteliti dengan luas 174.600 km². Pada tahun 2016, 2017 dan 2018 terdapat 7780 titik api pada pulau Indonesia.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

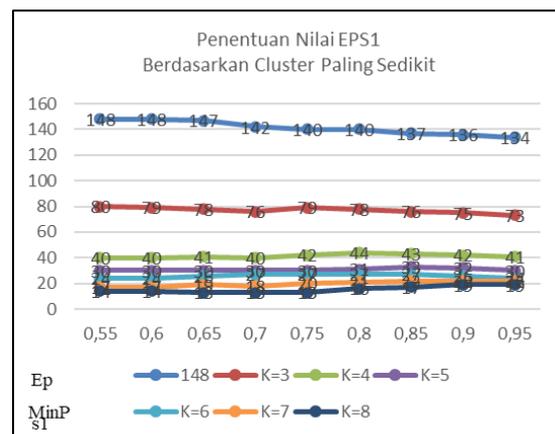
A. Praposes Data Titik api

Data file titik api yang telah di peroleh dari *website Nasa-Firms* merupakan *file* data titik api dalam bentuk CSV (*Comma Separated Values*) yang memiliki beberapa *field* diantaranya *latitude*, *longitude*, *brightness*, *scan*, *track*, *acq_date*, *acq_time*, *satellite*, *instrumer*, *confidence*, *version*, *bright_t31*, *frp*, *daynight*, *type*. Pada algoritma *ST-DBSCAN* ini hanya diperlukan 3 *field* dalam

perhitungan *cluster ST-DBSCAN* diantaranya yaitu *latitude*, *longitude*, dan *date*

B. Penentuan Nilai Eps dan MinPts

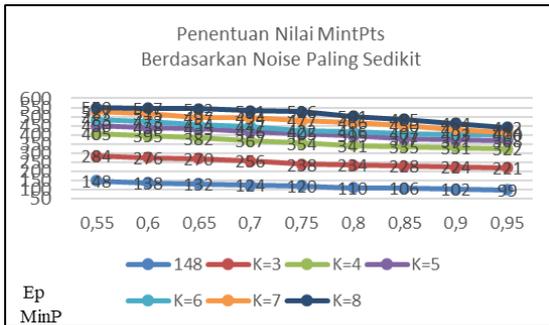
Pada penelitian dengan menggunakan algoritma *ST-DBSCAN* memerlukan beberapa parameter yang digunakan diantaranya yaitu Eps1, Eps2, dan MinPts. Parameter nilai MinPts ini digunakan untuk jumlah minimum titik titik api dalam suatu cluster. Dalam penentuan nilai Eps1 dan MinPts dilakukan dengan cara pergeseran nilai Eps1 mulai dari Eps1=0.55 sampai Eps1=0.95 dengan nilai MinPts=2 sampai MinPts=8. Pada penentuan nilai Eps1 ini dilihat dari hasil total *cluster* yang paling sedikit dengan menggunakan data asli titik api Indonesia, didapatkan dari pergeseran nilai tersebut yaitu Eps1=0.7 merupakan parameter yang paling optimal dengan menghasilkan total 45 cluster. Dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Penentuan Nilai Eps1

Pada penentuan nilai MinPts dilakukan juga dengan cara pergeseran nilai nilai Eps1=0.55 sampai Eps1=0.95 dengan menggunakan nilai MinPts=2 sampai MinPts=8. Pada penentuan nilai MinPts ini dilihat berdasarkan hasil total noise yang paling sedikit dengan menggunakan data asli titik api Indonesia, didapatkan dari pergeseran nilai tersebut yaitu MinPts=2 merupakan parameter yang

paling optimal dengan menghasilkan total 357 noise. Dapat dilihat pada gambar 2.

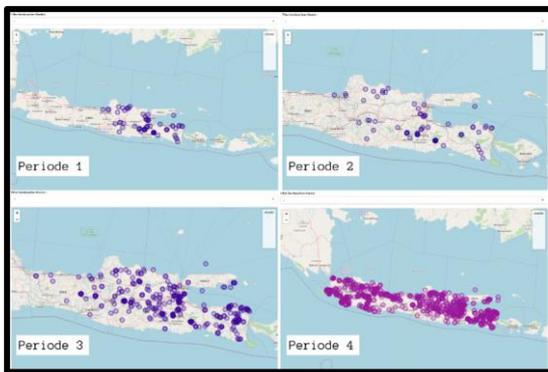


Gambar 2. Penentuan Nilai MinPts

Dalam penentuan nilai Eps2 peneliti menggunakan nilai Eps2=7 penelitian merekomendasikan nilai tersebut untuk mendapatkan pola clustering dalam runtun waktu yang lebih kecil, yaitu dalam satu minggu.

C. Implementasi Sistem

Pada gambar berikut ini merupakan salah satu contoh hasil visualisasi titik api Pulau Jawa dari tahun 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, dan 2020 yang dapat di analisis oleh peneliti dapat di lihat pada gambar 3.



Gambar 3. Visualisasi Cluster 1 Tahun 2015

Dapat dilihat pada gambar 3 peneliti mengkategorikan bahwa cluster 1 merupakan tipe titik api kategori Track yang terjadi di Pulau Jawa .

D. Pengujian Running Time Algoritme ST-DBSCAN

Pada pengujian running time ini dilakukan dengan cara menggunakan nilai pada setiap

parameter di ubah. Adapun nilai parameter yang dirubah tersebut yaitu Eps1 dan MinPts. Hasil yang didapat dalam pengujian running time dengan algoritme ST-DBSCAN dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Running Time Algoritme ST-DBSCAN

Eps 1	MinPts=2		MinPts=3		MinPts=4		MinPts=5	
	R.Tim e	R.Tim e	R.Tim e	R.Tim e	R.Tim e	R.Tim e	R.Tim e	
0.5	1.08 s	0.5	1.18 s	0.5	1.13 s	0.5	1.00 s	
0.7	1.19 s	0.7	1.19 s	0.7	1.00 s	0.7	1.19 s	
0.8	1.12 s	0.8	1.28 s	0.8	1.18 s	0.8	1.17 s	
0.8	1.22 s	0.8	1.31 s	0.8	1.14 s	0.8	1.22 s	
0.9	1.28 s	0.9	1.27 s	0.9	1.31 s	0.9	1.29 s	
0.9	1.30 s	0.9	1.30 s	0.9	1.23 s	0.9	1.34 s	

Pada tabel diatas data yang digunakan yaitu data titik api atau titik api dengan jumlah 300 data titik api atau titik api yang diambil dari tahun 2015, 2016, 2017, 2017, 2018, 2019, dan 2020.

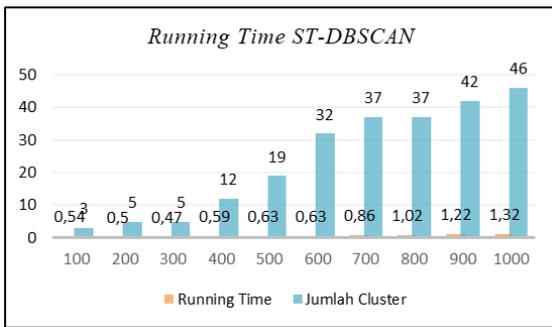
K. Pengujian Perfoma Algoritme ST-DBSCAN

Dalam melakukan pengujian performa algoritme ST-DBSCAN nilai yang di ujikan yaitu data titik api pulau Indonesia dengan menggunakan beberapa varian data mulai dari 100 – 1000 data digunakan dalam pengujian performa algoritma parameter Epsilon dan MinPts yang digunakan dalam melakukan pengujian yaitu dengan nilai Eps1= 0.7 Eps2= 7 dan MinPts= 2

Pada pengujian performa algoritma data yang telah di tentukan akan di masukkan kedalam tabel mulai dari running time sistem ST-DBSCAN, jumlah cluster, cluster besar, cluster kecil, dan noise dari setiap data yang digunaka dalam pengujian

Tabel 2. Tabel Pengujian Performa Algoritme ST-DBSCAN

No.	Jumlah Data	ST-DBSCAN (detik)	Jumlah Cluster	Cluster Besar	Cluster Kecil	No ise
1.	100	0.54 s	3	1	2	4
2.	200	0.50 s	5	1	4	2
3.	300	0.47 s	5	1	4	5
4.	400	0.59 s	12	1	11	7
5.	500	0.63 s	19	1	18	19
6.	600	0.63 s	32	2	30	23
7.	700	0.86 s	37	3	34	30
8.	800	1.02 s	37	3	34	33
9.	900	1.22 s	42	3	39	39
10.	1000	1.32 s	46	3	43	41

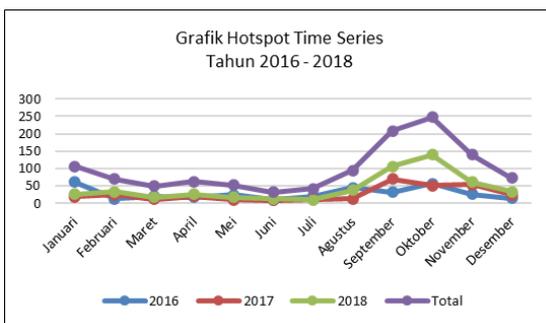


Gambar 4. Grafik perbandingan Pengujian *Running Time*

L. Grafik Titik api Time Series

Grafik titik api *time series* merupakan grafik perbandingan terjadinya kemunculan titik api dalam rentang waktu enam tahun terakhir yakni pada tahun 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 dan 2020. Dengan adanya grafik perbandingan kemunculan titik api tersebut peneliti dapat mengetahui bulan berapa sering terjadinya kemunculan titik api tertinggi dalam kurun waktu tiga tahun terakhir pada pulau Indonesia. Berikut ini merupakan grafik perbandingan titik api *time series* atau kemunculan titik api dalam waktu tiga tahun terakhir pada tahun 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, dan 2020 dapat dilihat pada gambar 5

Dapat dilihat pada gambar 5. pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa dalam rentang waktu tiga tahun terakhir pada bulan Juli - Oktober memiliki tingkat kemunculan titik api yang cenderung mengalami peningkatan jumlah titik api di pulau Indonesia.



Gambar 5. Grafik Titik api *Time Series*

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan hasil yang sudah dilakukan, maka terdapat beberapa kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem informasi berupa *Clustering* titik api dengan menggunakan Algoritma *ST-DBSCAN*. Hal ini ditunjukkan dengan berjalannya semua scenario pengujian yang telah dibuat.
2. Penulis dapat mengelompokkan pola sebaran titik api dengan menggunakan algoritma *ST-DBSCAN*.
3. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh jumlah cluster di seluruh indonesia dari tahun 2015 sampai dengan 2020 terdapat 1.540 total cluster.

B. Saran

Berdasarkan analisi dan perancangan pada sistem ini, pada implementasi sistem peneliti pada pengujian sistem, maka saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dalam menentukan atau menetapkan parameter nilai *Eps* dan *MinPts* dapat dilakukan secara otomatis dari sistem.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk menggunakan lebih banyak parameter yang digunakan untuk, longitude latitude dan datanya.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan dalam menentukan *Clustering* pola sebaran titik api dapat dilakukan secara otomatis dari sistem.

REFERENSI

- [1] Bappenas, 1999. *Causes, Extent, Impact and Costs of 1997/1998 Fires and Drought*, Jakarta: ADB.
- [2] Syaufin, L., 2008. *Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia*, Bogor: Bayumedia Publishin.
- [3] Miller, H., 2004. *Tobler's First Law and Spatial Analysis. Annals of the Association of American Geographer*, UK: Blackwell publishing.
- [4] Rowell, A. & Moore, P., 2001. *Global Review of Forest Fires*. s.l.:WWF.IUCN,Gland.
- [5] Birant, D. & Kut, A., 2007. ST-DBSCAN: An Algorithm for Clustering Spatialtemporal data. *Data and Knowledge Engineering*, pp. 60:208-221
- [6] Poelitz, C. & Andrienko, N., 2010. *Finding Arbitrary Shaped Cluster with Related Extents in Space and Time*, s.l.: IEEE-VGTC Simposium on Visualization.
- [7] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- [8] Abdullah, A., 2016. *Islamisasi di Sulawesi Selatan Dalam Perpektif Sejarah*, Makassar: Universitas Pejuang Republik Indonesia (UPRI).
- [9] Beeley, C., 2013. *Web Application Development with R Using Shiny*. UK: Packt Publishing Ltd.
- [10] Birant, D. & Kut, A., 2007. ST-DBSCAN: An Algorithm for Clustering Spatialtemporal data. *Data and Knowledge Engineering*, pp. 60:208-221.
- [11] BNPB, 2009. *Pulau Sulawesi - Geospasial - BNPB diambil kembali dari BNPB*, s.l.:http://geospasial.bnpb.go.id/wpcontent/uploads/2009/11/20091124_basemap_sulawesi_BNPB.pdf .
- [12] Indrawan, A., 2014. Spatio-Temporal Clustering Titik api di Sumatera Selatan Tahun 2002-2003 Menggunakan Algoritme ST-DBSCAN dan Bahasa Pemrograman R. *Journal IPB*.
- [13] Mardhiyyah, R., 2014. Clustering Dataset Titik panas Dengan Algoritme DBSCAN Menggunakan Web Framework Shiny Pada Bahasa Pemrograman R. *Journal IPB*.
- [14] Munir, F., 2017. Visualisasi Algoritme Clustering ST-DBSCAN Untuk Data Titik panas Dengan Web Framework Shiny. *Journal IPB*.
- [15] Pressman, R. S., 2015. *Rekayasa Perangkat Lunak*. 7th ed. s.l.:Andi Offset.
- [16] Puspitasari, Y., 2015. Modul Visualisasi Clustering Berbasis Densitas Untuk Persebaran Titik panas di Indonesia Menggunakan Mapservet. *Journal IPB*.
- [17] Rosa, A., 2013. *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur Dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika Bandung.
- [18] Rowell, A. & Moore, P., 2001. *Global Review of Forest Fires*. s.l.:WWF.IUCN,Gland.
- [19] Sitanggang, S. et al., 2015. d. Spatio-Temporal Data Mining Pada Data Titik api Sebagai Indikator Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Provinsi Riau. *ProsidingSeminarHasil-HasilPPMIPB2015*, Volume I, p. 201–213 .

- [20] Venables, W. & Smith, D., 2009. *An Introduction to R*. Berlin Heidelberg (NY): Springer.
- [21] Tuhulele, P. (2014). Kebakaran Hutan di Indonesia dan Proses Penegakan Hukumnya Sebagai Komitmen dalam Mengatasi Dampak Perubahan Iklim. *SUPREMASI HUKUM Vol. 3, No. 2*, 119-142.
- [22] Prabowo, & Prasetyo, D. (2017). Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Dan Pola Ber-Dasarkan Citra Landsat Multiwaktu Dengan Land Change Modeler (Lcm) Idrisi Selva 17 : Studi Kasus Sub-Das Brantas Hulu. *JURNAL PENDIDIKAN GEOGRAFI*, 32-48.
- [23] LAPAN. (2016). *Informasi Titik Panas Kebakaran Hutan/Lahan* (1st ed.). Lapan.
- [24] Wijaya, N. (2015). Deteksi Perubahan Penggunaan Lahan dengan Citra Landsat dan Sistem Informasi Geografis: Studi Kasus di Wilayah Metropolitan Bandung, Indonesia. *Journal of Geomatics and Planning*, 82-92.
- [25] Mardhiyyah, R. (2014). Clustering Dataset Titik Panas Dengan Algoritme DBSCAN Menggunakan Web Framework Shiny Pada Bahasa Pemrograman R. *Skripsi IPB*.