



Perbandingan Penggunaan Metode RBR dan RBD untuk Identifikasi Area Bekas Kebakaran Hutan dari Citra Sentinel-1 (Studi Kasus: Kabupaten Penajam Paser Utara Tahun 2019)

(Comparison of the Use of RBR and RBD Methods to Identify Forest Fire Scars from Sentinel-1 Imagery (Case Study: Penajam Paser Utara District in 2019))

Lintang Ayu Puspitaningrum, Filsa Biorestita

Program Studi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia

Penulis Korespondensi: Filsa Biorestita | **Email:** fils.a.biorestita@its.ac.id

Diterima (*Received*): 13/08/2024 Direvisi (*Revised*): 27/05/2025 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 15/06/2025

ABSTRAK

Pada tahun 2017-2019 terjadi banyak kasus kebakaran hutan dan lahan di Kalimantan Timur, salah satunya di Kabupaten Penajam Paser Utara pada tahun 2019. Kabupaten Penajam Paser Utara memiliki luas hutan sebesar 146271 Ha. Analisis area bekas kebakaran hutan sangat diperlukan untuk mengetahui dampak dari kebakaran tersebut salah satunya dengan menggunakan citra penginderaan jauh. Citra penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi area terbakar ialah citra SAR Sentinel-1. SAR dapat digunakan karena SAR sangat sensitif terhadap struktur permukaan terutama vegetasi. Identifikasi area terbakar dapat dilakukan menggunakan algoritma *Radar Burn Ratio* (RBR) dan *Radar Burn Difference* (RBD). Pemisahan area terbakar dan tidak terbakar dilakukan menggunakan tiga model *threshold* yaitu $\mu - 1\sigma, \mu, \mu + 1\sigma$. Dari penelitian ini, dapat diketahui model area terbakar yang memiliki akurasi paling baik dari algoritma RBR dan RBD yaitu berdasarkan $\text{threshold } \mu - 1\sigma$. Model area terbakar tersebut menunjukkan nilai akurasi yaitu 83,72% dan 78,60%. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya kesesuaian antara hasil pengolahan dengan data validasi yang digunakan. Luas area terbakar yang dihasilkan oleh kedua model area terbakar tersebut juga memiliki perbedaan, untuk model area terbakar RBR $\text{threshold } \mu - 1\sigma$ menghasilkan area sebesar 10464,62 Ha dan model area terbakar RBD $\text{threshold } \mu - 1\sigma$ menghasilkan area sebesar 31248,99 Ha.

Kata Kunci: Kebakaran Hutan, *Radar Burn Difference*, *Radar Burn Ratio*, SAR Sentinel-1, *Thresholding*

ABSTRACT

In 2017-2019 there were many cases of forest and land fires in East Kalimantan, one of which was in North Penajam Paser District in 2019. Penajam Paser Utara Regency has a forest area of 146271 Ha. Analysis of the former forest fire area is needed to determine the impact of these fires, one of which is by using remote sensing imagery. The remote sensing image that can be used to identify burned areas is the Sentinel-1 SAR image. SAR can be used because SAR is very sensitive to surface structures, especially vegetation. The identification of burnt areas can be done using the Radar Burn Ratio (RBR) and Radar Burn Difference (RBD) algorithms. The separation of burnt and unburnt areas is done using three threshold models, namely $\mu - 1\sigma, \mu, \mu + 1\sigma$. From this research, it can be seen that the burnt area model that has the best accuracy from the RBR and RBD algorithms is based on the $\mu - 1\sigma$ threshold. The burnt area model shows an accuracy value of 83.72% and 78.60%. Both results show that there is agreement between the processing results and the validation data used. The area of burnt area produced by the two burnt area models also has a difference, for the RBR threshold $\mu - 1\sigma$ burnt area model produces an area of 10464.62 Ha and the RBD threshold $\mu - 1\sigma$ burnt area model produces an area of 31248.99 Ha.

Keywords: Forest Fire, *Radar Burn Difference*, *Radar Burn Ratio*, SAR Sentinel-1, *Thresholding*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sumber daya alam hutan yang memberikan berbagai manfaat (Reksohadiprodjo & Brodjonegoro, 2000 dalam Rahmawaty, 2004). Kebakaran hutan dan lahan di Indonesia terjadi hampir setiap tahun walaupun frekuensi, intensitas, dan luas area berbeda-beda (Rasyid, 2014). Berdasarkan data area kebakaran hutan pada tahun 2017 – 2019, terjadi banyak kasus kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) di Kalimantan Timur salah satunya di Kabupaten Penajam Paser Utara pada tahun 2019 dengan luas yang diketahui dari data SiPongi, Karhutla Monitoring System, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yaitu 6.715 hektar. Identifikasi area terbakar sangat penting untuk dilakukan agar mengetahui dampak kebakaran tersebut sebagai salah satu upaya dalam mitigasi bencana. Pengukuran area terbakar secara langsung dilapangan sangat sulit untuk dilakukan, selain biaya yang relatif mahal, wilayah yang luas dan lokasi sulit dijangkau juga menjadi alasan utama (Suwarsono dkk., 2013). Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi area terbakar yaitu memanfaatkan citra penginderaan jauh (Cochrane, 2003).

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah salah satu jenis citra satelit penginderaan jauh aktif dengan kelebihan akuisisi citra tanpa terpengaruh kondisi cuaca. Sentinel-1 dapat digunakan untuk mengidentifikasi area terbakar dengan melakukan pengukuran rangkaian gema radar yang diproses di dalam segmen darat (Torres dkk., 2012). *Radar Burn Ratio* (RBR) dan *Radar Burn Difference* (RBD) merupakan metode untuk mengidentifikasi area terbakar dengan menggunakan satelit SAR. *Radar Burn Ratio* (RBR) melakukan perhitungan rasio nilai rata – rata *backscatter* dari citra SAR pra dan pasca kebakaran (Tanase dkk., 2015). Sedangkan, *Radar Burn Difference* (RBD) melakukan perhitungan selisih antara nilai rata – rata *backscatter* dari citra SAR pra dan pasca kebakaran. Kedua metode ini digunakan karena RBR dan RBD dihitung berdasarkan setiap polarisasi citra sebelum dan sesudah kebakaran dalam kondisi kering (Lasaponara & Tucci, 2019) sehingga dapat menghasilkan hasil yang lebih akurat (Syam'ani, 2019). Pra merupakan periode sebelum terjadinya kebakaran hutan, sedangkan pasca merupakan periode setelah terjadinya kebakaran hutan atau saat kebakaran hutan tersebut padam.

Penelitian Lasaponara & Tucci, (2019) dalam identifikasi area terbakar menggunakan polarisasi VV dan VH pada citra Sentinel-1 pra dan pasca kebakaran menghasilkan kesimpulan bahwa polarisasi VH dapat memberikan perbedaan wilayah area terbakar dan tidak terbakar yang terlihat jelas jika dibandingkan dengan polarisasi VV. Dapat diketahui bahwa mengidentifikasi dan mengkarakterisasi tingkat keparahan kebakaran dapat dipengaruhi oleh jenis dan distribusi bahan bakar, perilaku api, waktu tinggal api, dan laju panas. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan algoritma RBR dan RBD yang telah diberikan *threshold* dengan menggunakan citra Sentinel-1 polarisasi VH dalam rentang waktu pra dan pasca kebakaran hutan dalam kondisi lahan kering. Selain itu, penelitian ini juga

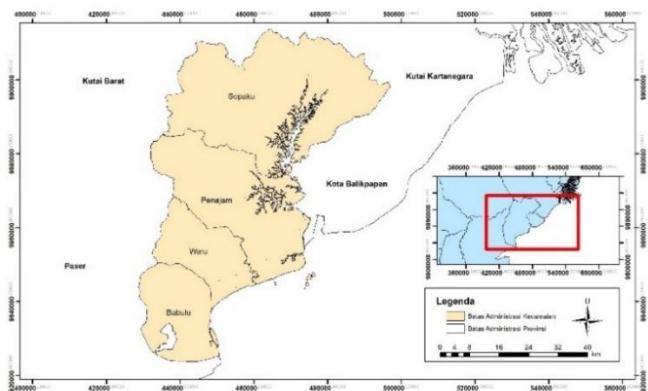
melakukan uji validasi dengan menggunakan *confusion matrix* dengan data kebakaran hutan yang dimiliki oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang diharapkan dapat memiliki akurasi yang baik agar dapat digunakan dalam upaya mitigasi bencana kebakaran hutan dan lahan kedepannya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan hasil area bekas kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019 menggunakan citra Sentinel-1 GRD polarisasi VH dengan metode *Radar Burn Ratio* (RBR) dan *Radar Burn Difference* (RBD), serta untuk mengembangkan hasil identifikasi terbaik dari masing – masing metode yang digunakan.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data citra SAR Sentinel-1 GRD, data poligon batas administrasi Kabupaten Penajam Paser Utara, data titik koordinat pemadaman pada kasus kebakaran hutan di Kabupaten Penajam Paser Utara pada tahun 2019 dan data titik hotspot di Kabupaten Penajam Paser Utara pada tahun 2019. Pengambilan tanggal untuk data citra satelit SAR Sentinel-1 GRD pada pra kebakaran yaitu 1 Oktober 2018 hingga 1 Januari 2019 dan pasca kebakaran yaitu 1 Oktober 2019 hingga 31 Desember 2019 yang memiliki polarisasi VH. Citra pra dan pasca kebakaran tersebut digunakan dalam pengolahan data menggunakan metode *Radar Burn Ratio* (RBR) dan *Radar Burn Difference* (RBD). Data titik koordinat pemadaman kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019 digunakan sebagai data validasi hasil dari pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode *confusion matrix*. Data tersebut didapatkan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Selain data titik koordinat pemadaman, data titik hotspot di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019 juga bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang digunakan sebagai validasi visual dari hasil pengolahan data.

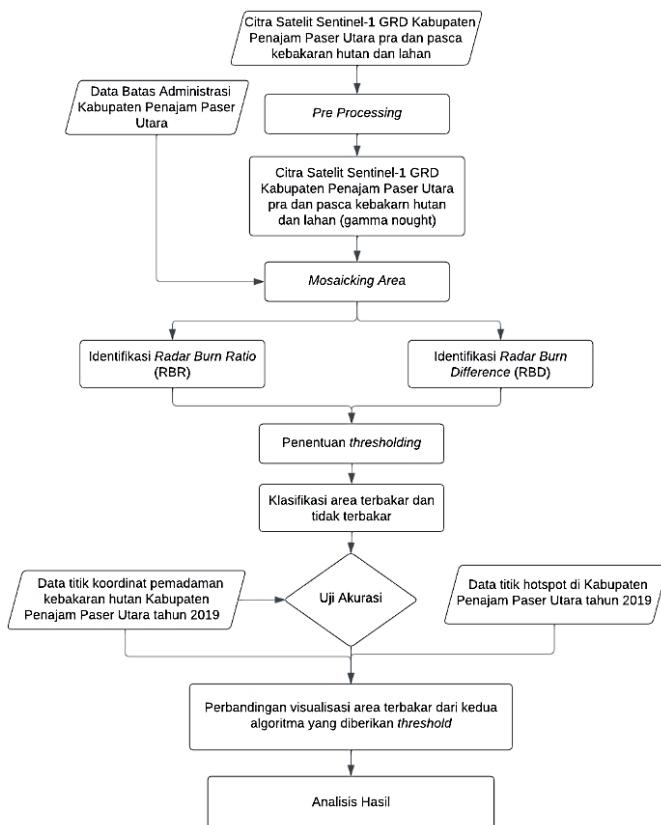


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, yaitu terletak di Provinsi Kalimantan Timur tepatnya di

Kabupaten Penajam Paser Utara. Kabupaten Penajam Paser Utara secara geografis terletak pada $00^{\circ}48'29''$ - $01^{\circ}36'37''$ LS dan $116^{\circ}19'30''$ - $116^{\circ}56'35''$ BT dengan luas area 315577,357384 Ha. Menurut Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur, luas hutan yang ada di Kabupaten Penajam Paser Utara yaitu sebesar 146271 Ha.

2.2. Metodologi



Gambar 2. Diagram alir tahap pengolahan data

Diagram alir tahap pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 2. Penjelasan tahap-tahap pada diagram alir adalah sebagai berikut.

- Pre-Processing**
Pada tahap ini dilakukan beberapa langkah diantaranya *Reducer Median*, *Convert to dB* dan *Speckle Filter*.
- Mosaicking Area**
Penggabungan dua atau lebih *scene* citra untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan batas administrasi wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara agar terlihat gambaran citra sepenuhnya.
- Identifikasi Area Terbakar**
Dilakukan identifikasi area terbakar menggunakan metode *Radar Burn Ratio* (RBR) (Persamaan 1) dan *Radar Burn Difference* (RBD) (Persamaan 2). Proses ini menggunakan nilai rata – rata *backscatter* Sentinel-1 GRD pra dan pasca kebakaran hutan dan lahan. Formula yang digunakan dalam algoritma *Radar Burn Ratio* (RBR) yaitu sebagai berikut.

$$RBR = \frac{\text{Nilai backscatter pasca kebakaran}_{xy}}{\text{Nilai backscatter pra kebakaran}_{xy}} \quad (1)$$

dimana,

xy = Polarisasi yang digunakan (VH)

Nilai rasio *backscatter* dari citra pra dan pasca kebakaran digunakan untuk merepresentasikan kondisi hutan secara rata – rata dan memperlihatkan perubahan yang terjadi pada permukaan tanah setelah kebakaran (Tanase dkk., 2015).

Adapun formula yang digunakan untuk RBD dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$RBD = Y - X \quad (2)$$

dimana,

X = Nilai *backscatter* pra kebakaran

Y = Nilai *backscatter* pasca kebakaran

Besarnya perbedaan nilai *backscatter* dari citra pra dan pasca kebakaran digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan yang terjadi karena besarnya perubahan *backscatter* radar yang terjadi (Pongdatu & Bioresita, 2023).

d. Penentuan Thresholding

Nilai ambang batas digunakan untuk memisahkan area terbakar dan tidak terbakar. Nilai ambang batas mengacu pada Chuvieco dkk., (2002) yaitu $\mu - 1\sigma$, μ dan $\mu + 1\sigma$.

e. Klasifikasi Area Terbakar dan Tidak Terbakar Dengan menggunakan nilai ambang batas (*threshold*), dapat dilakukan klasifikasi area terbakar dan tidak terbakar.

f. Uji Akurasi

Hasil klasifikasi area terbakar dan tidak terbakar yang dihasilkan kedua algoritma berdasarkan *threshold* akan dilakukan uji akurasi untuk mengetahui hasil dengan tingkat akurasi tertinggi. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan data titik koordinat pemadaman pada kasus kebakaran hutan dan lahan tahun 2019. Uji akurasi yang digunakan yaitu *Confusion Matrix*. *Confusion Matrix* merupakan uji akurasi pada peta yang memungkinkan perhitungan ukuran pada akurasi tertentu. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan akurasi (Darmo dkk., 2018) ditunjukkan pada Persamaan 3 – 7 berikut.

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{X_{ii}}{X_i} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{User's accuracy} = \frac{X_{ii}}{X_i} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{N} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Omission error} = 100\% - \text{Producer's accuracy} \quad (6)$$

$$\text{Comission error} = 100\% - \text{User's accuracy} \quad (7)$$

Berdasarkan hasil uji akurasi model area terbakar dengan menggunakan metode *confusion matrix*, digunakan nilai *overall accuracy* untuk mengukur seberapa baik model hasil identifikasi dari semua kategori yang ada dan memberikan gambaran umum tentang kinerja model dalam mengklasifikasi area yang terbakar dan tidak terbakar.

g. Perbandingan Visualisasi

Hasil klasifikasi area terbakar dan tidak terbakar yang dihasilkan akan dilakukan perbandingan visual menggunakan data titik koordinat pemadaman pada kasus kebakaran hutan dan lahan serta data titik hotspot di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019.

h. Analisis Hasil

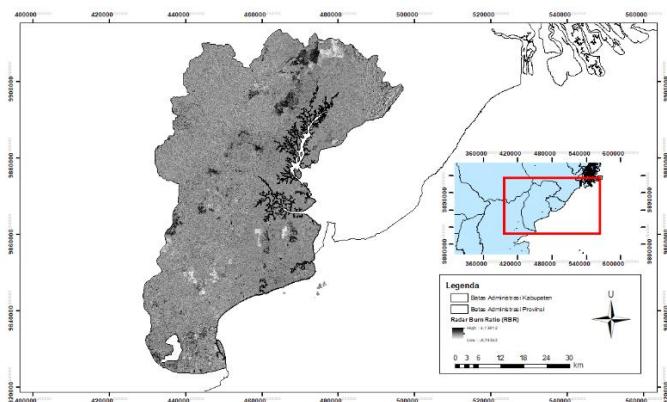
Analisis akan dilakukan dengan memperhatikan polarisasi yang digunakan yaitu polarisasi VH. Analisis juga akan memperhatikan luas area terbakar dari kejadian kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Area Terbakar

Penelitian ini menggunakan algoritma *radar burn ratio* (RBR) dan *radar burn difference* (RBD) untuk melakukan identifikasi area terbakar. Kedua metode tersebut memiliki beberapa keunggulan dalam mengidentifikasi area terbakar dengan menggunakan citra SAR yaitu RBR melakukan identifikasi dengan menggunakan rasio dari nilai *backscatter* citra pra dan pasca kebakaran, sementara RBD menggunakan perbedaan nilai *backscatter* secara langsung. Hal ini akan meningkatkan sensitivitas terhadap area terbakar dan menghasilkan deteksi yang lebih akurat. Pemilihan rentang waktu untuk citra pra dan pasca kebakaran hutan dan lahan akan sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan.

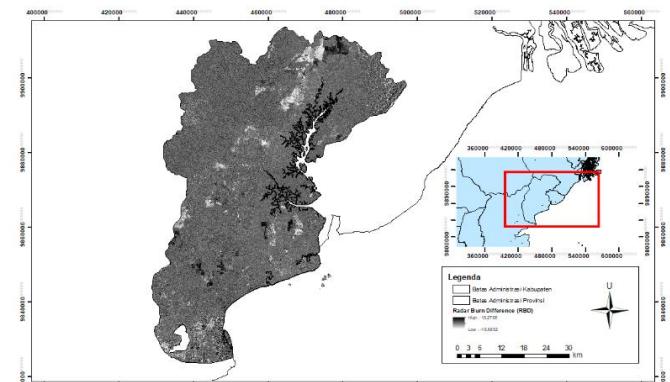
Visualisasi model area terbakar yang didapatkan menghasilkan piksel yang lebih jelas dibandingkan dengan piksel lain, sehingga dapat dengan mudah dibedakan dari bagian lainnya. Berikut merupakan visualisasi model area terbakar algoritma RBR (Gambar 3) dan model area terbakar algoritma RBD (Gambar 4).



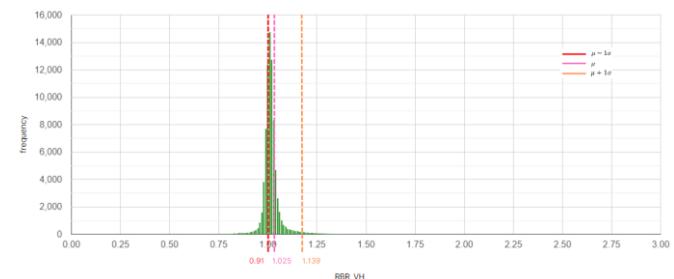
Gambar 3. Model area terbakar dengan algoritma RBR

Visualisasi model area terbakar dari kedua algoritma menjelaskan bahwa baik algoritma RBR maupun RBD cenderung menunjukkan kontras yang tinggi antara area terbakar dan tidak terbakar. Pada model area terbakar RBD menunjukkan lebih banyak indikasi area yang terbakar jika dibandingkan dengan model area terbakar RBR. Hal tersebut dapat terjadi karena RBD menghasilkan kontras

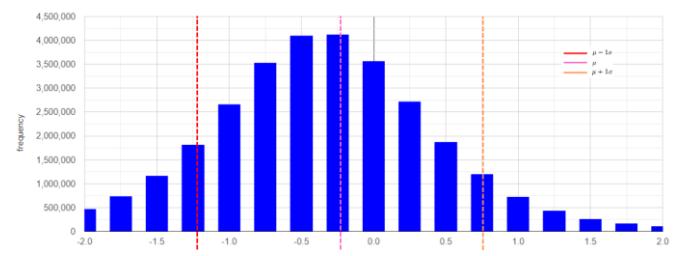
yang lebih tinggi antara permukaan yang berubah dan tidak berubah. Namun pada model area terbakar RBD, terdapat lebih banyak efek *noise* atau bintik hitam yang lebih jelas. Model area terbakar dari kedua algoritma akan menghasilkan nilai piksel yang beragam dan dapat diketahui nilai rata-rata (μ) dan standar deviasinya (σ) untuk algoritma RBR (Gambar 5) dan untuk algoritma RBD (Gambar 6).



Gambar 4. Model area terbakar dengan algoritma RBD



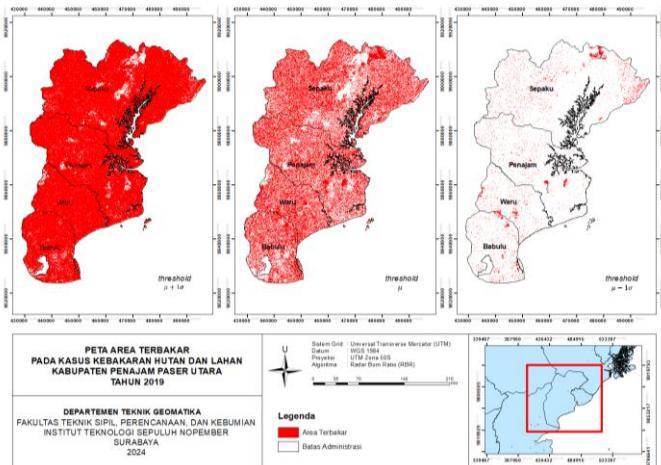
Gambar 5. Diagram nilai piksel algoritma RBR



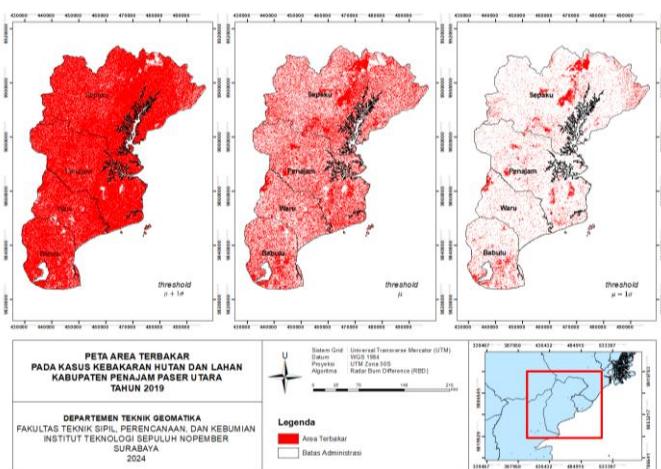
Gambar 6. Diagram nilai piksel algoritma RBD

Berdasarkan diagram nilai piksel, dapat diketahui bahwa nilai piksel yang didapatkan kedua algoritma memiliki rentang nilai yang berbeda. Algoritma RBR (Gambar 5) memiliki rentang nilai dari 0 hingga 3, sedangkan algoritma RBD (Gambar 6) memiliki rentang nilai dari -2 hingga 2. Pada Gambar 5 dan Gambar 6 terdapat tiga garis berbeda yang menunjukkan nilai ambang batas (*threshold*) yang digunakan untuk memisahkan area terbakar dan tidak terbakar. Untuk melakukan klasifikasi area terbakar dan tidak terbakar, diperlukan nilai rata-rata (μ) dan standar deviasi (σ). Nilai *threshold* pada algoritma RBD memiliki

proporsi yang lebih seimbang karena RBD melakukan perhitungan selisih nilai *backscatter* citra pra dan pasca kebakaran. Sedangkan, algoritma RBR melakukan perhitungan rasio nilai *backscatter* citra pra dan pasca kebakaran. Hasil identifikasi area terbakar menggunakan algoritma RBR berdasarkan *threshold* (Gambar 7) dan algoritma RBD berdasarkan *threshold* (Gambar 8).

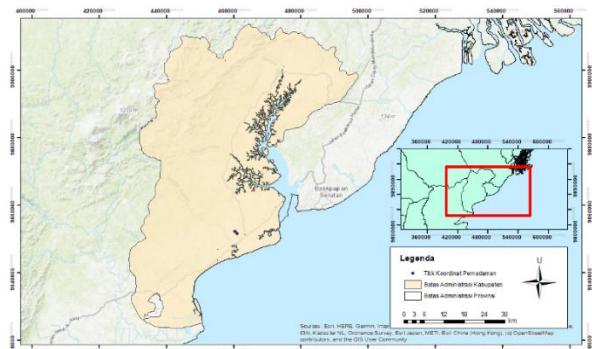


Gambar 7. Area terbakar algoritma RBR dengan *threshold*



Gambar 8. Area terbakar algoritma RBD dengan *threshold*

3.2. Uji Akurasi



Gambar 9. Sebaran titik koordinat pemadaman

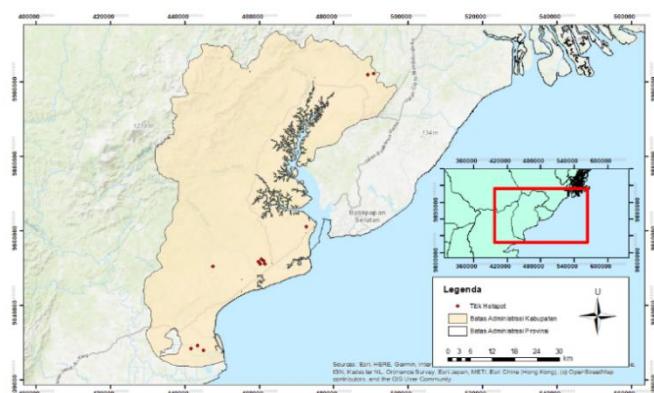
Model area terbakar yang didapatkan dari kedua algoritma berdasarkan *threshold* akan dilakukan uji akurasi untuk mengetahui model dengan akurasi paling baik dengan metode *confusion matrix* menggunakan data titik koordinat pemadaman pada kasus kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019 (Gambar 9) yang bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).

Untuk mengetahui model area terbakar terbaik dapat dilihat berdasarkan hasil uji akurasi dengan menggunakan *confusion matrix* (Tabel 1) yang menghasilkan nilai *overall accuracy*. Nilai *overall accuracy* digunakan untuk mengukur seberapa baik model hasil identifikasi dari semua kategori yang ada dan memberikan gambaran umum tentang kinerja model dalam mengklasifikasi area yang terbakar dan tidak terbakar.

Tabel 1. Hasil uji akurasi

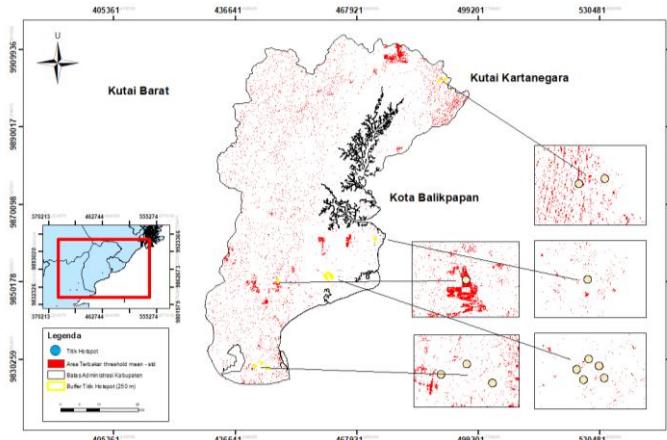
| Algoritma | <i>Threshold</i> | <i>Overall Accuracy</i> |
|-----------|------------------|-------------------------|
| RBR | $\mu - 1\sigma$ | 83,72% |
| | μ | 49,77% |
| | $\mu + 1\sigma$ | 16,28% |
| | $\mu - 1\sigma$ | 78,60% |
| RBD | μ | 49,30% |
| | $\mu + 1\sigma$ | 22,33% |

Berdasarkan hasil uji akurasi, dapat diketahui nilai *overall accuracy* untuk masing-masing model area terbakar. Melalui nilai *overall accuracy*, dapat ditentukan model area terbakar terbaik yaitu algoritma RBR dan RBD menggunakan *threshold* $\mu - 1\sigma$. Nilai *overall accuracy* yang didapatkan dari model area terbakar RBR *threshold* $\mu - 1\sigma$ yaitu sebesar 83,72% dan RBD *threshold* sebesar 78,60%. Hal itu dapat terjadi karena RBR lebih berfokus pada perubahan yang signifikan berdasarkan nilai rasio *backscatter* citra pra dan pasca kebakaran. Selain data titik koordinat pemadaman, digunakan data titik hotspot di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019 (Gambar 10) untuk validasi visual dari setiap model area terbakar yang dihasilkan.

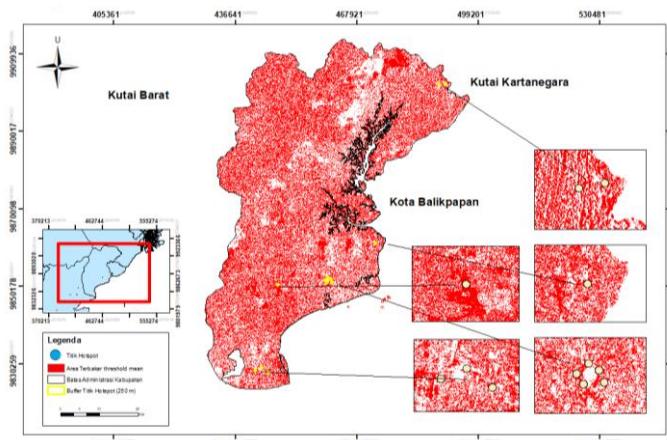


Gambar 10. Sebaran titik hotspot

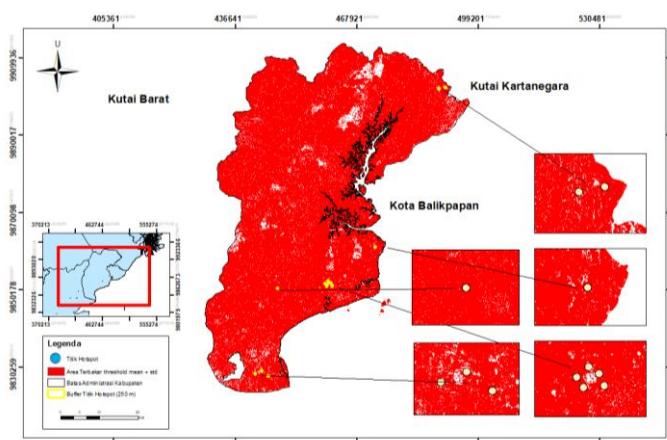
Validasi visual model area terbakar dari algoritma RBR berdasarkan tiga *threshold* dengan menggunakan data titik hotspot dapat dilihat pada Gambar 11 hingga Gambar 13.



Gambar 11. Validasi visual data titik hotspot dengan model area terbakar algoritma RBR $\text{threshold } \mu - 1\sigma$



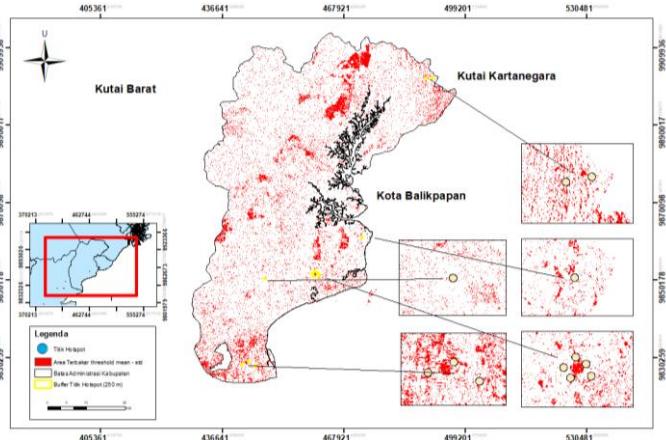
Gambar 12. Validasi visual data titik hotspot dengan model area terbakar algoritma RBR $\text{threshold } \mu$



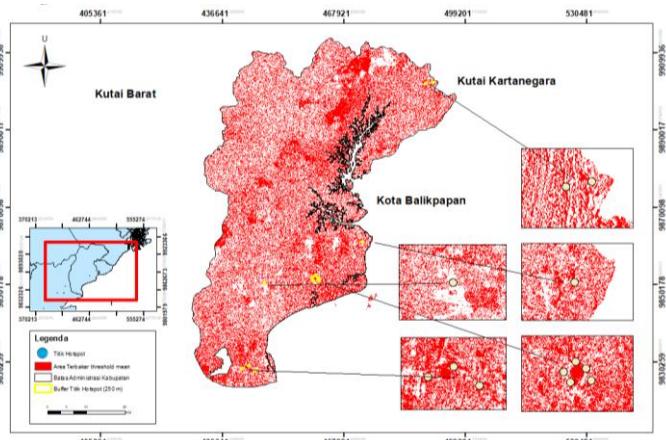
Gambar 13. Validasi visual data titik hotspot dengan model area terbakar algoritma RBR $\text{threshold } \mu + 1\sigma$

Berdasarkan validasi tersebut, dapat diketahui bahwa model algoritma RBR $\text{threshold } \mu - 1\sigma$ menghasilkan akurasi paling baik, area terbakar yang teridentifikasi sesuai dengan lokasi titik hotspot. Sedangkan, kedua model area terbakar algoritma RBR lainnya memiliki akurasi <70% yang artinya model tersebut tidak dapat diterima (Woźniak & Aleksandrowicz, 2019), walaupun area terbakar yang teridentifikasi sesuai dengan lokasi titik hotspot. Selain nilai akurasi, kedua model tersebut juga mengidentifikasi area terbakar yang menyeluruh di studi area. Padahal, kemungkinan adanya kebakaran hutan dan lahan diseluruh wilayah sangat kecil.

Selanjutnya dilakukan validasi visual model area terbakar algoritma RBD berdasarkan tiga *threshold* yang dapat ditunjukkan Gambar 14 hingga Gambar 16.



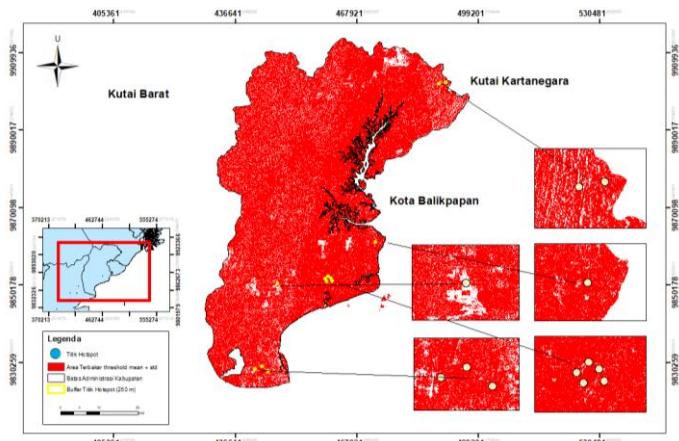
Gambar 14. Validasi visual data titik hotspot dengan model area terbakar algoritma RBD $\text{threshold } \mu - 1\sigma$



Gambar 15. Validasi visual data titik hotspot dengan model area terbakar algoritma RBD $\text{threshold } \mu$

Validasi visual menunjukkan model algoritma RBD $\text{threshold } \mu - 1\sigma$ memiliki akurasi paling baik, area terbakar yang teridentifikasi sesuai dengan lokasi titik hotspot. Sedangkan, model area terbakar algoritma RBD lainnya memiliki nilai akurasi <70% yang artinya model tersebut tidak dapat diterima (Woźniak & Aleksandrowicz, 2019), walaupun area terbakar yang teridentifikasi sesuai dengan

lokasi titik hotspot. Kedua model tersebut juga mengidentifikasi area terbakar yang menyeluruh di studi area. Padahal, kemungkinan adanya kebakaran hutan dan lahan diseluruh wilayah sangat kecil.



Gambar 16. Validasi visual data titik hotspot dengan model area terbakar algoritma RBD $\text{threshold } \mu + 1\sigma$

3.3. Luas Area Terbakar

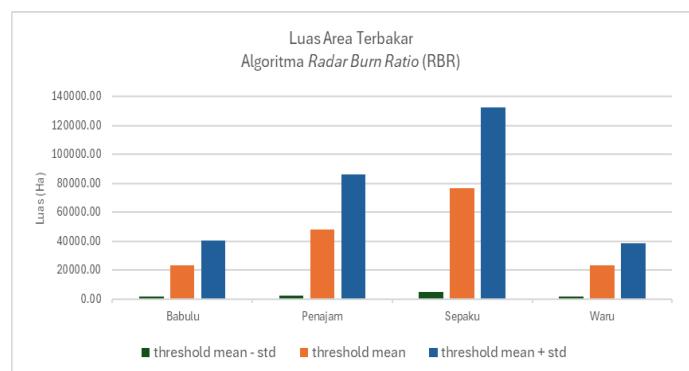
Setelah dilakukan identifikasi area terbakar, maka didapatkan model area terbakar dari kedua algoritma yang telah diberikan tiga model *threshold*. Model area terbakar tersebut kemudian dilakukan uji akurasi untuk mengetahui model area terbakar yang memiliki akurasi lebih baik. Dari hasil tersebut akan dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mengetahui luas area terbakarnya. Perhitungan luas area terbakar dan perbandingannya terhadap luas Kabupaten Penajam Paser Utara disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas area terbakar

| Algoritma | Threshold | Luas (Ha) | Perbandingan |
|-----------|-----------------|-----------|--------------|
| RBR | $\mu - 1\sigma$ | 10464,62 | 3,31% |
| | μ | 170880,29 | 54,06% |
| | $\mu + 1\sigma$ | 296911,64 | 93,93% |
| RBD | $\mu - 1\sigma$ | 31248,99 | 9,89% |
| | μ | 146983,3 | 46,50% |
| | $\mu + 1\sigma$ | 282470,02 | 89,36% |

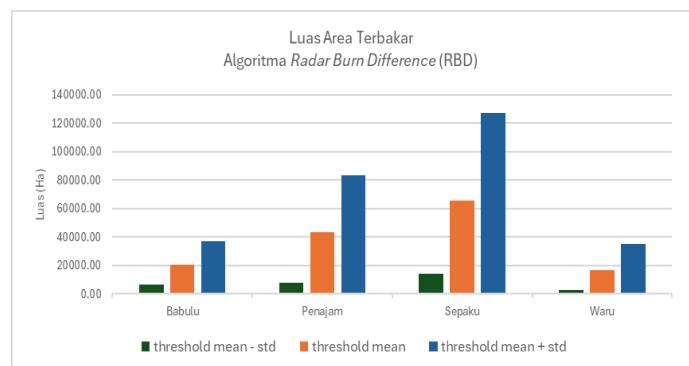
Berdasarkan hasil perhitungan luas area terbakar, dapat diketahui bahwa model area terbakar yang memiliki akurasi paling baik dari masing-masing algoritma memiliki selisih luas area terbakar sebesar 20784,37 Ha. Luas area terbakar dari RBD lebih luas dibandingkan dengan RBR. Hal ini dikarenakan RBD merupakan algoritma yang melakukan pengukuran secara langsung dan sensitif terhadap perubahan intensitas dalam *backscatter* terutama pada area yang terjadi kebakaran. Namun diketahui bahwa akurasi yang dihasilkan oleh RBD lebih kecil dibandingkan dengan RBR. Hal ini terjadi karena RBR melakukan identifikasi yang dapat meminimalisir kesalahan pengolahan data. Sebaran spasial area terbakar dapat dilihat berdasarkan kecamatan di Kabupaten Penajam

Paser Utara. Dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8, area terbakar terjadi di seluruh kecamatan di Kabupaten Penajam Paser Utara, walaupun dengan luasan yang berbeda-beda. Setelah mendapatkan luas area terbakar, dapat diketahui diagram sebaran spasial area terbakar berdasarkan kecamatan yang dihasilkan oleh algoritma RBR (Gambar 17).



Gambar 17. Sebaran spasial area terbakar algoritma RBR dengan tiga model *threshold*

Berdasarkan diagram sebaran spasial di atas, dapat diketahui bahwa kecamatan yang memiliki area terbakar maupun area yang terkena dampak kebakaran paling besar yaitu Kecamatan Sepaku dengan area sebesar 1,55% pada $\text{threshold } \mu - 1\sigma$, 24,25% pada $\text{threshold } \mu$, 41,89% pada $\text{threshold } \mu + 1\sigma$ dari luas keseluruhan wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara. Sedangkan, kecamatan yang memiliki area terbakar maupun area yang terkena dampak kebakaran paling kecil yaitu Kecamatan Waru dengan area sebesar 0,52% pada $\text{threshold } \mu - 1\sigma$, 7,41% pada $\text{threshold } \mu$, 12,16% pada $\text{threshold } \mu + 1\sigma$ dari luas keseluruhan wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara.



Gambar 18. Sebaran spasial area terbakar algoritma RBD dengan tiga model *threshold*

Selanjutnya dapat diketahui pula diagram sebaran spasial area terbakar berdasarkan kecamatan yang dihasilkan oleh algoritma RBD (Gambar 18). Berdasarkan diagram tersebut, dapat diketahui bahwa kecamatan yang terbakar maupun terkena dampak kebakaran paling besar yaitu Kecamatan Sepaku dengan area sebesar 4,48% pada $\text{threshold } \mu - 1\sigma$, 20,83% pada $\text{threshold } \mu$, 40,23 % pada

threshold $\mu + 1\sigma$ dari luas wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara. Sedangkan kecamatan yang terbakar maupun terkena dampak kebakaran paling kecil yaitu Kecamatan Waru dengan area sebesar 0,90% pada *threshold* $\mu - 1\sigma$, 5,35% pada *threshold* μ , 11,07% pada *threshold* $\mu + 1\sigma$ dari luas keseluruhan wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini dilakukan identifikasi area terbakar terkait kejadian kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Penajam Paser Utara tahun 2019 menggunakan data citra SAR Sentinel-1 GRD dengan polarisasi VH. Identifikasi dilakukan menggunakan algoritma *radar burn ratio* (RBR) dan *radar burn difference* (RBD) dengan tiga model *thresholds*. Hasil identifikasi kemudian dilakukan uji akurasi menggunakan titik koordinat pemadaman dengan metode *confusion matrix*. Hasil identifikasi dari algoritma RBR dan RBD yang diberikan *threshold* menghasilkan nilai akurasi yang berbeda-beda. Model area terbakar paling baik yaitu *threshold* $\mu - 1\sigma$. Luasan area terbakar yang dihasilkan algoritma RBR *threshold* $\mu - 1\sigma$ yaitu sebesar 3,31% dan algoritma RBD *threshold* $\mu - 1\sigma$ yaitu sebesar 9,89% dari luas area Kabupaten Penajam Paser Utara. Sebaran spasial area terbakar yang dihasilkan algoritma RBR dan RBD *threshold* $\mu - 1\sigma$ terbentang dari wilayah barat daya hingga timur laut Kabupaten Penajam Paser Utara. Namun pada model area terbakar RBR *threshold* $\mu - 1\sigma$, wilayah tenggara Kabupaten Penajam Paser Utara memiliki area terbakar yang tidak terlalu rapat jika dibandingkan dengan wilayah lainnya dan model area terbakar RBD *threshold* $\mu - 1\sigma$ memiliki sebaran yang lebih rapat.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

- Chuvieco, E., Martín, M. P., & Palacios, A. (2002). Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing*, 23(23), 5103–5110.
<https://doi.org/10.1080/01431160210153129>
- Cochrane, M. A. (2003). *Fire science for rainforests*.
www.nature.com/nature

- Darmo, K., Suarabawa, K. N., & Widagda, I. G. A. (2018). Analisa Perubahan Luas Tingkat Kerapatan Mangrove Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Buletin Fisika*, 19(2), 58–63.
- Lasaponara, R., & Tucci, B. (2019). Identification of Burned Areas and Severity Using SAR Sentinel-1. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 16(6), 917–921. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2018.2888641>
- Pongdata, D. E., & Bioresita, F. (2023). The Use of Sentinel-1 Radar Burn Difference for Forest Fire Area Identification in Palangka Raya, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1276(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1276/1/012003>
- Rahmawaty. (2004). *Hutan: Fungsi dan Peranannya bagi Masyarakat*.
- Rasyid, F. (2014). Permasalahan dan Dampak Kebakaran Hutan. *Jurnal Lingkar Widyaaiswara*, 1(4), 47–59.
www.juliwi.com
- Reksohadiprodjo, S., & Brodjonegoro, A. B. P. (2000). *Ekonomi lingkungan* (2nd ed.). BPFE Yogyakarta.
- Suwarsono, Rokhmatuloh, & Waryono, T. (2013). Pengembangan Model Identifikasi Daerah Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan (Burned Area) menggunakan Citra MODIS di Kalimantan. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 10(2), 93–112.
- Syam'ani. (2019, June 23). *Dasar-dasar Teknologi SAR*. Pusat Pengembangan Informasi Infrastruktur Geospasial Universitas Lambung Mangkurat.
- Tanase, M. A., Kennedy, R., & Aponte, C. (2015). Radar Burn Ratio for fire severity estimation at canopy level: An example for temperate forests. *Remote Sensing of Environment*, 170, 14–31.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.025>
- Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., Potin, P., Rommen, B. Ö., Flouri, N., Brown, M., Traver, I. N., Deghaye, P., Duesmann, B., Rosich, B., Miranda, N., Bruno, C., L'Abbate, M., Croci, R., Pietropaolo, A., ... Rostan, F. (2012). GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sensing of Environment*, 120, 9–24.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.05.028>
- Woźniak, E., & Aleksandsrowicz, S. (2019). Self-adjusting thresholding for burnt area detection based on optical images. *Remote Sensing*, 11(22).
<https://doi.org/10.3390/rs11222669>