

Analisis *Probability Distribution Function* terhadap Perubahan Tutupan Lahan dan Fraksi Awan di Indonesia

Jeddah Yanti^{1*}, Chian-Yi Liu², Togi Tampubolon³

1. Jurusan Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

2. Research Center for Environmental Changes, Academy Sinica, Taiwan

3. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia

*Email: jeddah.yanti@unm.ac.id

SARI

Pemanfaatan sumber daya lahan di Indonesia melebihi standar kesesuaian dan ketersediaan yang menyebabkan perubahan alih fungsi lahan yang tidak terkendali setiap tahunnya. Perubahan alih fungsi lahan dapat dikendalikan dengan memonitoring perubahan tutupan lahan serta pengaruh perubahan lahan terhadap komponen siklus hidrologi seperti fraksi awan. Sebaran tutupan lahan dan fraksi awan diidentifikasi dengan menggunakan index NDVI dan parameter *cloud fraction*. Nilai index NDVI di Indonesia berada pada rentang 0.73 hingga 0.81 sebagai representasi tutupan lahan di Indonesia cukup tinggi. Sedangkan, fraksi awan menunjukkan nilai terendah diantara 0.6 hingga 0,7 pada musim panas dan mengalami tutupan awan terbanyak pada puncak musim hujan. Analisis sebaran baik tutupan lahan maupun tutupan awan menunjukkan konsistensi kestabilan nilai yang terjadi pada musim hujan dimulai dari bulan November hingga Mei sejak tahun 2003 hingga tahun 2016. Nilai korelasi berdasarkan analisis spasial antara anomali NDVI dan anomali parameter *cloud fraction* memiliki rentang nilai sekitar -0,8 hingga 0,8. Korelasi antara anomali NDVI dan anomali parameter awan memiliki korelasi negatif di Indonesia diantaranya Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua. Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua memiliki peran besar dengan nilai korelasi negatif antara nilai anomali NDVI dan anomali parameter *cloud fraction*. Hal ini dikhawatirkan disebabkan oleh perubahan alih fungsi lahan hingga deforestasi daerah konservasi kawasan alam menjadi perkebunan kelapa sawit, tambang, dll.

Kata kunci: tutupan lahan; fraksi awan; MODIS

How to Cite: Yanti, J., Liu, C.Y., Tampubolon, T., 2022. Analisis Probability Distribution Function terhadap Perubahan Tutupan Lahan dan Fraksi Awan di Indonesia. Jurnal Geomine, 10 (2): 132-144

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submit 22 Desember 2021

Received in from 25 Desember 2021

Accepted 02 Agustus 2022

Licensed By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ABSTRACT

Land use exceeds the standard of suitability and availability over Indonesia, which causes uncontrolled land acquisitions every year. Changes in land use can be controlled by monitoring changes in land cover and the effect of land changes on hydrological cycle components such as cloud fraction. The land cover and cloud fraction distribution were identified using the NDVI index and cloud fraction parameters. The NDVI index value in Indonesia is 0.73 to 0.81, representing land cover in Indonesia, which is relatively high. Meanwhile, the cloud fraction showed the lowest value between 0.6 to 0.7 in summer and experienced the highest cloud cover at the peak of the rainy season. The analysis of the distribution of both land cover and cloud cover shows the consistency of value stability in the rainy season starting from November to May from 2003 to 2016. The correlation value based on the spatial analysis between the NDVI anomaly and the cloud fraction parameter anomaly has a value range of around -0.8 to 0.8. The correlation between the NDVI anomaly and the cloud parameter anomaly has a negative correlation in Indonesia, including Sumatra, Kalimantan, Java and Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, and Papua. Sumatra, Kalimantan, and Papua islands have a prominent role with a negative correlation between the NDVI anomaly and the cloud fraction parameter anomaly. It is feared to be caused by changes in land use to deforestation of natural area conservation areas into oil palm plantations and mining.

Keyword: Land cover; cloud fraction; MODIS

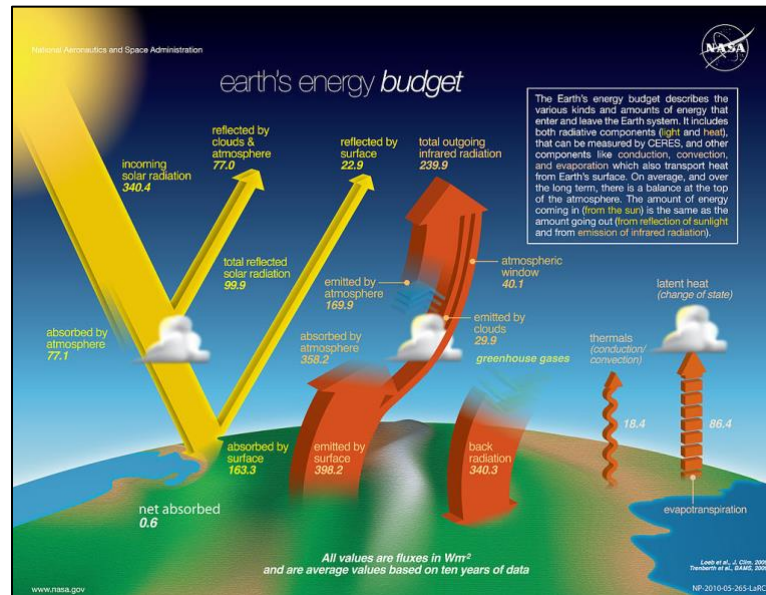
PENDAHULUAN

Sumber daya lahan menjadi kebutuhan penting yang memberikan banyak manfaat bagi makhluk hidup terutama manusia (FAO, 2018). Sumber daya lahan menjadi salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan baik skala lokal, regional hingga global (Higginbottom & Symeonakis, 2014). Lebih dari 462,5 ribu hektar wilayah di Indonesia mengalami degradasi lahan dan deforestasi dan salah satu kasus kerusakan sumber daya alam terbesar di dunia (Kemenhut, 2020).

Pemanfaatan lahan yang melebihi standar kesesuaian dan ketersediaan dapat menyebabkan perubahan alih fungsi lahan yang tidak terkendali (Setiawan & Yoshino, 2020). Pemanfaatan lahan tidak hanya memberikan dampak positif pada peningkatan nilai finansial dan nilai ekonomi. Namun, perubahan peruntukan alih fungsi lahan juga dapat menyebabkan dampak negatif yang berkaitan erat dengan siklus sistem yang ada di Bumi yakni Iklim, aspek geologi dan geomorfologi hingga siklus hidrologi. Jika hal ini terus terjadi secara berkelanjutan dikhawatirkan dapat berpotensi menyebabkan perubahan iklim dan cuaca secara ekstrim.

Keterkaitan antara perubahan permukaan tanah atau lahan dengan iklim atau cuaca iklim dapat mempengaruhi fenomena siklus hidrologi dan struktur atmosfer seperti awan, hujan, dll. Dimana sistem kompleks siklus hidrologi menggambarkan hubungan timbal balik antara permukaan bumi dan komponen atmosfer. Sebagai konsekuensinya, perubahan kecil

pada permukaan tanah atau lahan dapat menimbulkan efek yang lebih besar pada unsur lainnya secara keseluruhan yakni pembentukan dan karakteristik awan.



Gambar 1. Siklus Earth's Energy Budget (Duveiller, et. al., 2018)

Perubahan alih fungsi lahan dapat dikendalikan dengan memonitoring perubahan tutupan lahan serta pengaruh perubahan lahan terhadap komponen atmosfer yakni awan turut dapat di monitoring (Igel, et. al., 2018). Perubahan lahan terjadi dalam skala besar yang menyebabkan dibutuhkannya usaha yang lebih besar dalam memonitoring perubahan (Winkler, et al. 2021). Hal ini bisa teratasi dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis yang dapat memantau perubahan tutupan lahan serta sebaran tutupan awan secara meluas, kesediaan informasi serta konsistensi terhadap waktu (Campbell & Wynne, 2011).

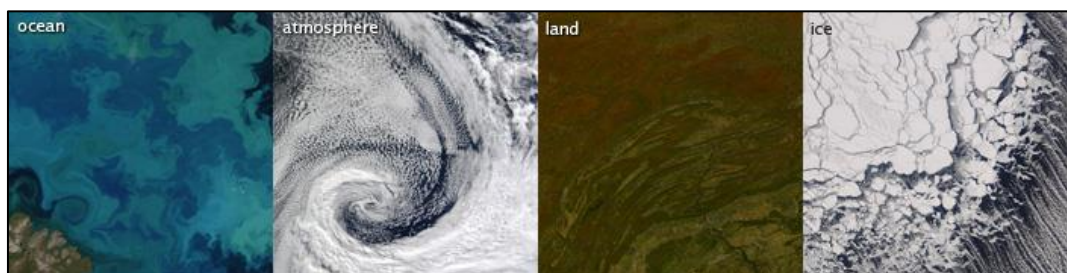
Tutupan lahan dapat diobservasi dengan menggunakan metode Normalized Difference Vegetation (NDVI) yang memanfaatkan nilai reflektansi vegetasi dari citra satelit. Sementara itu, sebaran fraksi awan dapat diobservasi dengan memanfaatkan citra satelit tingkat tinggi dengan cakupan wilayah yang luas menggunakan parameter *cloud fraction*. Salah satu jenis citra satelit tingkat tinggi yakni citra satelit MODIS dengan resolusi temporal harian, 8-hari, dan bulanan. Pemanfaatan citra mendukung informasi spasial dalam menganalisis tutupan lahan dan sebaran fraksi awan di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan citra satelit MODIS untuk menganalisis sebaran perubahan tutupan lahan dan fraksi awan yang terjadi di Indonesia mulai dari Januari 2003 hingga Desember 2016.

METODE PENELITIAN

Metoda penelitian atau penyelidikan menjelaskan tentang cara pengambilan data, teknologi yang dipakai, serta teknik pengolahan data. Untuk artikel/makalah yang membahas

geokimia dengan eksperimen di laboratorium, tahapan analisa kimia perlu dijelaskan secara rinci, mulai preparasi contoh sampel pengukuran, termasuk jenis peralatan, tingkat presisi dan akurasinya. Demikian pula dengan penelitian geofisika, perlu dijelaskan mengenai spesifikasi peralatan dan tata cara pengambilan dan pengolahan data. Jika memakai metoda yang telah ada sebelumnya, maka penulis perlu mencantumkan sumber pustaka dimana metoda penelitian tersebut pernah dipergunakan. Jika metoda yang dipakai adalah hasil eksperimen dan pengembangan metoda sebelumnya, maka penulis perlu menjelaskan urutan tahapan prosesnya secara lebih lengkap. Dalam membahas metoda penelitian, penulis tidak perlu membahas tentang fungsi peralatan analitik, hasil analisa dan hasil penyelidikan lainnya.

Perubahan alih fungsi lahan diidentifikasi dengan menggunakan citra satelit multispectral yakni data satelit MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Level 3. Adapun karakteristik MODIS 13 digunakan untuk melihat perubahan tutupan lahan dan MODIS 08 digunakan untuk melihat sebaran fraksi awan dengan gabungan observasi data MODIS Terra dan MODIS Aqua. Data yang dikumpulkan merupakan hasil observasi data satelit bulanan (monthly) selama 14 tahun sejak januari 2003 hingga desember 2016 dengan spasial resolusi $1^\circ \times 1^\circ$. Lokasi penelitian terbentang dari $95^\circ 45'E$ hingga $141^\circ 05'E$ sekitar 5,120 kilometers (3,181 mi) dan dari $11^\circ 15'S$ hingga $6^\circ 08' N$ sekitar 1,760 kilometers (1,094 mi) yang mencakup seluruh wilayah kepulauan di Indonesia dengan pembagian focus area diantaranya pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua. Adapun metode penelitian yang diaplikasikan meliputi tahapan pra-processing dan processing. Gambaran data satelit modis pada beberapa unsur seperti laut, atmosfer, lahan dan salju dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 2. Gambar data satelit modis pada laut, atmosfer, lahan dan salju (Vermote, 2015)

Tahap Pra-processing

Pengolahan data dimulai dengan mengumpulkan data bulanan MODIS 13 dan MODIS 8 yang dapat diakses secara terbuka (open access) pada <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>. Seluruh data digabungkan ke dalam sebuah *cloud* database agar data dapat terorganisir dengan baik. Langkah selanjutnya, pengorderan data MODIS berdasarkan sistem periodik julian (julian date) 001 hingga 335 atau 336. Data dengan sistem periode julian akan

dikonversikan kedalam bentuk bulan januari, februari, maret, April, mei, juni, juli, agustus, September, oktober, November dan desember.

Tahap Processing

Proses analisis perubahan tutupan lahan dimulai dengan menghitung index sebaran lahan dengan menggunakan metode Normalized Difference Vegetation (NDVI) pada citra MODIS 13 yang telah melewati tahap pra-processing. Data MODIS 08 yang telah melewati proses pra-processing selanjutnya dianalisis dengan memanfaatkan parameter *Cloud_Fraction_Mean_Mean* (Platnick, et. al., 2017). Parameter ini digunakan untuk mengetahui nilai fraksi awan atau sebaran tutupan awan yang diklasifikasikan menjadi empat kelas diantaranya confidently clear ($Q > 0.99$), probably clear ($Q > 0.95$), undecided/probably cloudy ($Q > 0.66$), and cloudy ($Q \leq 0.66$) (liu, et al. 2020). Sedangkan untuk MODIS 13 digunakan data CMG_0_05_Deg_Monthly_NDVI untuk menghitung tutupan lahan dengan menggunakan metode NDVI (Que, et. al., 2019).

$$NDVI = \frac{(Surface\ Reflectance - 1)}{(Surface\ Reflectance + 1)} = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_R)}{(\rho_{NIR} + \rho_R)} \quad (1)$$

Keterangan:

ρ_{NIR} = nilai reflektansi Near-infrared

ρ_R = nilai reflektansi merah atau Red

Untuk melihat perubahan yang signifikan pada tutupan lahan maka dilakukan perhitungan anomali yang terjadi pada index NDVI setiap bulannya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$d_{m,n} = x_{m,n} - x_{(m,n)-1} \quad (2)$$

Keterangan:

$d_{(m,n)}$ = nilai anomali

$x_{(m,n)}$ = indeks parameter NDVI atau *cloud fraction*

Keterkaitan antara tutupan lahan dengan fraksi awan diidentifikasi dengan menghitung nilai korelasi antara nilai anomali NDVI dengan nilai anomali *cloud fraction* yang selanjutnya dapat dilakukan analisis hasil korelasi antara nilai anomali NDVI dengan nilai anomali *cloud fraction*. Adapun persamaan korelasi yang digunakan yakni persamaan Korelasi *Pearson* sebagai berikut

$$r = \frac{1}{(N-1)} \sum \frac{[(x_{i,j,m,n} - \bar{x}) - (y_{i,j,m,n} - \bar{y})]}{(\sigma_x \sigma_y)} \quad (3)$$

Keterangan:

r = korelasi Pearson

N = ukuran sampel

$x_{(i,j,m,n)}$ = Nilai anomali NDVI

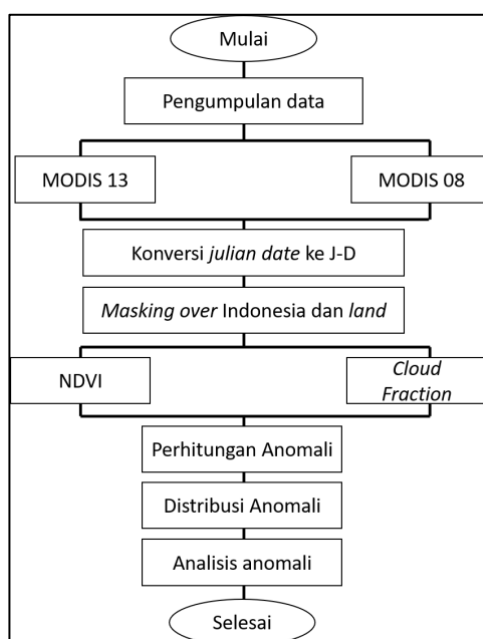
$y_{(i,j,m,n)}$ = nilai anomali fraksi awan (*cloud fraction*)

Proses pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman NCAR *Command Language* (NCL) dengan beberapa bagian proses pemrograman sebagai berikut.

```
begin
    vNam = "CMG_0_05_Deg_Monthly_NDVI"
    vNam = "Cloud_Fraction_Mean_Mean"
    if (isfilevaratt(f, vNam, "long_name"))
    then
        GBIN@long_name = vNam
        GKNT@long_name = vNam
    end if

    if (isfilevaratt(f, vNam, "units")) then
        GBIN@units = f->$vNam$@units
    end if
    printVarSummary(u)
    printMinMax(u, 0)
    opt = True
    opt@PrintStat = True
    stat_u = stat_dispersion(u, opt)
    printVarSummary(GBIN)
```

Gambar 3. Algoritma NDVI menggunakan NCAR *Command Language* (NCL)



Gambar 4. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

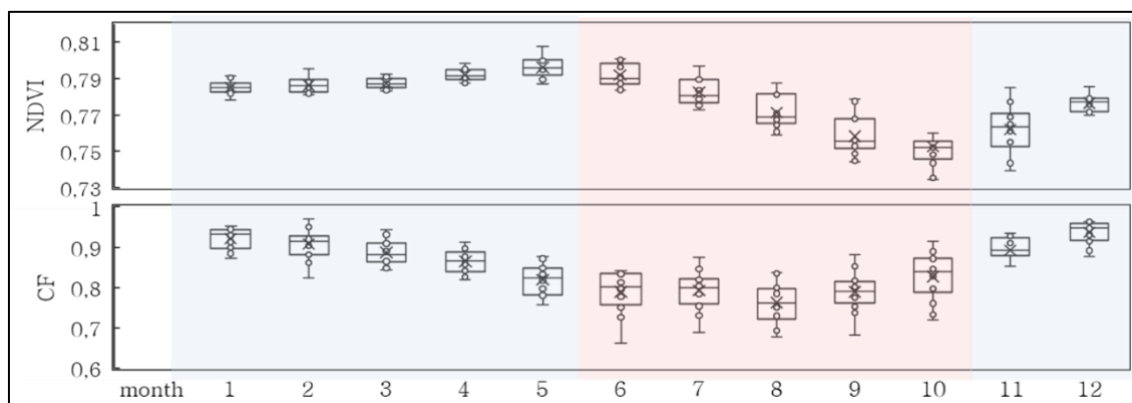
Tutupan lahan dapat ditinjau dengan menggunakan perhitungan sebaran vegetasi yakni index vegetasi NDVI dan sebaran tutupan awan dapat dilihat dari parameter rata-rata fraksi awan atau *cloud fraction*. Distribusi regional rata-rata dari indeks NDVI dan nilai *cloud fraction* diperoleh berdasarkan rata-rata data bulanan (*monthly*) dari data MODIS (Sencaki, et al. 2013). Nilai indeks NDVI berkisar antara skala 0 yakni wilayah tanpa tutupan vegetasi hingga skala 1 yakni wilayah dengan tutupan vegetasi yang rapat. Berdasarkan hasil analisis statistic nilai mean, minimum, maksimum, kuartil 1 dan kuartil 3 menunjukkan variasi nilai index NDVI dan variasi nilai fraksi awan yang cukup signifikan.

Berdasarkan data statistic secara keseluruhan, nilai index NDVI di Indonesia berada pada rentang 0.73 hingga 0.81 dimana nilai ini dapat merepresentasikan bahwa tutupan lahan di Indonesia cukup tinggi. Sedangkan, fraksi awan menunjukkan nilai terendah diantara 0.6 hingga 0,7 pada musim panas dan mengalami tutupan awan terbanyak pada puncak musim hujan dimulai dari desember, januari dan februari. Sebaran rentang nilai NDVI dan nilai fraksi awan (*cloud fraction*) dari bulan januari hingga desember tahun 2003 hingga tahun 2016 dapat dilihat pada gambar dibawah (Teuling, et. al. 2017).

Tabel 1. Nilai statistik parameter NDVI dan fraksi awan (cloud fraction) dari bulan januari hingga desember tahun 2003 hingga tahun 2016

Parameter	Stat s	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Des
NDVI	Max	0,79 2	0,79 5	0,79 2	0,79 8	0,80 8	0,80 1	0,79 7	0,78 7	0,77 9	0,76 0	0,78 5	0,7 85
	Q3	0,78 8	0,78 9	0,79 0	0,79 5	0,80 0	0,79 8	0,79 0	0,78 1	0,76 8	0,75 5	0,77 1	0,7 79
	M	0,78 5	0,78 6	0,78 7	0,79 2	0,79 6	0,79 0	0,78 1	0,76 9	0,75 6	0,75 2	0,76 3	0,7 77
	Q1	0,78 3	0,78 2	0,78 5	0,79 0	0,79 2	0,78 7	0,77 7	0,76 5	0,75 7	0,74 6	0,75 3	0,7 72
	Min	0,77 8	0,78 1	0,78 3	0,78 7	0,78 7	0,78 4	0,77 3	0,75 9	0,74 4	0,73 5	0,73 9	0,7 70
CF	Max	0,95 1	0,97 0	0,94 4	0,91 3	0,87 7	0,84 2	0,87 5	0,83 7	0,88 0	0,91 5	0,93 5	0,9 63
	Q3	0,94 3	0,92 8	0,91 2	0,88 7	0,84 9	0,83 4	0,82 1	0,79 8	0,81 5	0,87 3	0,92 3	0,9 59
	M	0,93 2	0,91 6	0,88 2	0,86 6	0,82 5	0,80 2	0,79 9	0,76 1	0,79 0	0,84 0	0,89 2	0,9 48
	Q1	0,89 7	0,88 1	0,86 3	0,83 8	0,78 2	0,75 7	0,76 0	0,72 2	0,76 1	0,78 8	0,87 9	0,9 16
	Min	0,87 3	0,82 3	0,84 3	0,82 0	0,75 8	0,66 2	0,68 9	0,67 7	0,68 2	0,72 0	0,85 1	0,8 76

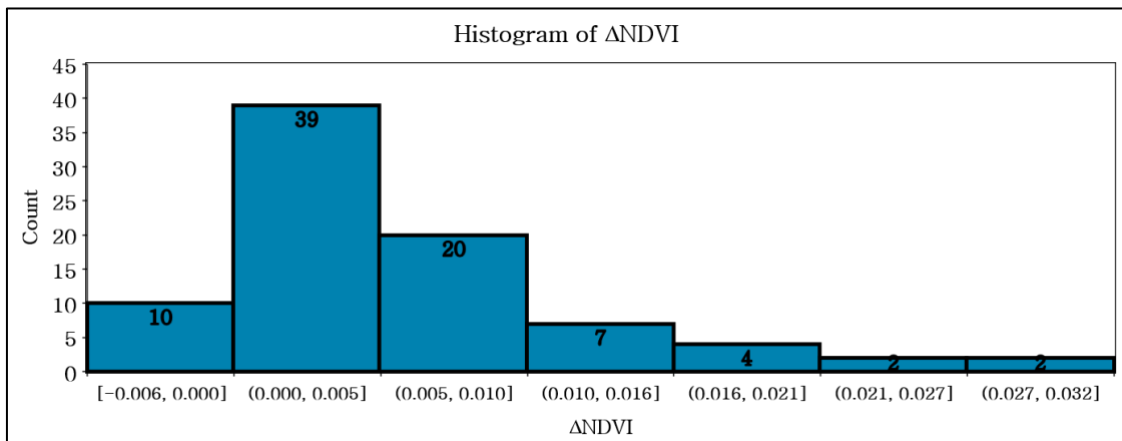
*M = mean,
*Min = minimum,
*Max = maximum,
*Q1 = kuartil 1,
*Q3 = kuartil 3



Gambar 5. Diagram kotak garis (*boxplot*) nilai NDVI dan fraksi awan (*cloud fraction*) dari bulan Januari 2003 hingga Desember 2016. Bagian merah yakni musim panas dimulai dari bulan Juni hingga Oktober dan bagian biru yakni musim hujan mulai dari bulan November hingga Mei

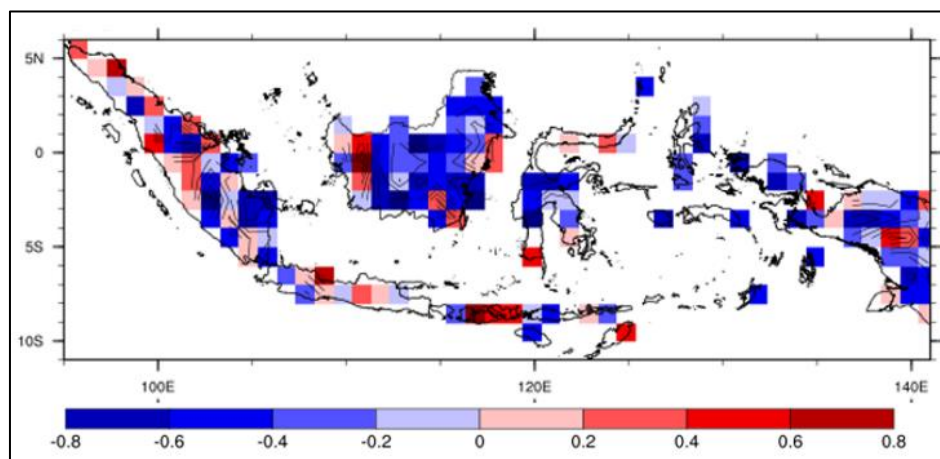
Berdasarkan nilai index NDVI, secara keseluruhan tutupan lahan di wilayah Indonesia mengalami penurunan yang linear pada musim panas yakni dimulai dari bulan Juni hingga Oktober tahun 2003 hingga tahun 2016. Namun perubahan yang terjadi tidak stabil yang ditunjukkan dari nilai rentang antara Q1 dan Q3 yang cukup besar. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya peningkatan kerusakan lahan yang hanya terjadi secara periodik setiap tahunnya pada musim panas dapat disebabkan oleh kebakaran hutan yang cukup luas serta terjadinya fenomena deforestation. Contohnya kebakaran hutan di wilayah hutan pulau Sumatera dan Kalimantan (Margono, et al., 2014). Sedangkan nilai fraksi awan menunjukkan konsistensi kestabilan nilai pada musim hujan dibandingkan sebaran nilai pada musim panas yang dapat dilihat pada lebarnya rentang nilai Q1 dan Q3.

Untuk melihat perubahan tutupan lahan yang lebih mendetail dilakukan observasi nilai index berdasarkan identifikasi perubahan anomali yang terjadi pada index NDVI. Hasil identifikasi nilai anomali menunjukkan perubahan index NDVI terbanyak terjadi pada rentang 0,5% hingga 3,2%. Informasi ini dapat dilihat pada gambar berikut.

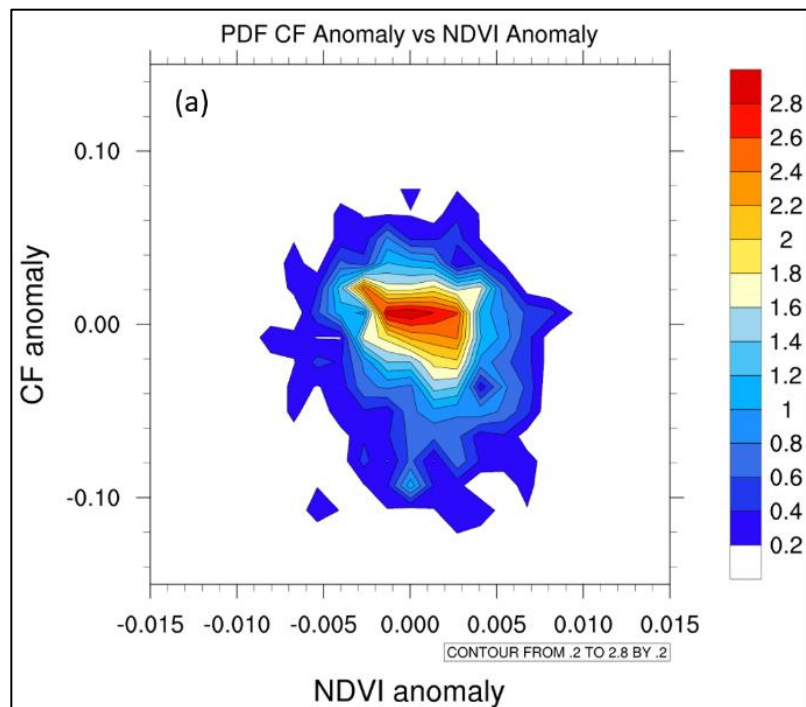


Gambar 6. Histogram nilai anomali NDVI mulai dari Januari 2003 hingga Desember 2016

Berdasarkan analisis konsistensi kestabilan rentang nilai Q1 dan Q3 maka peneliti melakukan analisis terfokus pada musim hujan. Adapun sebaran hasil korelasi spasial antara nilai anomali NDVI dan nilai anomali fraksi awan pada musim hujan mulai dari tahun 2003 hingga 2016 dapat dilihat pada gambar 7. Sebaran menunjukkan nilai perubahan anomali secara positif dan negatif dapat dilihat pada gambar 8. Perubahan anomali negatif merepresentasikan bahwa perubahan tutupan lahan dapat mempengaruhi jumlah fraksi awan. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor salah satunya perubahan alih fungsi lahan menjadi perkebunan atau tambang dan deforestasi.

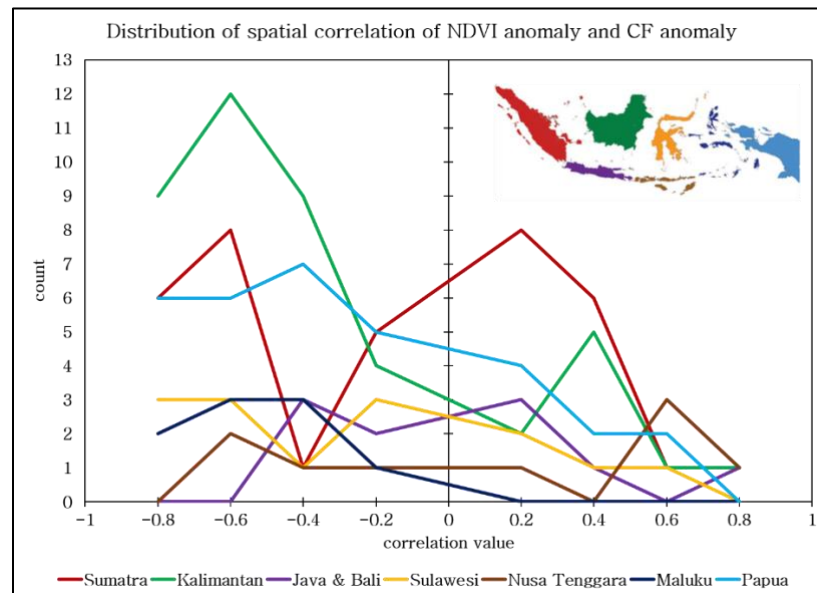


Gambar 7. Sebaran anomali perubahan tutupan lahan terhadap fraksi awan di Indonesia (Tampubolon, et. al. 2020)



Gambar 8. Nilai probability probability distribution function perubahan tutupan lahan terhadap fraksi awan

Deforestasi secara tidak langsung berpotensi memberikan dampak yang signifikan pada proses hidrologi antara penguapan air dari permukaan tanah dan pembentukan awan (Burnett & Chen, 2021). Peningkatan deforestasi dapat menyebabkan penurunan tutupan lahan yang berperan dalam pengurangan tingkat evapotranspirasi yang mengakibatkan berkurangnya proses pembentukan awan. Hal ini disebabkan oleh karena berkurangnya transfer energi dari permukaan tanah ke atmosfer maka lebih sedikit awan yang terbentuk. Secara keseluruhan, jumlah korelasi kedua parameter menurun dari nilai negatif ke positif. Nilai korelasi paling banyak tersebar di Kalimantan, Sumatera, dan Papua dapat dilihat pada gambar 9. Angka korelasi tertinggi terlihat pada jalur Kalimantan. Kalimantan merupakan daerah konservasi terbesar dari kawasan alam menjadi perkebunan kelapa sawit.



Gambar 9. Distribusi korelasi spasial antara anomali NDVI dan anomali fraksi awan pada musim hujan, 2003 hingga 2016. Garis merah mewakili Sumatera, Jalur hijau mewakili Kalimantan, Jalur ungu mewakili Jawa dan Bali, Jalur kuning mewakili Sulawesi, Jalur cokelat mewakili Nusa Tenggara, Biru tua mewakili Maluku dan Biru mewakili Papua.

KESIMPULAN

Sebaran tutupan lahan dan fraksi awan diidentifikasi dengan menggunakan index NDVI dan parameter cloud fraction. Analisis sebaran baik tutupan lahan maupun tutupan awan menunjukkan konsistensi kestabilan nilai yang terjadi pada musim hujan dimulai dari bulan November hingga Mei sejak tahun 2003 hingga tahun 2016. Nilai korelasi berdasarkan analisis spasial antara anomali NDVI dan anomali parameter cloud fraction memiliki rentang nilai sekitar -0,8 hingga 0,8. Korelasi antara anomali NDVI dan anomali parameter awan memiliki korelasi negatif di Indonesia diantaranya Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua. Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua memiliki peran besar dengan nilai korelasi negatif antara nilai anomali NDVI dan anomali parameter cloud fraction. Hal ini dikhawatirkan disebabkan oleh perubahan alih fungsi lahan hingga deforestasi daerah konservasi kawasan alam menjadi perkebunan kelapa sawit, tambang, dll.

REFERENSI

Burnett, M. and Chen, D. 2021. The Impact of Seasonality and Land Cover on the Consistency of Relationship between Air Temperature and LST Derived from Landsat 7 and MODIS at a Local Scale: A Case Study in Southern Ontario, *Land*, Vol. 10, No. 7.

- Campbell, J.B. and Wynne, R.H. 2011. Introduction to Remote Sensing Fifth Edition, Guilford Press, ISBN: 1572300426, 9781572300422.
- Duveiller, G., J. Hooker and A. Cescatti. 2018. The mark of vegetation change on Earth's surface energy balance, *Nature Communication*, 9, 679, doi: 10.1038/s41467-017-02810-8.
- FAO. 2018. Productive and healthy forests are crucial for meeting sustainable development, climate, land and biodiversity goals, <http://www.fao.org/news/story/en/item/1103556/icode/> [diakses pada 01 November 2021].
- Higginbottom, T.P. and E. Symeonakis. 2014. Assessing Land Degradation and Desertification Using Vegetation Index Data: Current Frameworks and Future Directions, *Remote Sens*, 6, 9552- 9575, doi:10.3390/rs6109552.
- Igel, A.L., Van den Heever, S.C. and Johnson, J.S. 2018. Meteorological and Land Surface Properties Impacting Sea Breeze Extent and Aerosol Distribution in a Dry Environment, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 123, pp. 22-37, doi: 10.1002/2017JD027339.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia tentang Rencana Strategis Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2020-2021. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Liu, C.-Y., C.-H. Chiu, P.-H. Lin, and M. Min. 2020. Comparison of Cloud-Top Property Retrievals from Advanced Himawari Imager, MODIS, CloudSat/CPR, CALIPSO/CALIP, and radiosonde, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, doi: 10.1029/2020JD032683
- Margono, B.A., Potapov, P.V., Turubanova, S., Stolle, F. & Hansen, M.C. 2014. Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012, *Nature Climate Change*, 4, pp. 730–735, doi: 10.1038/nclimate2277.
- Platnick, S., Meyer, K.G., King, M.D., Wind, G., Amarasinghe, N., Marchant, B., Arnold, G.T., Zhang, Z., Hubanks, P.A., Holz, R.E., Yang, P., Ridgway, W.L., Riedi, J. 2017. The MODIS Cloud Optical and Microphysical Products: Collection 6 Updates and Examples from Terra and Aqua, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55, 1, pp. 502-525, doi: 10.1109/TGRS.2016.2610522.
- Que, V., Prasetyo, S., & Fibriani, C. 2019. Analisis Perbedaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Burn Ratio (NBR) Kabupaten Pelalawan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8, *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 2(1), 1-7.
- Sencaki, D.B., Bangun, M.S., Udiana, W.D. 2013. Analisa relasi perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan tanah di kota surabaya menggunakan citra satelit multispektral tahun 1994 – 2012. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2, No. 1.

- Setiawan, Y. and Yoshino, K. 2020. Spatial modeling on land use change in regional scale of Java Island based-on biophysical characteristics. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, Vol. 10, No. 3, pp. 511-523.
- Tampubolon, T., Yanti, J. dan Liu, C.-Y. 2020. Spatial Correlation between Land Surface Properties and Cloud Characteristics in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1428.
- Teuling, A. J., Taylor, C.M., Meirink, J.F., Melsen, L.A., Miralles, D.G., van Heerwaarden, C.C., Vautard, R., Stegehuis, A.I., Nabuurs, G-J. and de Arellano, J.V-G. 2017. Observational evidence for cloud cover enhancement over western European forests, *Nature Communications*, 8, 14065, pp: 1-7, doi: 10.1038/ncomms14065.
- Vermote, E.F. 2015. MODIS Surface Reflectance User's Guide Collection 6. UN: USGS.
- Winkler, K., Fuchs, R., Rounsevell, M. 2021. Global land use changes are four times greater than previously estimated. *Nat Commun*, Vol. 12, No. 2501.