

**DAMPAK PERUBAHAN SISTEM BUMI (EARTH SYSTEM CHANGE) TERHADAP
PERGESERAN WILAYAH BIOGEOGRAFI DAN KELANGSUNGAN HIDUP
SPESIES DI SUMATERA**

Zahara Zafria Rahma, Zahratun Nasywa Elna, Hutri Riski Amelia, Dandi Arianto Pelly

Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Email: zafriazahara16@gmail.com, zra715787@gmail.com, Hutririzkiamelia.m.pd@uin-suska.ac.id, dandi.arianto8912@grad.unri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan sistem bumi (Earth System Change) terhadap pergeseran wilayah biogeografi dan kelangsungan hidup spesies di Pulau Sumatera. Perubahan sistem bumi yang meliputi peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, serta perubahan tutupan lahan telah memberikan tekanan signifikan terhadap keanekaragaman hayati. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis spasial berbasis Google Earth Engine (GEE) yang memanfaatkan data citra satelit seperti Landsat dan MODIS, serta data iklim global dalam rentang waktu tertentu. Analisis dilakukan melalui tahapan pengolahan data, identifikasi perubahan lingkungan, serta pemodelan potensi pergeseran habitat spesies berdasarkan parameter lingkungan seperti suhu, curah hujan, dan indeks vegetasi (NDVI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan sistem bumi di Sumatera telah menyebabkan terjadinya pergeseran wilayah biogeografi yang ditandai dengan perubahan distribusi habitat yang sesuai bagi spesies. Spesies cenderung mengalami perpindahan ke wilayah dengan kondisi lingkungan yang lebih stabil, seperti daerah dengan ketinggian lebih tinggi atau kawasan yang masih memiliki tutupan hutan yang baik. Selain itu, perubahan tersebut juga berdampak pada penurunan kualitas habitat, fragmentasi ekosistem, serta meningkatnya risiko kepunahan spesies tertentu. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi dan adaptasi berbasis data spasial untuk menjaga keberlanjutan ekosistem dan keanekaragaman hayati di Pulau Sumatera.

Kata kunci: Earth System Change, analisis spasial, Google Earth Engine, biogeografi, keanekaragaman hayati, Sumatera.

Abstract

This study aims to analyze the impact of Earth System Change on the shift of biogeographical regions and species survival in Sumatra. Earth system changes, including rising temperatures, altered precipitation patterns, and land cover changes, have exerted significant pressure on biodiversity. This research employs a quantitative approach using spatial analysis methods based on Google Earth Engine (GEE), utilizing satellite imagery such as Landsat and MODIS, as well as global climate datasets over a specific time period. The analysis was conducted through data preprocessing, environmental change detection, and modeling of potential habitat shifts based on key environmental parameters such as temperature, precipitation, and vegetation

index (NDVI). The results indicate that Earth system changes in Sumatra have led to shifts in biogeographical regions, marked by changes in the distribution of suitable habitats for species. Species tend to migrate toward areas with more stable environmental conditions, such as higher elevations or regions with well-preserved forest cover. Furthermore, these changes contribute to habitat degradation, ecosystem fragmentation, and an increased risk of species extinction. Therefore, spatial data-based mitigation and adaptation strategies are essential to maintain ecosystem sustainability and biodiversity in Sumatra.

Keywords: Earth System Change, spatial analysis, Google Earth Engine, biogeography, biodiversity, Sumatra.

PENDAHULUAN

Perubahan sistem bumi (Earth System Change) merupakan fenomena global yang mencakup interaksi kompleks antara atmosfer, hidrosfer, litosfer, dan biosfer yang mengalami perubahan signifikan akibat aktivitas manusia dan dinamika alam. Perubahan ini ditandai oleh peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, serta perubahan tutupan lahan yang semakin masif. Dampak dari perubahan sistem bumi tidak hanya memengaruhi kondisi fisik lingkungan, tetapi juga memberikan tekanan serius terhadap keanekaragaman hayati dan stabilitas ekosistem, khususnya di wilayah tropis seperti Pulau Sumatera yang dikenal memiliki tingkat biodiversitas tinggi.

Pulau Sumatera merupakan salah satu kawasan dengan kekayaan hayati yang sangat tinggi di Indonesia, namun juga termasuk wilayah yang rentan terhadap perubahan lingkungan. Aktivitas deforestasi, alih fungsi lahan menjadi perkebunan, serta eksploitasi sumber daya alam telah mempercepat terjadinya perubahan sistem bumi di wilayah ini. Kondisi tersebut menyebabkan degradasi habitat alami yang berdampak langsung terhadap distribusi spesies. Perubahan kondisi lingkungan memaksa spesies untuk beradaptasi, bermigrasi, atau menghadapi risiko kepunahan apabila tidak mampu menyesuaikan diri dengan perubahan yang terjadi secara cepat.

Salah satu dampak nyata dari perubahan sistem bumi adalah terjadinya pergeseran wilayah biogeografi, yaitu perubahan distribusi geografis spesies akibat perubahan kondisi lingkungan. Pergeseran ini umumnya ditandai dengan perpindahan spesies ke wilayah yang memiliki kondisi lingkungan yang lebih sesuai, seperti daerah dengan suhu lebih rendah, ketersediaan air yang cukup, atau tutupan vegetasi yang masih baik. Namun, tidak semua spesies memiliki kemampuan adaptasi dan mobilitas yang sama, sehingga sebagian spesies menjadi lebih rentan terhadap tekanan lingkungan. Hal ini berpotensi menyebabkan perubahan struktur ekosistem, gangguan rantai makanan, hingga penurunan keanekaragaman hayati.

Selain itu, perubahan sistem bumi juga berkontribusi terhadap fragmentasi habitat dan penurunan kualitas lingkungan. Fragmentasi habitat mengakibatkan terputusnya konektivitas antar ekosistem, sehingga membatasi pergerakan spesies dan menghambat proses reproduksi. Di sisi lain, perubahan iklim yang terjadi secara bersamaan dengan tekanan antropogenik seperti polusi dan eksploitasi sumber daya alam semakin memperparah kondisi lingkungan. Kombinasi faktor-faktor tersebut meningkatkan risiko kepunahan spesies, terutama bagi spesies endemik yang memiliki sebaran terbatas.

Meskipun dampak perubahan sistem bumi terhadap keanekaragaman hayati telah banyak dikaji, kajian yang mengintegrasikan analisis spasial berbasis data geospasial untuk melihat dinamika pergeseran wilayah biogeografi secara lebih detail masih terbatas, khususnya di wilayah Sumatera. Pemanfaatan teknologi seperti Google Earth Engine (GEE) memungkinkan analisis perubahan lingkungan secara temporal dan spasial dengan cakupan wilayah yang luas dan resolusi data yang tinggi. Dengan pendekatan ini, perubahan kondisi lingkungan dapat diidentifikasi secara lebih akurat, sehingga hubungan antara perubahan sistem bumi dan pergeseran distribusi spesies dapat dianalisis secara lebih komprehensif.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna menganalisis dampak perubahan sistem bumi terhadap pergeseran wilayah biogeografi dan kelangsungan hidup spesies di Sumatera dengan pendekatan analisis spasial berbasis Google Earth Engine. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang lebih akurat sebagai dasar dalam perencanaan konservasi, pengelolaan sumber daya alam, serta perumusan strategi mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis spasial berbasis teknologi penginderaan jauh dan platform Google Earth Engine (GEE) untuk menganalisis dampak perubahan sistem bumi (Earth System Change) terhadap pergeseran wilayah biogeografi dan kelangsungan hidup spesies di Pulau Sumatera. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengolah data geospasial dalam skala besar secara efisien serta memberikan hasil analisis yang akurat dan berbasis data temporal.

Wilayah penelitian meliputi seluruh Pulau Sumatera yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi serta rentan terhadap perubahan lingkungan akibat aktivitas antropogenik dan perubahan iklim. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa

citra satelit dan data lingkungan yang diperoleh dari berbagai sumber, antara lain data suhu permukaan (Land Surface Temperature), curah hujan, tutupan lahan (land cover), indeks vegetasi (NDVI), serta data distribusi spesies yang tersedia secara global.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengakses dan mengolah data melalui platform Google Earth Engine. Data citra satelit yang digunakan antara lain berasal dari Landsat, MODIS, dan dataset iklim global seperti WorldClim. Data diambil dalam rentang waktu tertentu (time series) untuk melihat perubahan kondisi lingkungan secara temporal dan spasial.

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

- (1) Pre-processing data, meliputi koreksi citra, pemilihan area studi, dan filtering data;
- (2) Analisis perubahan lingkungan, seperti perubahan suhu, curah hujan, dan tutupan lahan menggunakan teknik komparasi temporal;
- (3) Analisis spasial pergeseran wilayah biogeografi, dengan mengidentifikasi perubahan distribusi habitat yang sesuai bagi spesies berdasarkan parameter lingkungan;
- (4) Analisis keterkaitan, yaitu menghubungkan perubahan sistem bumi dengan potensi pergeseran distribusi spesies serta dampaknya terhadap kelangsungan hidup spesies.

Selanjutnya, hasil analisis divisualisasikan dalam bentuk peta tematik untuk menunjukkan pola perubahan spasial yang terjadi di wilayah Sumatera. Interpretasi data dilakukan secara deskriptif-analitik untuk menjelaskan hubungan antara perubahan sistem bumi dengan dinamika biogeografi dan keberlanjutan spesies.

Dengan menggunakan metode ini, penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan berbasis data spasial mengenai dampak perubahan sistem bumi terhadap ekosistem dan keanekaragaman hayati di Sumatera, sehingga dapat menjadi dasar dalam perencanaan konservasi dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Peta suhu tahunan menunjukkan bahwa Pulau Sumatera memiliki variasi suhu yang dipengaruhi oleh kondisi topografi. Suhu 22–24°C (dingin) umumnya terdapat di daerah pegunungan, terutama sepanjang Pegunungan Bukit Barisan. Suhu 24–26°C (sejuk) masih berada di wilayah dataran tinggi, sedangkan suhu 26–28°C (hangat) mendominasi sebagian besar wilayah peralihan.

Sementara itu, suhu 28–29°C hingga 29–30°C (panas hingga sangat panas) banyak ditemukan di wilayah dataran rendah dan pesisir, khususnya di bagian timur Sumatera. Pola ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suatu wilayah, maka suhu udara cenderung semakin rendah.



Berdasarkan legenda pada peta NDVI, tingkat kerapatan vegetasi di Pulau Sumatera dibagi menjadi beberapa kelas. Kelas tidak bervegetasi atau perairan menunjukkan area yang tidak memiliki tutupan vegetasi, seperti laut, sungai, atau kawasan terbangun. Kelas vegetasi sangat jarang menggambarkan wilayah dengan tutupan vegetasi yang minim, biasanya berupa lahan terbuka atau area yang telah mengalami gangguan. Selanjutnya, kelas vegetasi sedang menunjukkan area dengan tutupan vegetasi yang cukup, seperti lahan pertanian atau perkebunan. Kelas vegetasi rapat menunjukkan wilayah dengan tutupan vegetasi yang baik, sedangkan kelas vegetasi sangat rapat (hutan) menggambarkan area dengan kerapatan vegetasi tinggi, seperti hutan alami yang masih relatif terjaga.

Perubahan sistem bumi (Earth System Change) di Pulau Sumatera menunjukkan dinamika yang signifikan, terutama dalam bentuk peningkatan suhu permukaan, perubahan pola curah hujan, serta perubahan tutupan lahan yang dipicu oleh aktivitas manusia. Berdasarkan hasil analisis spasial menggunakan Google Earth Engine (GEE), terlihat adanya tren peningkatan suhu permukaan (Land Surface Temperature) di beberapa wilayah, khususnya pada kawasan yang mengalami deforestasi dan alih fungsi lahan menjadi perkebunan. Peningkatan suhu ini berdampak langsung terhadap kondisi habitat alami yang menjadi tempat hidup berbagai spesies.

Selain itu, perubahan pola curah hujan juga teridentifikasi mengalami ketidakaturan secara temporal. Beberapa wilayah menunjukkan intensitas curah hujan yang semakin tinggi, sementara wilayah lain mengalami penurunan yang signifikan. Ketidakseimbangan ini memengaruhi ketersediaan air dan produktivitas vegetasi yang tercermin dari nilai indeks vegetasi (Normalized Difference Vegetation Index/NDVI). Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah dengan penurunan nilai NDVI cenderung mengalami degradasi vegetasi yang berdampak pada berkurangnya kualitas habitat bagi spesies.

Perubahan sistem bumi tersebut berimplikasi langsung terhadap pergeseran wilayah biogeografi di Sumatera. Analisis spasial menunjukkan bahwa distribusi habitat yang sesuai bagi spesies mengalami perubahan secara bertahap. Spesies cenderung berpindah ke wilayah yang memiliki kondisi lingkungan yang lebih stabil, seperti daerah dengan ketinggian lebih tinggi, kawasan hutan yang masih relatif utuh, atau wilayah dengan suhu yang lebih rendah. Pergeseran ini merupakan bentuk adaptasi terhadap perubahan lingkungan, namun tidak semua spesies mampu mengikuti perubahan tersebut.

Spesies yang memiliki mobilitas tinggi dan kemampuan adaptasi yang baik cenderung mampu bertahan dengan melakukan migrasi ke habitat baru. Sebaliknya, spesies yang memiliki keterbatasan dalam dispersal atau sangat bergantung pada kondisi habitat tertentu, seperti spesies endemik, menjadi lebih rentan terhadap perubahan ini. Kondisi tersebut meningkatkan risiko penurunan populasi bahkan kepunahan lokal, terutama di wilayah yang mengalami tekanan lingkungan tinggi akibat deforestasi dan fragmentasi habitat.

Fragmentasi habitat menjadi salah satu dampak penting dari perubahan tutupan lahan di Sumatera. Hasil analisis menunjukkan bahwa kawasan hutan yang sebelumnya terhubung kini terpecah menjadi bagian-bagian kecil yang terisolasi. Fragmentasi ini menghambat pergerakan spesies, mengurangi peluang reproduksi, serta meningkatkan kerentanan terhadap predator dan gangguan lingkungan. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan menurunkan stabilitas keanekaragaman hayati.

Lebih lanjut, interaksi antara perubahan sistem bumi dan aktivitas antropogenik mempercepat terjadinya degradasi lingkungan. Deforestasi, konversi lahan, serta kebakaran hutan yang sering terjadi di Sumatera memperparah perubahan kondisi ekosistem. Analisis spasial menunjukkan bahwa wilayah dengan intensitas perubahan lahan yang tinggi memiliki kecenderungan mengalami penurunan kualitas habitat yang lebih signifikan dibandingkan

wilayah yang relatif masih alami. Hal ini menegaskan bahwa tekanan manusia memiliki peran besar dalam mempercepat dampak perubahan sistem bumi.

Di sisi lain, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kawasan yang masih memiliki tutupan hutan yang baik cenderung memiliki nilai NDVI yang tinggi serta kondisi mikroklimat yang lebih stabil. Kawasan ini berperan sebagai refugia atau tempat perlindungan bagi spesies untuk bertahan dari tekanan perubahan lingkungan. Oleh karena itu, keberadaan kawasan konservasi dan hutan lindung menjadi sangat penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem di Sumatera.

Secara keseluruhan, hasil analisis spasial berbasis GEE memberikan gambaran bahwa perubahan sistem bumi telah menyebabkan pergeseran wilayah biogeografi yang berdampak signifikan terhadap kelangsungan hidup spesies di Sumatera. Pergeseran ini tidak hanya mengubah distribusi spesies, tetapi juga memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengelolaan lingkungan yang berbasis data spasial, termasuk pemantauan perubahan lingkungan secara berkala, perlindungan habitat alami, serta perencanaan konservasi yang adaptif terhadap perubahan sistem bumi.

KESIMPULAN

Perubahan sistem bumi (Earth System Change) di Pulau Sumatera terbukti memberikan dampak yang signifikan terhadap pergeseran wilayah biogeografi dan kelangsungan hidup spesies. Hasil analisis spasial berbasis Google Earth Engine (GEE) menunjukkan bahwa peningkatan suhu permukaan, perubahan pola curah hujan, serta perubahan tutupan lahan telah menyebabkan terjadinya perubahan kondisi habitat secara luas. Kondisi ini mendorong spesies untuk bermigrasi ke wilayah yang lebih sesuai, seperti daerah dengan suhu lebih rendah, ketinggian lebih tinggi, atau kawasan dengan tutupan vegetasi yang masih baik. Pergeseran ini menjadi indikator adanya tekanan lingkungan yang kuat terhadap ekosistem di Sumatera.

Di sisi lain, tidak semua spesies memiliki kemampuan adaptasi yang sama, sehingga perubahan sistem bumi juga berdampak pada meningkatnya risiko penurunan populasi hingga kepunahan, terutama pada spesies yang memiliki keterbatasan mobilitas dan ketergantungan tinggi terhadap habitat tertentu. Selain itu, fragmentasi habitat akibat perubahan tutupan lahan semakin memperburuk kondisi tersebut dengan menghambat pergerakan dan reproduksi spesies. Oleh karena itu, diperlukan upaya konservasi yang berbasis data spasial, pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan, serta strategi mitigasi dan adaptasi yang terintegrasi guna

menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan keanekaragaman hayati di Pulau Sumatera.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. (2022). Green economy sebagai strategi dalam menangani masalah ekonomi dan multilateral. *Jurnal Pajak dan Keuangan Negara*, 4(1S), 343–356.
- Chen, I. C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B., & Thomas, C. D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333(6045), 1024–1026.
- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 677–697.
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315.
- Fitria, R., & Dwiyanoto, A. (2021). Peran keanekaragaman hayati dalam mitigasi perubahan iklim. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 5(2), 45–53.
- Hansen, M. C., et al. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850–853.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- Pettorelli, N., et al. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510.
- Qutbi, A. A., Sarjan, M., & Sjah, T. (2024). Dampak perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati dan kesehatan lingkungan. *Lambda: Jurnal Pendidikan MIPA dan Aplikasinya*, 4(2), 113–119.
- Turner, W., et al. (2003). Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(6), 306–314.
- Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571–573.
- Wahyuni, S., & Suranto. (2021). Dampak aktivitas manusia terhadap keanekaragaman hayati. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(2), 101–110.
- Zurba, N. (2019). Pemutihan terumbu karang akibat perubahan iklim dan dampaknya terhadap ekosistem laut. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 14(2), 67–75.