

Pola Keterkaitan Perubahan Distribusi Kepadatan Vegetasi dengan Penggunaan Lahan DAS Pesisir, Case Study : DAS Garang

Bambang Sudarmanto¹, Edy Susilo², Imam Rofii³

^{1,2,3} Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Semarang. Jl. Soekarno-Hatta, Central Java, Indonesia.
email: bambangsudar@usm.ac.id

Info Artikel:

• Artikel Masuk: 04/01/2023

• Artikel diterima: 09/01/2023

• Tersedia Online: 10/01/2023

ABSTRAK

The diversity and density of vegetation is key in managing sedimentation throughout the watershed, especially in the central and downstream regions. Measures of vegetation diversity and density that can be used are the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) which is a measure of vegetation greenness (chlorophyll levels), Normalized Difference Water Index (NDWI) to measure vegetation wetness levels, and soil adjusted vegetation index (SAVI) for low canopy vegetation cover. For watersheds that stretch long to downstream or coastal areas, the measure of land diversity needs to be supplemented by using the Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) indicator that is useful for land use planning. Information on this vegetation index can be obtained by processing a satellite imagery map. The benefits of processing vegetation indexes in watershed management are becoming increasingly important in the era of climate change, especially with regard to efforts to harmonization of relationships between environmental elements that include the diversity of the interests of the resident population. That's why this research was done in order to find the link between natural factors including the impacts of climate change and humans. The test began by looking for changes in the NDVI, NDWI, SAVI, and NDBI indexes from the last 5 years with the Global Indicator Spatial Association (GISA) analysis using Moran's I Global Index, followed by looking for the association with the pattern of population change and the percentage of the area of the settlement. The results showed a link between moran's I Global index change pattern of population change and the spread of residential developments. The tendency of the distribution of this settlement area is an important point in analyzing the influence of its dispersal patterns in a watershed so that the continued impact of potential erosion and sedimentation triggered will be the main consideration in watershed management.

Keywords: GISA; NDVI; NDWI; NDBI; Global Moran's I; Watershed

1. PENDAHULUAN (Arial, 11pt, Bold)

Perubahan iklim yang sangat berdampak pada kawasan daratan dan kawasan laut dengan tingkat dan sifat adaptasi yang berbeda. Penelitian tentang Climate Change (CC) yang dikaitkan dengan adaptasi atau vulnerability dari kawasan daratan telah banyak dilakukan seperti penelitian tentang dampak pemanasan global terhadap bencana alam dan kekeringan (Yulianto Joko Prasetyo et al. 2018). Penelitian tentang dampak CC terhadap ketahanan vegetasi hutan (Webb et al. 2005), (Luo et al. 2020), (Eigentler and Sherratt 2020), (Nazir et al. 2018), (Trebicki 2020), (Mendes et

al. 2020). penelitian tentang dampak CC terhadap perubahan perilaku manusia (Li et al. 2019), (Zhao et al. 2020), (Leichenko and O'Brien 2020), (Case, Ardiansyah, and Spector 2007). Penelitian yang mengaitkan antara perubahan iklim dengan tingkat dengan vulnerability kawasan daratan dengan memadukan factor penyebab lain yaitu dengan kegiatan "unfriendly" dari manusia terhadap lingkungan (Mamuye 2013), (Tomer and Schilling 2009), (Amin et al. 2017) serta penelitian tentang keterkaitan CC dengan bencana biodiversitas vegetasi (Azarnivand et al. 2020), (Fossey and Rousseau 2016). Namun keterkaitan antara CC dengan perilaku manusia

dalam konteks pemilihan lokasi hunian belum banyak dilakukan.

Selanjutnya dampak CC terhadap adaptasi atau vulnerability dari kawasan laut juga sangat intens dilakukan. Penelitian ini sebagian besar diarahkan dalam mencari keterkaitan CC dengan biota laut (Belkin 2009), (Sherman and McGovern 2012), dampak CC terhadap SLR (Horton et al. 2005), (Buchanan, Oppenheimer, and Kopp 2017), (Le Bars, Drijfhout, and De Vries 2017), (Tebaldi, Strauss, and Zervas 2012), (Buchanan et al. 2016), (Bakker et al. 2017), (Wong, Bakker, and Keller 2017). Keterkaitan CC dengan perubahan garis pantai (J. A. G. Cooper 1 and ☐, G. Masselink 3, G. Coco⁴, A. D. Short⁵, B. Castelle⁶, K. Rogers 7, E. Anthony⁸, 9 A. N. Green², J. T. Kelley¹⁰, O. H. Pilkey¹¹ and D. W. T. Jackson 1, n.d.), (Monbaliu et al. 2014), (Joesidawati and Suntoyo 2017).

Area yang mempunyai tingkat perhatian yang mengemuka dari beberapa pemerhati iklim adalah area perbatasan antara laut dan daratan. Area ini, yang disebut sebagai pesisir, merupakan kunci dalam menyeimbangkan ketepatan strategi pengelolaan mitigasi bencana CC bagi keberlanjutan dan ketahanan ekosistem daratan dan ekosistem lautan yang merupakan habitat maupun tempat eksplorasi sumberdaya alam bagi kelangsungan hidup manusia itu sendiri. Indonesia merupakan negara dengan tipologi kepulauan memerlukan penelitian yang mendalam berbasis kawasan pesisir dengan kenyataan bahwa wilayah Indonesia yang didominasi pesisir merupakan wilayah yang potensial mengalami dampak langsung CC (Monbaliu et al. 2014), (Dritsas 2020), (Huang et al. 2019), (Serrano et al. 2020), (Brown, Sharp, and Mochon Collura 2016) disamping dampak bencana lain seperti bencana geologi dan vulkanologi.

Dari kajian tentang dampak CC tersebut di atas, memunculkan sebuah ide tentang perlunya kajian yang komprehensif tentang wilayah pesisir dalam formula pemodelan dengan menginternalisasikan beberapa system seperti sistem resiliensi lingkungan abiotic, biotic, dan sistem resiliensi manusia atau sistem culture ke dalam kerangka restorasi wilayah terdampak CC. Untuk tujuan pemodelan dengan variable "uncertainty" ini, penggunaan data berbasis spatial temporal menjadi sangat

penting. Data dengan basis seperti ini menjadi kendala dalam menginterpretasikan arah pola untuk proyeksi beberapa tahun kedepan. (Amin et al. 2017), (Lechner, Foody, and Boyd 2020), (Kumari et al., n.d.), (University 2016), (Octarina et al. 2019), (Riko, Meha, and Prasetyo 2019).

Wilayah yang strategis untuk dilakukan pengujian model adalah wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) yang didalamnya terdapat beberapa variabel seperti bentuk topografi, tingkat kelerengan, pola hujan yang mencakup volume dan intensitas hujan, kondisi tanah meliputi type geologi, sifat mekanis dan struktur tanah, kondisi tutupan lahan / vegetasi, tata guna lahan, serta tata cara pengelolaan lahan yang berhubungan dengan tujuan pemanfaatan lahan bagi kebutuhan hidup dan pertumbuhan ekonomi kawasan. Beberapa variable tersebut mempunyai karakteristik ketahanan dan kestabilan yang berbeda apabila dikaitkan dengan dampak perubahan iklim.

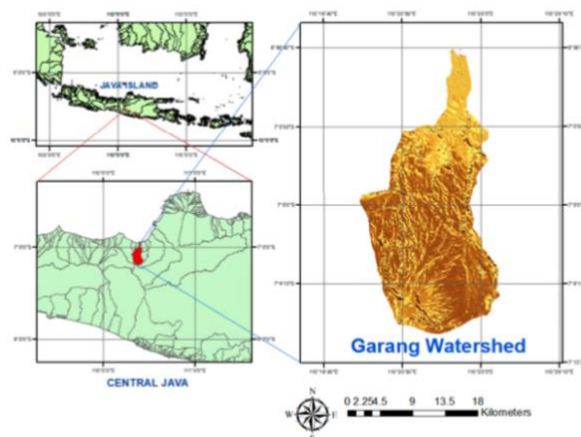
Salah satu wilayah DAS di kota Semarang yaitu DAS Garang dengan tipologi relief permukaan lahan yang lengkap dari berbukit menuju ke landai dipilih untuk lingkup wilayah penelitian. Penelitian ini melengkapi temuan tentang strategi pengembangan kota Semarang, yaitu kawasan pesisir kota Semarang masih dimungkinkan untuk dikembangkan menjadi kawasan tepian air rekreasi (recreational waterfront), kawasan mix used waterfront dengan melakukan redevelopment infrastrukturnya sampai dengan tahun 2030 (N Miladan 2009), (Nur Miladan 2016). Dari sisi sosial kependudukan, ditemukan bahwa masyarakat pesisir kota Semarang sudah terbiasa dengan kehidupan yang penuh dengan resiko seperti banjir, rob, ketidaklengkapan infrastruktur dan fasilitas kesehatan (Bambang Kanti Laras 2009).

2. DATA DAN METODE (Arial, 11pt, Bold)

Kawasan DAS utama yang membentuk kota Semarang adalah DAS Kali Garang yang terbentang dari hulu Gunung Ungaran, mencakup wilayah di 3 kabupaten/kota yaitu Kabupaten Semarang, Kota Semarang dan Kabupaten Kendal. Pengendalian kawasan DAS ini memerlukan kestabilan kawasan penyangga dan budidaya sebagai Kawasan Sekunder Vegetasi (KSV) yang juga mempunyai peranan penting untuk menjaga keberagaman vegetasi

dari hutan itu sendiri. Dengan demikian kawasan dengan peruntukan perkebunan, kebun/tegalan, sawah (irigasi maupun tadah hujan) yang merepresentasikan KSV perlu mendapatkan perhatian dalam bentuk proteksi terhadap perubahan ke peruntukan non vegetasi seperti perumahan, industri, perdagangan. Disamping itu, perlu juga dipertimbangkan adanya permasalahan “un-friendly anthropogenic” di wilayah hulu dan wilayah kota, yang semuanya itu semakin meningkatkan tekanan terhadap wilayah pesisir. Dengan demikian, usaha dalam mengatasi permasalahan kawasan pesisir Kota Semarang yang menghadapi tekanan dari dua sisi, yaitu dari sisi laut seperti dampak Sea Level Rise dan dari sisi daratan berupa kegiatan un-friendly anthropogenic, membutuhkan ketepatan kebijakan penataan pengelolaan kawasan. Inilah yang menjadi tujuan utama penelitian.

Kota Semarang terletak di pantai utara Pulau Jawa dengan luas wilayah 373,70 Km². Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Kendal, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Demak, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Semarang, sebelah Utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai 13,6 Km. Secara historis, wilayah Kota Semarang merupakan dasar laut dangkal pada pergantian masa dari Miocene ke Pleistocene yang mengalami sedimentasi. Secara garis besar, geologi Kota Semarang dan sekitarnya dibedakan menjadi tiga yaitu batuan vulkanik, batuan sedimen yang berasal dari laut, dan endapan aluvial. Kabupaten Kendal, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Demak, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Semarang, sebelah Utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai 13,6 Km. Kali Garang yang bersumber dari Gunung Ungaran memiliki dua anak sungai, yaitu Kali Kripik dan Kali Kreo. Daerah tangkapan Kali Garang mencapai 204 km², termasuk daerah tangkapan Kali Kripik 93.4 km² dan Kali Kreo 70 km². Luas daerah genangan Kali Garang mencapai sekitar 145 ha. Hal ini pernah terjadi fenomena banjir di DAS Kali Garang pada bulan Januari tahun 1990 akibat luapan Kali Garang menimbulkan 47 korban jiwa, 151 rumah tergenang air. Ketinggian Genangan atau banjir mencapai 3 m dalam waktu 3 sampai 5 jam (Joko Windarto, Hidayat Pawitan, Suripin 1990).

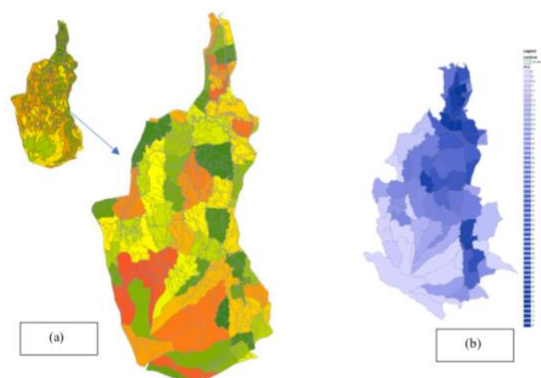


Gambar 1. Peta DAS Garang (Hasil Analisis, 2020)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN (Arial, 11pt, Bold)

Perubahan Land Use dan Jumlah Penduduk DAS Garang

Interpretasi peta citra USGS yang diperoleh, digunakan aplikasi Qgis 3.4. yang merupakan aplikasi pemetaan open source, digunakan metode Supervised Classification. Untuk mencocokkan dengan kondisi lapangan, karena situasi yang tidak memungkinkan dengan adanya pandemi Covid-19, dilakukan validasi peta dengan Google Earth dan pencocokan dengan peta produk tata ruang yang ada yaitu dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah yang terkait kawasan studi. Hasil pengolahan peta citra tersebut dengan rincian penggunaan lahan beserta luas wilayahnya disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Sebaran Tata Guna Lahan Permukiman DAS Garang Tahun 2002 – Tahun 2019

4. SIMPULAN (Arial, 11pt, Bold)

Dari analisis trend perubahan indeks moran's I untuk sebaran penduduk, indeks vegetasi yang terukur dari indeks NDVI, NDWI, SAVI, dan NDBI didapatkan perubahan angka indeks Moran's I yang menunjukkan trend penurunan indeks secara linier dengan tingkat keyakinan yang cukup tinggi yaitu $R^2 = 0.8657$. Setidaknya hal ini menunjukkan bahwa di DAS Garang telah terjadi kecenderungan pola sebaran penduduk yang menyebar. Namun indeks Moran's I di tahun 2018 dan 2019 memerlukan kajian yang lebih mendalam dikarenakan tingkat presisi angka Indeks yang meragukan karena p-value menunjukkan angka yang lebih dari 0.05 (p-value Th. 2018 = 0.1191 dan Th. 2019 = 0.1229).

Selanjutnya untuk perubahan indeks moran's I pada sebaran kawasan permukiman, trend perubahan indeks senada dengan perubahan pada sebaran penduduk. Namun perubahan indeks pada tata guna lahan permukiman menunjukkan angka yang sangat meyakinkan yaitu terjadi perubahan pola perletakan yang semula membentuk kluster atau mengelompok menjadi berbentuk pola menyebar.

Perubahan pola yang terprediksi secara linier terlihat pada perubahan indeks NDVI baik pada musim kemarau maupun pada musim hujan. Pada musim kemarau terjadi trend perubahan pola menuju ke dispersion dengan tingkat keyakinan yang tinggi ($R^2 = 0.7703$). Yang menarik disini yaitu saat musim penghujan, kecenderungan trend perubahan pola yang menunjukkan pola linier juga terjadi di NDVI, namun perubahan polanya menuju "mengelompok" dengan tingkat keyakinan yang cukup ($R^2 = 0.3556$). Hal ini kemungkinan menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi pada DAS Garang mulai menunjukkan gejala degradasi yang Nampak jelas di musim kemarau, namun menunjukkan sisi recovery pada musim penghujan. Kekuatan pemulihan kerapatan vegetasi pada musim penghujan tidak sekuat degradasi kerapatan vegetasi pada musim kemarau.

REFERENSI

- Amin, M. Z.M. et al. 2017. "Future Climate Change Impact Assessment of Watershed Scale Hydrologic Processes in Peninsular Malaysia by a Regional Climate Model Coupled with a Physically-Based Hydrology Model." *Science of the Total Environment* 575: 12–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.009>.
- Azarnivand, Ali, Matteo Camporese, Sina Alaghmand, and Edoardo Daly. 2020. "Modeling Hydrological Impacts of Afforestation on Intermittent Streams." *Science of the Total Environment* 728.
- Bakker, Alexander M.R., Tony E. Wong, Kelsey L. Ruckert, and Klaus Keller. 2017. "Sea-Level Projections Representing the Deeply Uncertain Contribution of the West Antarctic Ice Sheet." *Scientific Reports* 7(1): 1–7.
- Bambang Kanti Laras. 2009. "Desain Kebijakan Pengelolaan Water Front City Semarang." *Institut Pertanian Bogor*: 93–132.
- Le Bars, Dewi, Sybren Drijfhout, and Hylke De Vries. 2017. "A High-End Sea Level Rise Probabilistic Projection Including Rapid Antarctic Ice Sheet Mass Loss." *Environmental Research Letters* 12(4).
- Belkin, Igor M. 2009. "Rapid Warming of Large Marine Ecosystems." *Progress in Oceanography* 81(1–4): 207–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2009.04.011>.
- Brown, Cheryl A., Darrin Sharp, and T. Chris Mochon Collura. 2016. "Effect of Climate Change on Water Temperature and Attainment of Water Temperature Criteria in the Yaquina Estuary, Oregon (USA)." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169: 136–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.11.006>.
- Buchanan, Maya K., Robert E. Kopp, Michael Oppenheimer, and Claudia Tebaldi. 2016. "Allowances for Evolving Coastal Flood Risk under Uncertain Local Sea-Level Rise." *Climatic Change* 137(3–4): 347–62. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-016-1664-7>.
- Buchanan, Maya K., Michael

- Oppenheimer, and Robert E. Kopp. 2017. "Amplification of Flood Frequencies with Local Sea Level Rise and Emerging Flood Regimes." *Environmental Research Letters* 12(6).
- Case, Michael, Fitriani Ardiansyah, and Emily Spector. 2007. "Climate Change in Indonesia Implications for Humans and Nature." *Energy*: 1–13.
- Dritsas, Sophoclis E. 2020. "The Effect of Sea Level Rise on Coastal Populations: The Case of the Gironde (Estuaries of Gironde)." *Economic Analysis and Policy* 66: 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.02.008>.
- Eigentler, L., and J. A. Sherratt. 2020. "Effects of Precipitation Intermittency on Vegetation Patterns in Semi-Arid Landscapes." *Physica D: Nonlinear Phenomena* 405.
- Fossey, M., and A. N. Rousseau. 2016. "Can Isolated and Riparian Wetlands Mitigate the Impact of Climate Change on Watershed Hydrology? A Case Study Approach." *Journal of Environmental Management* 184: 327–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.043>.
- Gao, Bo-Cai. 1996. "Naval Research Laboratory, 4555 Overlook Ave." *Remote Sens. Environ* 72(2)(April): 257–66.
- Horton, Benjamin P et al. 2005. "Estimating Global Mean Sea-Level Rise and Its Uncertainties by 2100 and 2300 from an Expert Survey." *npj Climate and Atmospheric Science*: 1–8. <http://dx.doi.org/10.1038/s41612-020-0121-5>.
- Huang, Peisheng et al. 2019. "An Integrated Modelling System for Water Quality Forecasting in an Urban Eutrophic Estuary: The Swan-Canning Estuary Virtual Observatory." *Journal of Marine Systems* 199(July): 103218. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2019.103218>.
- J. A. G. Cooper, G. Masselink, G. Coco, A.D. Short, B. Castelle, K. Rogers. 2020. "Sandy Beaches Can Survive Sea-Level Rise." *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0697-0>.
- Joesidawati, Marita Ika, and Suntoyo. 2017. "Shoreline Changes in Tuban District in East Java Caused by Sea Level Rise Using Bruun Rule and Hennecke Methods." *Applied Mechanics and Materials* 862(Cvi): 34–40.
- Joko Windarto, Hidayat Pawitan, Suripin, M Januar JP). 1990. "1966-4308-1-Sm." : 189–95.
- Kumari, Nikul et al. *The Spatio-Temporal NDVI Analysis for Two Different Australian Catchments*. <http://www.usgs.gov/>.
- Lechner, Alex M., Giles M. Foody, and Doreen S. Boyd. 2020. "Applications in Remote Sensing to Forest Ecology and Management." *One Earth* 2(5): 405–12.
- Leichenko, Robin, and Karen O'Brien. 2020. "Teaching Climate Change in the Anthropocene: An Integrative Approach." *Anthropocene* 30. Li, Yang, Zhixiang Xie, Yaochen Qin, and Zhicheng Zheng. 2019. "Remote Sensing Estimating Relations of Vegetation, Climate Change, and Human Activity: A Case Study in the 400 Mm Annual Precipitation Fluctuation Zone, China." 11: 1159.
- Luo, Min et al. 2020. "Assessing Extreme Climatic Changes on a Monthly Scale and Their Implications for Vegetation in Central Asia." *Journal of Cleaner Production* 271.
- Mendes, Keila R. et al. 2020. "Seasonal Variation in Net Ecosystem CO₂ Exchange of a Brazilian Seasonally Dry Tropical Forest." *Scientific Reports* 10(1): 9454. <http://www.nature.com/articles/s41598-020-66415-w>.
- Miladan, N. 2009. "Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Kota Semarang Terhadap Perubahan Iklim." <https://core.ac.uk/download/pdf/11723070.pdf>.
- Miladan, Nur. 2016. "Communities' Contributions to Urban Resilience Process: A Case Study of Semarang City (Indonesia) Toward Coastal Hydrological Risk." *Architecture, space management. Université Paris-Est*. <http://www.theses.fr/2016PESC1010.pdf>.
- Monbaliu, Jaak et al. 2014. "Risk Assessment of Estuaries under Climate

- Change: Lessons from Western Europe.” *Coastal Engineering* 87: 32–49.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.01.001>.
- Nazir, Nargis et al. 2018. “Effect of Climate Change on Plant Diseases.” *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(06): 250–56.
- Octarina, Tania Maria et al. 2019. “Penginderaan Jauh Pemrosesan Data Satelit Landsat 8 Untuk Deteksi Genangan.” 7(1).
- Riko, Yudistira, Arit Imanuel Meha, and Sri Yulianto Joko Prasetyo. 2019. “Perubahan Konversi Lahan Menggunakan NDVI, EVI, SAVI Dan PCA Pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Kota Salatiga).” *Indonesian Journal of Computing and Modeling* 1: 25–30.
- Serrano, M. A., M. Cobos, P. J. Magaña, and M. Díez-Minguito. 2020. “Sensitivity of Iberian Estuaries to Changes in Sea Water Temperature, Salinity, River Flow, Mean Sea Level, and Tidal Amplitudes.” *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 236(July 2019).
- Sherman, Kenneth, and Galen McGovern. 2012. “Frontline Observations on Climate Change and Sustainability of Large Marine Ecosystems.” *Large Marine Ecosystems* 17: 216pp.
- Tebaldi, Claudia, Benjamin H. Strauss, and Chris E. Zervas. 2012. “Modelling Sea Level Rise Impacts on Storm Surges along US Coasts.” *Environmental Research Letters* 7(1).
- Tomer, Mark D., and Keith E. Schilling. 2009. “A Simple Approach to Distinguish Land-Use and Climate-Change Effects on Watershed Hydrology.” *Journal of Hydrology* 376(1–2): 24–33.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.029>.
- Trebicki, Piotr. 2020. “Climate Change and Plant Virus Epidemiology.” *Virus research*: 198059.
- University, Boston. 2016. *Remote Sensing for Forest Cover Change Detection 2*. Boston.
<http://trac.osgeo.org/osgeo4w/>.
- Webb, Thomas J, F Ian Woodward, Lee Hannah, and Kevin J Gaston. 2005. 15 Ecological Applications *FOREST COVER-RAINFALL RELATIONSHIPS IN A BIODIVERSITY HOTSPOT: THE ATLANTIC FOREST OF BRAZIL*. <http://www.ibge.gov.br/>.
- Wong, Tony E., Alexander M.R. Bakker, and Klaus Keller. 2017. “Impacts of Antarctic Fast Dynamics on Sea-Level Projections and Coastal Flood Defense.” *Climatic Change* 144(2): 347–64.
- Yulianto Joko Prasetyo, Sri et al. 2018. *The Machine Learning to Detect Drought Risk in Central Java Using Landsat 8 OLI Remote Sensing Images*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Zhao, Sen et al. 2020. “Global Karst Vegetation Regime and Its Response to Climate Change and Human Activities.” *Ecological Indicators*