

PENDEKATAN EKO-SOSIO SISTEM DALAM PENGELOLAAN POTENSI BANJIR KOTA SEMARANG

Bambang Sudarmanto*, Imam Rofii

Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta, Tlogosari

Jurnal Riptek

Volume 15 No. 2 (75–85)

Tersedia online di:

<http://ripte.semarangkota.go.id>

Info Artikel:

Diterima: 28 Oktober 2021

Direvisi: 14 November 2021

Disetujui: 29 November 2021

Tersedia online: 31 Desember 2021

Kata Kunci:

GISA, NDVI, NDWI, NDBI, Global Moran's I, Watershed

Korespondensi penulis:

*bambangsudarmanto68@gmail.com

Abstract. The diversity and density of vegetation is key in managing flood 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, sedimentation, and flooding triggered that will be the main consideration in watershed management.

Cara mengutip:

Sudarmanto, B; Rofii, I. 2021. Pendekatan Eko-Sosio Sistem dalam Pengelolaan Potensi Banjir Kota Semarang. **Jurnal Riptek**. Vol. 15 (2): 75-85.

PENDAHULUAN

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), (Trebecki 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 faktor 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 (Cooper 2020), (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 sumber daya alam bagi kelangsungan hidup manusia itu sendiri. Indonesia merupakan negara dengan tipologi kepulauan memerlukan banyak penelitian 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 sistem seperti sistem resiliensi lingkungan abiotik, biotik, dan sistem resiliensi manusia atau sistem kultur ke dalam kerangka restorasi wilayah terdampak CC. Untuk tujuan pemodelan dengan variabel “*uncertainty*” ini, penggunaan data berbasis spatial temporal menjadi sangat penting. Data dengan basis seperti ini menjadi kendali 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 dalam kontek prediksi potensi banjir 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 tipe 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 variabel tersebut mempunyai karakteristik ketahanan dan kestabilan yang berbeda apabila dikaitkan dengan dampak perubahan iklim dan dinamika perubahan sistem ekologi dan sistem sosial masyarakat yang menempatinnya.

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 pengembangan berbasis sistem ekologi yaitu pengembangan 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 sistem sosial, pengembangan kota Semarang tersebut juga perlu mempertimbangkan variabel sistem sosial seperti kondisi masyarakat pesisir kota Semarang yang saat ini masih dalam kondisi sudah terbiasa dengan kehidupan yang penuh dengan resiko seperti banjir, rob, ketidaklaikan infrastruktur dan fasilitas kesehatan (Bambang Kanti Laras 2009).

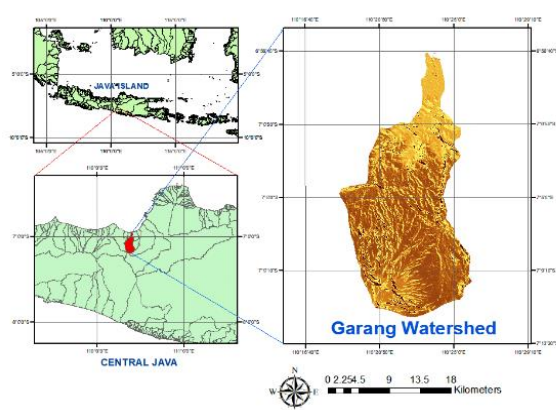
Tujuan penelitian adalah menemukan pengaruh sistem ekologi dengan pengertian interaksi timbal balik antara manusia sebagai penghuni wilayah dengan lingkungan yang terwakili oleh eksistensi vegetasi. Keterukurannya faktor manusia diwakili oleh pola sebaran penduduk dan pola perubahan hunian di wilayah DAS Garang dan keterwakilan eksistensi vegetasi diukur dari perubahan distribusi kepadatan vegetasi untuk vegetasi kanopi tinggi (NDVI) dan kanopi rendah (SAVI), dan tingkat kebasahan lahan (NDWI).

METODE ANALISIS

Study Area. 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 nonvegetasi seperti perumahan, industri, perdagangan. Di samping itu, perlu juga dipertimbangkan adanya permasalahan “*unfriendly 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 *unfriendly 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 *Meiocene* 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. Location of Garang Watershed, Semarang, Indonesia

Prosedur. Pengolahan Data Indeks Vegetasi yang meliputi NDVI, NDWI, dan SAVI dari Peta Satelit berbasis temporal. Semua data yang digunakan

pada penelitian ini adalah berupa data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber yaitu Citra Satelit Landsat tahun 2008 dan tahun 2019 yang diperoleh dari *United States Geological and Survey (USGS)*. Citra ini diperoleh dengan mengunduh pada *website* resmi USGS. Pengolahan data citra dilakukan dalam dua bagian, yaitu pengolahan data citra untuk interpretasi *Land Use* dan interpretasi Indeks Vegetasi yang meliputi NDVI, NDWI, SAVI, dan NDBI.

Analisis citra untuk *Land Use* bertujuan untuk mengetahui perubahan lahan yang terjadi selama kurun waktu 2008-2019 baik dari segi distribusi masing-masing penggunaan lahan maupun luasan perubahan yang terjadi. Pada penelitian ini citra dibagi menjadi 13 kelas penggunaan lahan yaitu hutan, industri, kebun, kesehatan, olah raga, pendidikan, perdagangan dan jasa, perkantoran, perikanan, permukiman, pertanian, RTNH, TPA, dan wisata. Setelah diklasifikasi citra dikonversi ke format SIG untuk dilakukan operasi tumpang tindih (*overlay*) sehingga dapat dianalisis perubahan masing-masing kelas penggunaan lahannya. Dari 13 penggunaan lahan tersebut, selanjutnya dipilih penggunaan lahan untuk permukiman yang nantinya akan dilihat pola perubahannya spasialnya dengan menggunakan ukuran *Global Moran's Indeks*.

Analisis citra untuk interpretasi indeks vegetasi dilakukan dengan memecah *Band* dari data citra, yang selanjutnya dilakukan *overlay* peta *Band* dengan menggunakan formulasi algebra berikut.

$$\text{NDVI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$$

$$\text{NVWI} = (\text{Band 5} - \text{Band 7}) / (\text{Band 5} + \text{Band 7})$$

$$\text{SAVI} = ((\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4} + 0.5)) * (1.5)$$

Secara rinci, langkah tahapan olah Data Indeks Vegetasi dilakukan dalam 11 langkah yaitu: Mengumpulkan data citra satelit *Landsat 8 OLI* daerah Jawa Tengah pada bulan Februari dan Agustus dari tahun 2015 sampai dengan 2019 di laman <https://earthexplorer.usgs.gov/> dan peta vektor wilayah DAS; Dilakukan koreksi *radiometric* dan koreksi *geometric* pada data citra satelit dengan menggunakan *preprocessing Semi Automatic Classification Plugin* yang ada pada QGIS; Pilih *band 4*, dan *5* pada *file* hasil koreksi yang akan digunakan pada analisis data indeks NDVI; Pilih menu *Raster*, pilih sub menu *Raster Calculator*; Tuliskan nama output *file* dan pada *input* kolom formula di-inputkan persamaan $(\text{band 5} - \text{band 4}) / (\text{band 5} + \text{band 4})$ (sesuai dengan nama *file* dari hasil koreksi) yang di mana merupakan persamaan dari indeks NDVI atau

sesuai dengan indeks yang akan digunakan; Setelah hasil indeks selesai maka langkah selanjutnya adalah memotong sesuai dengan daerah studi kasus yang dimana digunakan data vektor wilayah DAS. Hasil pemotongan ini yang selanjutnya akan diolah untuk dianalisis menggunakan metode atau algoritma pada penelitian ini yaitu *Global Moran's Indeks*. Hasil olahan masih berupa *file raster*, maka untuk mengolahnya, harus mengekstrak *file raster* tersebut untuk dapat mengambil nilai yang ada; Selanjutnya digunakan *Raster Statistic for Polygon* untuk format *file* yang akan diekstrak kedalam *file csv*.

Metode Moran's Index dalam Menentukan Pola Perubahan Spatial. Metode Moran's I dapat digunakan untuk menentukan pola spasial global dan pola spasial lokal suatu himpunan data. Pola spasial global dapat didefinisikan pada persamaan 1.

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

yang mana n adalah total data kasus yang di observasi, x_i, x_j adalah nilai variabel dari unit spasial yang diobservasi pada wilayah i dan j , dan $\bar{x}$ adalah rerata dari total data. Nilai W_{ij} disebut sebagai elemen *weight matrix* (Byun, 2006). Nilai luaran dari Moran's I adalah berada pada kisaran $[-1, 1]$. Objek spasial yang diuji bernilai positif jika terdapat kemiripan nilai dengan sekelilingnya, bernilai negatif jika tidak terdapat kemiripan nilai dengan sekelilingnya dan bernilai 0 menggambarkan bahwa objek terdistribusi secara acak (Dominiak dkk, 2006). Verifikasi signifikansi untuk melihat bahwa keseluruhan himpunan data terdistribusi secara asimtotik normal diuji menggunakan persamaan yang dinotasikan dalam persamaan 2.

$$I^s = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \quad (2)$$

Yang mana $E(I)$ adalah nilai ekspektasi Moran's dan $Var(I)$ adalah variansi:

$$E(I) = -\frac{1}{n-1}, var(I) = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^2}{(n^2 - 1) S_0^2} - \frac{1}{(n-1)^2} \quad (3)$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}, S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (W_{ij} + W_{ji})^2, S_2 = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n W_{ij} + \sum_{j=1}^n W_{ji})^2 \quad (4)$$

Yang mana S_0 adalah jumlah semua elemen *weight matrix*. Pola spasial yang dibentuk oleh persamaan

Moran's I dapat dinotasikan berikut ini:

$I = -(n-1)^{-1}, I^s \approx 0$, diindikasikan bahwa seluruh data observasi merepresentasikan pola spasial acak.

$I > -(n-1)^{-1}, I^s > 0$, diindikasikan bahwa seluruh data observasi merepresentasikan pola spasial negatif.

$I < -(n-1)^{-1}, I^s < 0$, diindikasikan bahwa seluruh data observasi merepresentasikan pola spasial positif (Dominiak dkk, 2006).

Script R for Global Moran's I
#SPATIAL AUTOCORRELATION#

1. Deklarasi library yang digunakan
library(raster)
library(rgdal)
library(spdep)
2. Import SHP Files yang sudah berisi value yang akan digunakan dalam perhitungan Global Moran's I
p <- shapefile("E://file.shp")
p <- p[p\$PROVINSI=="JAWA TENGAH",]
data.frame(p)
3. Plot Polygon dengan menggunakan fungsi koordinat untuk mendapatkan centroid dari polygon dalam penempatan label
par(mai=c(0,0,0,0))
plot(p, col=2:7)
xy <- coordinates(p)
points(xy, cex=1, pch=20, col='white')
text(p, 'DESA', cex=1)
4. Mencari polygon yang berdekatan → library spdep
w <- poly2nb(p, row.names=p\$Id)
class(w)
summary(w)
5. Mengubah w menjadi matriks bobot spasial
wm <- nb2mat(w, style='B')
6. Menghitung jumlah observasi
n <- length(p)
7. Mendapatkan y dan ybar (rata-rata dari value yang akan dihitung autokorelasi spasialnya)
y <- p\$value
ybar <- mean(y)
dy <- y - ybar
g <- expand.grid(dy, dy)
yijj <- g[,1] * g[,2]
8. Membuat matriks pasangan yang dikalikan
pm <- matrix(yijj, ncol=n)
9. Mengalikan matriks dengan bobot
pmw <- pm * wm
10. Menjumlahkan nilai
spmw <- sum(pmw)
11. Membagi nilai dengan jumlah bobot
smw <- sum(wm)
sw <- spmw / smw
12. Menghitung inverse varian dari y
vr <- n / sum(dy^2)
13. Perhitungan Moran's I
MI <- vr * sw
MI

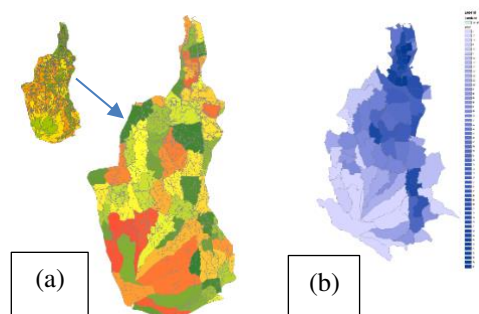
Pengukuran Faktor Sistem Sosial Masyarakat penghuni DAS Garang. Sistem sosial masyarakat DAS Garang yang merupakan variabel yang dijadikan pertimbangan dalam pengelolaan potensi banjir di Kota Semarang dielaborasi dalam keterukuran: sikap, pengetahuan, respon, pendorong partisipasi dalam kaitannya dengan pemeliharaan tutupan vegetasi lahan. Penggalan variabel ini dilakukan dengan teknik penyebaran kuesioner dengan pemilihan responden yang bersifat acak. Format pertanyaan berupa pertanyaan yang bersifat tertutup dan terbuka (dalam bentuk wawancara).

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 Tabel 1.

Produk peta tata guna lahan ini, selanjutnya, dilakukan *overlay* dengan batas administrasi desa

(Gambar 1 (a)) dan diambil tata guna lahan untuk permukiman pada masing-masing desa tersebut (Gambar 1 (b)) untuk selanjutnya dilakukan analisis sebarannya dengan analisis Global Moran's I (GMI).



(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

Gambar 1. Sebaran Tata Guna Lahan Permukiman DAS Garang Tahun 2002 – Tahun 2019

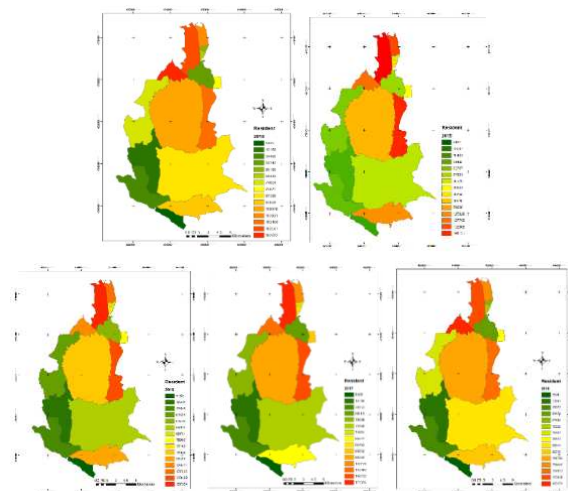
Selanjutnya, untuk sebaran jumlah penduduk pada kawasan DAS Garang, data yang digunakan dalam analisis GMI adalah data penduduk yang dileniasi wilayah kecamatan yang didapatkan dari sumber data statistik kependudukan berupa Data Kecamatan Dalam Angka pada tahun 2015 sampai dengan 2019. Dengan metode yang sama seperti yang dilakukan pada data *Land Use*, *ploting* data

Tabel 1. Luas *Land Use* Das Garang Tahun 2002 – Tahun 2019

LUC	Areas (Ha)											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2012	2014	2016	2019
Hutan (forest)	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809	2.033.0809
Industri (industry)	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	81.0341	124.6269
Kebun (garden)	6.865.5085	6.723.1428	6.702.0888	6.702.0888	6.702.0888	6.639.1385	6.618.3099	6.4369060	6.404.1661	6.224.2333	6.1673693	6.152.1803
Kesehatan (health)	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839	7.2839
Olah raga (sport)	69.0788	69.0788	125.5188	125.5188	125.5188	125.5188	125.5188	125.5188	125.5188	176.8760	176.8760	176.5764
Pendidikan (education)	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215	286.7215
Perdagangan dan Jasa (trade & service)	218.8539	218.8539	218.8539	218.8539	218.8539	218.8539	218.8539	282.2936	376.8682	436.4438	451.8296	499.7400
Perikanan (fishing)	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113	0.6113
Perkantoran (office)	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.2615	98.8283
Permukiman (settlement)	4.578.6404	4.791.2209	4.850.4504	4.903.6980	4.932.7184	4.995.7043	5.060.7365	5.228.1669	5.190.4706	5.259.5304	5.321.9942	5.570.1610
Pertanian (agriculture)	6.511.5794	6.441.3770	6.346.7615	6.293.5139	6.264.4935	6.264.4935	6.220.2898	6.139.8039	6.1115.7093	6.056.0031	6035.6191	5.650.3625
RTNH (lake)	157.9185	157.9185	157.9185	157.9185	157.9185	157.9185	157.9185	157.9185	157.9185	217.6218	217.6218	277.3947
TPA (waste disposal)	-	-	-	-	-	-	-	21.3839	21.3839	21.3839	21.3839	21.3839
Wisata (recreation)	21.3839	21.3839	21.3839	21.3839	21.3839	21.3839	21.3839	31.0198	31.0198	31.0198	31.0198	31.0873

Sumber: Analisis Peneliti, 2021

dilakukan pada peta SHP. Khusus untuk data penduduk, digunakan dileniasi wilayah kecamatan karena perubahan kependudukan akan nampak apabila dilihat dari skala wilayah kecamatan. Hasil dari pengolahan data sebaran jumlah penduduk disajikan dalam Gambar 2.



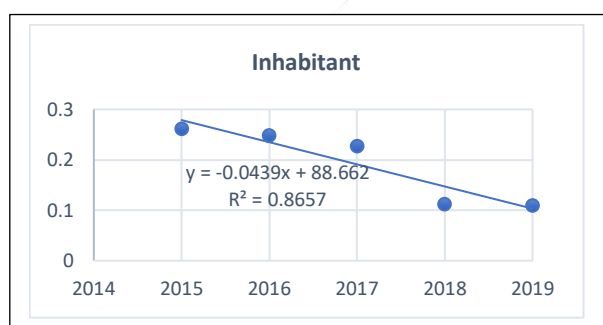
(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

Gambar 2. Jumlah Penduduk Das Garang Tahun 2015 – Tahun 2019

Tabel 2. Global Moran's I Penduduk

Year	GMI Statistic	Variance	SD	p-value
2015	0.26058550	0.02417775	2.1352	0.01637
2016	0.24751817	0.0417775	2.0512	0.02012
2017	0.2262679	0.02417775	1.913	0.02787
2018	0.11198801	0.02417775	1.1796	0.1191
2019	0.10903814	0.02417775	1.1606	0.1229

Sumber: Analisis Peneliti, 2021



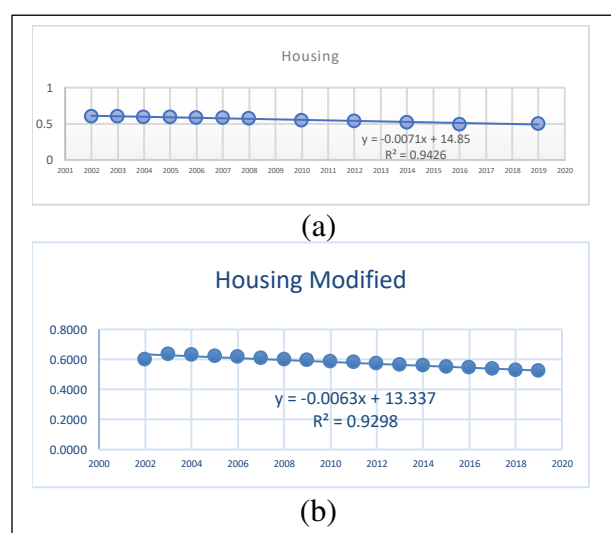
(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

Gambar 3. Grafik Perubahan Nilai Global Moran's I Penduduk

Tabel 3. Global Moran's I Permukiman

Year	GMI Statistic	Variance	SD	p-value
2002	0.59986445	0.00405074	9.6078	<2.2e-16
2003	0.60148021	0.00405074	9.6332	<2.2e-16
2004	0.59514803	0.00405074	9.5337	<2.2e-16
2005	0.59277910	0.00405074	9.4965	<2.2e-16
2006	0.58982889	0.00405074	9.4501	<2.2e-16
2007	0.58779820	0.00405074	9.4182	<2.2e-16
2008	0.57675493	0.00405074	9.2447	<2.2e-16
2010	0.54996237	0.00405074	8.8237	<2.2e-16
2012	0.54078394	0.00405074	8.6795	<2.2e-16
2014	0.52560881	0.00405074	8.4411	<2.2e-16
2016	0.49062723	0.00405074	7.8915	<1.493e-15
2019	0.50145732	0.00405074	8.0616	<3.765e-16

Sumber: Analisis Peneliti, 2021



(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

Gambar 4. Grafik Perubahan Nilai Global Moran's I Permukiman

Tabel 4. Global Moran's I NDVI

Year	GMI Statistic	Variance	SD	p-value
NDVI Dry Sesason				
2015	0.82135164	0.004400192	12.557	<2.2e-16
2016	0.86667256	0.004100152	13.716	<2.2e-16
2017	0.59277910	0.004099209	13.219	<2.2e-16
2018	0.58982889	0.004107334	13.454	<2.2e-16
2019	0.58779820	0.004110153	10.645	<2.2e-16
NDVI Wet Sesason				
2015	0.8501648	0.00410521	13.45	<2.2e-16
2016	0.5372418	0.00404635	8.6285	<2.2e-16
2017	0.4627575	0.00393216	7.5651	<2.2e-16
2018	0.8472731	0.00408187	13.444	<2.2e-16
2019	0.7014147	0.00409408	11.144	<2.2e-16

Sumber: Analisis Peneliti, 2021

Tabel 5. Global Moran's I NDWI

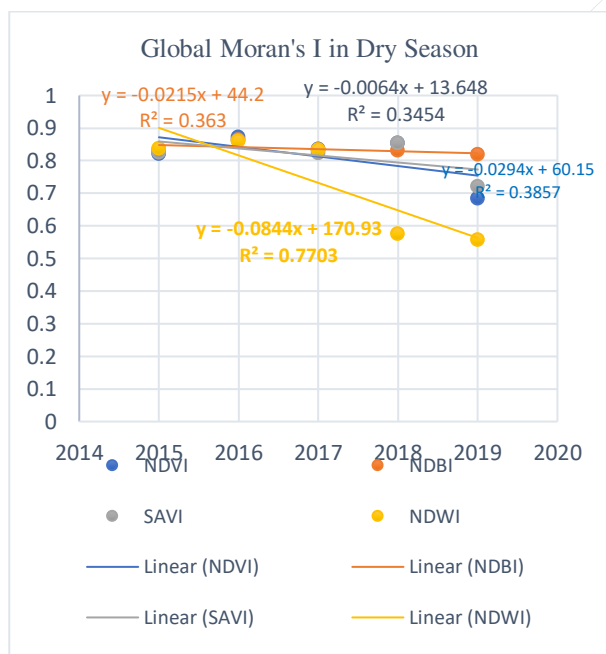
Year	GMI Statistic	Variance	SD	p-value
NDWI Dry Sesason				
2015	0.8388903	0.0041066	13.272	<2.2e-16
2016	0.8601997	0.0041085	13.602	<2.2e-16
2017	0.8405385	0.0041076	13.296	<2.2e-16
2018	0.5291292	0.0040637	8.4829	<2.2e-16
2019	0.5397505	0.0041078	8.603	<2.2e-16
NDWI Wet Sesason				
2015	0.8468504	0.0041027	13.403	<2.2e-16
2016	0.7235789	0.0040793	11.511	<2.2e-16
2017	0.7739765	0.0040704	12.314	<2.2e-16
2018	0.6648120	0.0039103	10.817	<2.2e-16
2019	0.7328915	0.0039625	11.827	<2.2e-16

Sumber: Analisis Peneliti, 2021

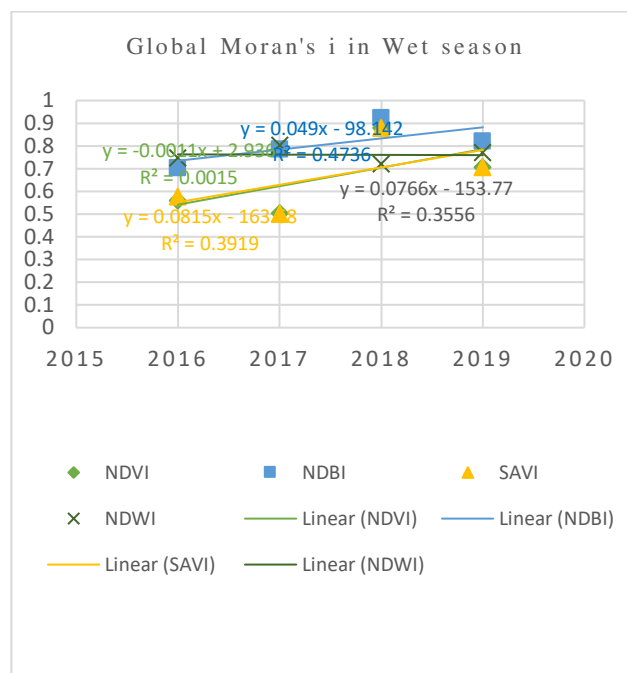
Tabel 6. Global Moran's I SAVI

Year	GMI Statistic	Variance	SD	p-value
SAVI Dry Sesason				
2015	0.8181267	0.0041034	12.953	<2.2e-16
2016	0.8563151	0.0041060	13.545	<2.2e-16
2017	0.8221164	0.0040395	13.015	<2.2e-16
2018	0.8506387	0.0041073	13.454	<2.2e-16
2019	0.7088667	0.0041089	13.240	<2.2e-16
SAVI Wet Sesason				
2015	0.8101381	0.0041060	12.824	<2.2e-16
2016	0.5548164	0.0040579	8.8922	<2.2e-16
2017	0.4525699	0.0040059	7.3342	<2.2e-16
2018	0.8472736	0.0040819	13.444	<2.2e-16
2019	0.7014153	0.0040941	11.144	<2.2e-16

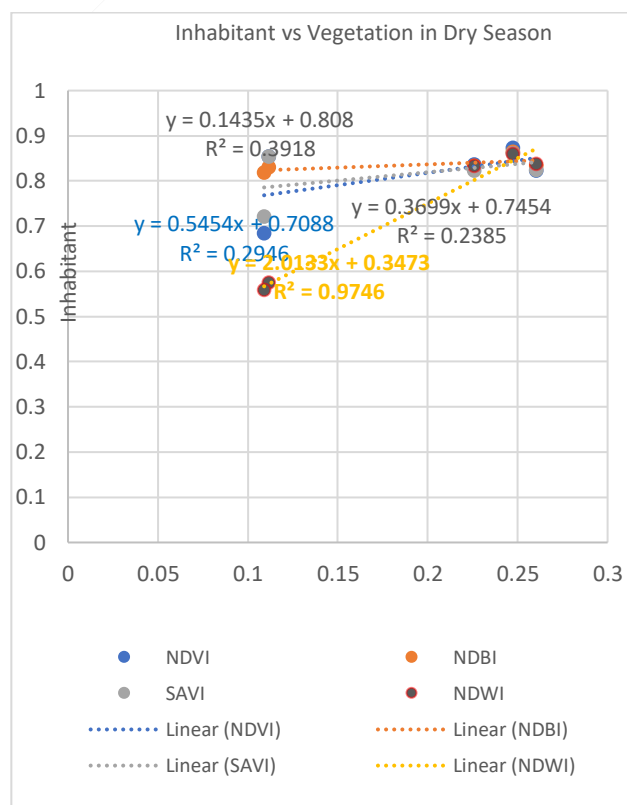
Sumber: Analisis Peneliti, 2021



(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

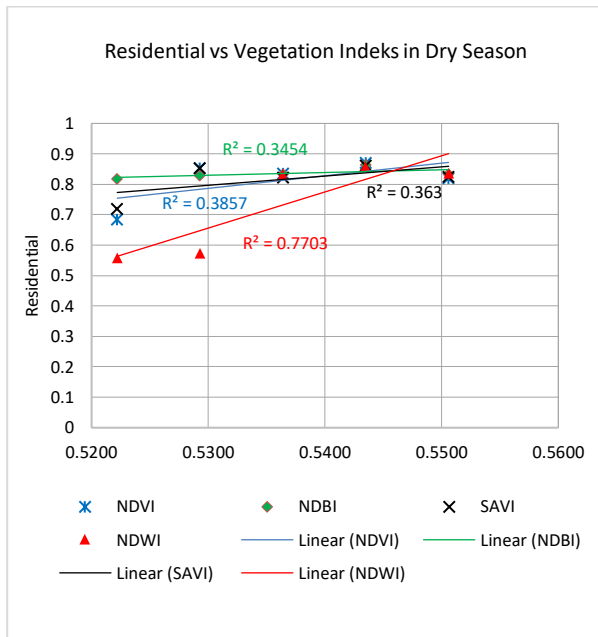
Gambar 5. Grafik Perubahan Nilai Global Moran's I Vegetasi Musim Kemarau

(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

Gambar 6. Grafik Perubahan Nilai Global Moran's I Vegetasi Musim Hujan

(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

Gambar 7. Keterkaitan Perubahan GMI Sebaran Penduduk dan Indeks Vegetasi pada Musim Kering



(Sumber: Analisis Peneliti, 2021)

Gambar 8. Keterkaitan Perubahan GMI Sebaran Permukiman dan Indeks Vegetasi pada Musim Kering

Selanjutnya hasil dari analisis sistem sosial yang diukur dari skor: sikap, pengetahuan, respon, dan pendorong partisipasi masyarakat dalam pemeliharaan vegetasi di DAS Garang, didapatkan hasil dalam Tabel 7.

Diskusi

Dari analisis tren 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.

Tabel 7. Skor Sistem Sosial Masyarakat DAS Garang

NO	KABUPATEN	KECAMATAN	KELURAHAN/DESA	SKOR SIKAP	SKOR PENGETAHUAN	SKOR RESPON	SKOR PENDORONG PARTISIPASI
1	Kendal	Boja	Banjarejo	15	56	12	81
2	Kendal	Boja	Klinis	15	55	11	78
3	Kendal	Boja	Leban	15	57	12	80
4	Kendal	Boja	Medono	15	53	12	86
5	Kendal	Boja	Pasigitan	15	53	16	70
6	Kendal	Boja	Puguh	15	48	14	81
7	Kendal	Limbangan	Gonoharjo	15	57	16	81
8	Kendal	Limbangan	Jawisari	15	52	8	81
9	Kendal	Limbangan	Ngesrepbalong	15	57	10	81
10	Kota Semarang	Banyumanik	Banyumanik	15	54	9	73
11	Kota Semarang	Banyumanik	Ngesrep	15	55	10	75
12	Kota Semarang	Banyumanik	Pudakpayung	15	57	6	78
13	Kota Semarang	Banyumanik	Srondol Kulon	15	54	7	66
14	Kota Semarang	Banyumanik	Srondol Wetan	15	57	12	75
15	Kota Semarang	Banyumanik	Sumurboto	15	51	2	71
16	Kota Semarang	Banyumanik	Tinjomoyo	15	57	6	78
17	Kota Semarang	Candisari	Jatingaleh	15	54	6	75
18	Kota Semarang	Candisari	Kaliwiro	15	54	7	74
19	Kota Semarang	Candisari	Wonotingal	15	54	11	74
20	Kota Semarang	Gajahmungkur	Bendan Duwur	15	50	6	74
21	Kota Semarang	Gajahmungkur	Bendan Ngisor	15	55	6	73
22	Kota Semarang	Gajahmungkur	Bendungan	15	54	6	68
23	Kota Semarang	Gajahmungkur	Gajahmungkur	15	57	12	72
24	Kota Semarang	Gajahmungkur	Karangrejo	15	51	12	60
25	Kota Semarang	Gajahmungkur	Petompon	15	57	10	56
26	Kota Semarang	Gajahmungkur	Sempangan	15	55	10	67
27	Kota Semarang	Gunungpati	Cepoko	15	49	8	73
28	Kota Semarang	Gunungpati	Gunungpati	15	55	10	62
29	Kota Semarang	Gunungpati	Jatirejo	15	53	10	62
30	Kota Semarang	Gunungpati	Kalisegoro	15	51	8	61
31	Kota Semarang	Gunungpati	Kandri	15	55	10	73
32	Kota Semarang	Gunungpati	Mangunsari	15	50	10	57
33	Kota Semarang	Gunungpati	Ngijo	15	49	6	53
34	Kota Semarang	Gunungpati	Nongkosawit	15	50	10	51
35	Kota Semarang	Gunungpati	Pakintelan	15	51	11	57
36	Kota Semarang	Gunungpati	Patemon	15	50	10	97
37	Kota Semarang	Gunungpati	Plalangan	15	50	10	56
38	Kota Semarang	Gunungpati	Pungangan	15	54	6	77
39	Kota Semarang	Gunungpati	Sadeng	15	53	11	60
40	Kota Semarang	Gunungpati	Sekaran	15	56	10	73
41	Kota Semarang	Gunungpati	Sukorejo	13	49	10	67
42	Kota Semarang	Gunungpati	Sumurejo	13	53	6	54
43	Kota Semarang	Mijen	Bubakan	15	49	6	56
44	Kota Semarang	Mijen	Jatibarang	15	56	6	59
45	Kota Semarang	Mijen	Karangmalang	15	50	10	68
46	Kota Semarang	Mijen	Kedungpane	15	55	10	62
47	Kota Semarang	Mijen	Polaman	14	50	10	62
48	Kota Semarang	Mijen	Purwosari	15	55	10	56
49	Kota Semarang	Mijen	Tambangan	14	48	12	50
50	Kota Semarang	Ngaliyan	Banbankerep	15	56	12	51
51	Kota Semarang	Ngaliyan	Kalipancur	15	57	10	69
52	Kota Semarang	Ngaliyan	Ngaliyan	15	50	10	75
53	Kota Semarang	Semarang Barat	Bojongsalaman	15	50	10	79
54	Kota Semarang	Semarang Barat	Bongsari	15	55	10	79
55	Kota Semarang	Semarang Barat	Cabean	15	57	7	73
56	Kota Semarang	Semarang Barat	Gisikdrono	15	57	12	79
57	Kota Semarang	Semarang Barat	Karangayu	15	57	12	78
58	Kota Semarang	Semarang Barat	Krobokan	15	45	0	73
59	Kota Semarang	Semarang Barat	Manyaran	15	45	0	73
60	Kota Semarang	Semarang Barat	Ngemplaksimongan	15	43.5	0	53.5
61	Kota Semarang	Semarang Barat	Salammanloyo	15	33	12	52
62	Kota Semarang	Semarang Barat	Tawangmas	14	40.5	12	59
63	Kota Semarang	Semarang Barat	Tawangsari	13.5	44	6	55.5
64	Kota Semarang	Semarang Selatan	Batusari	13.5	48.5	12	57
65	Kota Semarang	Semarang Selatan	Bulustalan	13.5	46.5	11	52
66	Kota Semarang	Semarang Tengah	Pindrikan Kidul	15	30.5	10	59.5
67	Kota Semarang	Semarang Tengah	Pindrikan Lor	13.5	43	10	52.5
68	Kota Semarang	Semarang Utara	Bulu Lor	13.5	48.5	10	55.5
69	Kota Semarang	Semarang Utara	Panggung Kidul	15	42.5	10	53
70	Kota Semarang	Semarang Utara	Panggung Lor	13.5	47	8	50.5
71	Kota Semarang	Semarang Utara	Plombokan	13.5	45.5	12	55.5
72	Kab. Semarang	Bandungan	Candi	14	40.5	6	56.5
73	Kab. Semarang	Bandungan	Jimbaran	13.5	47.5	7	62.5
74	Kab. Semarang	Bandungan	Pakopen	15	44	6	58.5
75	Kab. Semarang	Bergas	Bergas Lor	13.5	46.5	6	51.5
76	Kab. Semarang	Bergas	Gebukan	15	46.5	6	56.5
77	Kab. Semarang	Bergas	Hutan	15	46.5	2	49.5
78	Kab. Semarang	Bergas	Karangjati	13.5	46	10	63.5
79	Kab. Semarang	Bergas	Munding	13.5	46.5	10	52
80	Kab. Semarang	Bergas	Pagersari	13.5	45.5	6	63.5
81	Kab. Semarang	Bergas	Wringin Putih	14	43	6	57
82	Kab. Semarang	Bergas	Wujil	15	47	6	49.5
83	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Bandarjo	15	46	11	58
84	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Branjang	13.5	47.5	11	62.5
85	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Candirejo	13.5	48.5	6	51.5
86	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Genuk	14	44.5	10	51.5
87	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Gogik	14	48.5	10	48.5
88	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Kalisidi	15	47.5	10	49.5
89	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Keji	13.5	47.5	6	63
90	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Langensari	14.5	43.5	7	50
91	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Lerep	15	47.5	6	44.5
92	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Nyatnyono	14	43.5	6	57.5
93	Kab. Semarang	Ungaran Barat	Ungaran	15	50	6	50.5
94	Kab. Semarang	Ungaran Timur	Beji	13.5	46.5	6	52.5
95	Kab. Semarang	Ungaran Timur	Gedanganak	13.5	46	2	64
96	Kab. Semarang	Ungaran Timur	Kalirejo	14	57.5	6	48.5
97	Kab. Semarang	Ungaran Timur	Kalongan	14.5	49.5	10	55
98	Kab. Semarang	Ungaran Timur	Leyangan	15	48.5	6	62.5
99	Kab. Semarang	Ungaran Timur	Sidomulyo	15	49	11	58
100	Kab. Semarang	Ungaran Timur	Susukan	15	44.5	6	52

Sumber: Analisis Peneliti, 2021

Perubahan pola yang terprediksi secara linier terlihat pada perubahan indek 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 di sini yaitu saat musim penghujan, kecenderungan tren 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. Dengan demikian, untuk melihat korelasi antara pola penyebaran kependudukan dan perumahan, dengan skenario pesimistik, digunakan data pada musim kemarau.

KESIMPULAN

Perubahan tutupan lahan yang ditunjukkan oleh indeks vegetasi, menunjukkan pola dispersi. Tren dispersi ini sangat terlihat pada pola perubahan nilai GMI di NDWI yang mewakili kebasahan daerah. Seperti yang terlihat pada tren perubahan GMI, perubahan pola NDWI terjadi dalam dua musim (musim kemarau dan musim hujan). Fragmentasi NDWI di DAS Garang, membutuhkan perhatian karena keanekaragaman spesies pohon dalam kelompok vegetasi sangat penting dalam menjaga ketahanan vegetasi terhadap perubahan iklim. Dapat dikatakan bahwa semakin banyak fragmentasi, semakin kecil kemungkinan benih dapat mencapai ketahanan iklim. Selain itu, penebalan yang lebih kecil lebih dipengaruhi oleh “efek tepi” seperti peningkatan cahaya, udara kering dan risiko kebakaran, menciptakan kondisi yang membahayakan keberlanjutan tutupan lahan di daerah aliran sungai ganas. Oleh karena itu, menjaga vegetasi tetap terhubung sangat penting.

Dari analisis Global Moran's Index (GMI) pada penyebaran populasi, hasilnya menunjukkan bahwa ada kecenderungan penyebaran pada populasi karena dispersi yang menunjukkan penurunan indeks yang linier dengan tingkat kepercayaan yang tinggi dari $R^2 = 0,8657$. Namun, indeks Moran pada 2018 dan 2019 memerlukan studi yang lebih dalam karena tingkat presisi angka indeks yang meragukan karena nilai p yang merupakan ukuran tingkat presisi data menunjukkan

lebih dari 0,05 (nilai p pada 2018 = 0,1191 dan pada 2019 = 0,1229). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kurangnya data populasi berdasarkan migrasi. Hubungan indeks vegetasi dengan penggunaan lahan perumahan dan distribusi populasi menunjukkan korelasi yang kuat bila dikaitkan dengan penggunaan lahan perumahan dan distribusi populasi dengan NDWI di musim kemarau.

Saran

Perubahan GMI terhadap Perumahan dan Penduduk menunjukkan kecenderungan pola penyebaran, juga pada NDWI dan NDVI. Hubungan perubahan pola di NDWI dan permukiman menunjukkan korelasi yang tinggi. Begitu juga dengan hubungan antara penduduk dan NDWI. Namun, hubungan penduduk dengan NDWI masih membutuhkan kajian yang lebih dalam karena ketepatan data penduduk lemah dengan nilai $p > 0,05$.

Temuan pada tahap ini menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pola sebaran vegetasi dan pola dispersi perumahan di DAS dari *cluster* ke *disperse*. Pola dispersi ini secara hipotesis mendorong potensi erosi tanah dan peningkatan limpasan yang merupakan pemicu peningkatan banjir di Kota Semarang.

Temuan awal ini akan dilanjutkan untuk melakukan analisis keterkaitannya dengan perubahan iklim yang terwakili oleh perubahan pola sebaran hujan di wilayah studi. Dengan demikian akan ditemukan pola keterkaitan antara perubahan iklim dengan perubahan pola sebaran kepadatan vegetasi dan perubahan pola sebaran permukiman di DAS Garang.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan banyak terima kasih atas dukungan moril dan materiil kepada LPPM Universitas Semarang dan Bappeda Kota Semarang, terutama dukungan *funding research* dari Bappeda Kota Semarang sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Cooper, et al. 2020. "Sandy Beaches Can Survive Sea-Level Rise." *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0697-0>.
- 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>.
- 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>.
- 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.
- Mamuye, Melkamu. 2013. "IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON WATERSHED By:" (Nrm

- 611).
- 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* 113.