

BAB V

ANALISIS SPASIAL DAN TEMPORAL PERUBAHAN AKTIVITAS KORIDOR JALAN TOL PANDAAN – MALANG

5.1 Analisa *Zonal Statistic* Untuk Menunjukkan Akumulasi dan Intensitas Dan Akumulasi Cahaya

Data Cahaya Malam (*Night -Time light*/NTL) VIIRS yang telah melalui tahap pengolahan awal menghasilkan raster intensitas cahaya malam untuk masing-masing tahun pengamatan, yaitu 2013, 2018, dan 2023. Raster NTL tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Zonal Statistics* untuk memperoleh nilai kuantitatif intensitas cahaya malam pada zona analisis yang telah ditetapkan.

Zona analisis ditentukan berdasarkan delineasi wilayah penelitian di sekitar gerbang tol, yang merepresentasikan satuan wilayah spasial yang digunakan untuk mengamati variasi aktivitas sosial ekonomi. Raster NTL yang telah disesuaikan dengan batas delineasi wilayah kemudian dioverlay dengan zona analisis tersebut, sehingga setiap zona memiliki kumpulan nilai intensitas cahaya malam yang bersesuaian.

Melalui proses *Zonal Statistics*, dihitung dua parameter utama, yaitu nilai SUM dan nilai MEAN intensitas cahaya malam. Nilai SUM NTL diperoleh dari penjumlahan seluruh nilai intensitas cahaya malam dalam satu zona, yang merepresentasikan total akumulasi aktivitas sosial ekonomi pada wilayah tersebut. Sementara itu, nilai MEAN NTL dihitung sebagai nilai rata-rata intensitas cahaya malam dalam satu zona, yang mencerminkan tingkat intensitas aktivitas sosial ekonomi tanpa dipengaruhi oleh perbedaan luas wilayah.

5.1.1 Analisis Akumulasi Cahaya

Nilai SUM NTL Akumulasi Cahaya merupakan hasil agregasi total nilai intensitas cahaya malam pada setiap zona analisis di sekitar gerbang tol. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan besaran total aktivitas sosial ekonomi yang berlangsung dalam suatu wilayah, karena mencerminkan akumulasi cahaya malam yang dihasilkan oleh aktivitas manusia pada malam hari.

Dalam penelitian ini, nilai Akumulasi NTL diperoleh dari hasil analisis *Zonal Statistics* terhadap raster NTL VIIRS tahun 2013, 2018, dan 2023 yang telah disesuaikan dengan delineasi wilayah penelitian. Setiap nilai Akumulasi NTL merepresentasikan total intensitas cahaya malam yang terekam dalam satu zona analisis, sehingga parameter ini sensitif terhadap luas wilayah dan kepadatan aktivitas yang terdapat di dalamnya.

Nilai Akumulasi NTL digunakan untuk membandingkan tingkat aktivitas sosial ekonomi antar zona serta untuk mengidentifikasi perubahan skala aktivitas dari waktu ke waktu. Peningkatan nilai akumulasi NTL

mengindikasikan bertambahnya total aktivitas sosial ekonomi dalam suatu wilayah, baik akibat perluasan area terbangun, peningkatan kepadatan aktivitas, maupun kombinasi keduanya. Sebaliknya, nilai Akumulasi NTL yang relatif rendah atau stagnan menunjukkan keterbatasan perkembangan aktivitas sosial ekonomi pada zona tersebut.

Hasil perhitungan nilai Akumulasi NTL untuk masing-masing zona dan tahun pengamatan disajikan dalam Tabel. Tabel tersebut memperlihatkan variasi nilai Akumulasi NTL antar zona serta perubahan nilai dari tahun 2013 hingga 2023, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi wilayah dengan pertumbuhan aktivitas sosial ekonomi yang lebih dominan di sekitar gerbang tol. Analisis nilai Akumulasi NTL ini memberikan gambaran awal mengenai pola distribusi dan perkembangan skala aktivitas sosial ekonomi di kawasan penelitian.

Tabel 5. 1 Hasil Analisis Zonal Statistik Akumulasi Cahaya Malam

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2018 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2023 (nW/cm ² /sr)
1	KEDUNGK ANDANG	1155.58	36%	1568.36	34%	2100.28
2	Arjowinangu n	49.96	34%	66.88	46%	97.61
3	Cemorokanda ng	98.05	37%	134.13	58%	212.23
4	Kel. Bumiayu	109.29	34%	146.45	26%	184.08
5	Kel. Buring	133.38	61%	214.22	35%	289.77
6	Kel. Kedungkanda ng	74.58	41%	105.37	27%	133.38
7	Kel. Kotalama	72.05	22%	87.88	17%	102.7
8	Kel. Lesanpuro	114.6	37%	157.46	16%	182.05
9	Kel. Madyopuro	169.58	32%	223.14	58%	351.75
10	Kel. Mergosono	41.04	30%	53.26	13%	60.16
11	Kel. Sawojajar	140.02	28%	179.31	7%	192.58
12	Kel. Wonokoyo	98.89	32%	130.78	41%	184.97

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2018 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2023 (nW/cm ² /sr)
13	Telogowaru	54.14	28%	69.48	57%	109
14	LAWANG	769.8	25%	963.64	53%	1473
15	Bedali	138.63	18%	164.01	46%	239.39
16	Kel. Kalirejo	95.34	14%	109.01	46%	159.16
17	Kel. Lawang	95.18	11%	106.07	29%	136.37
18	Ketindan	44.47	27%	56.61	40%	79.36
19	Mulyoarjo	23.06	58%	36.37	39%	50.59
20	Sidodadi	63.84	54%	98.19	142%	237.76
21	Sidoluhur	32.98	47%	48.48	61%	78.08
22	Srigading	22.01	93%	42.4	53%	64.8
23	Sumberngepo h	23.49	58%	37.2	54%	57.11
24	Sumberporon g	82.72	7%	88.52	49%	132.2
25	Turirejo	100.71	23%	123.63	16%	143.25
26	Wonorejo	47.37	12%	53.15	79%	94.93
27	PAKIS	1212.59	34%	1626.52	38%	2252.64
28	Ampeldento	55.03	35%	74.54	51%	112.69
29	Asrikaton	118.4	45%	171.51	70%	291.86
30	Banjarejo	42.92	21%	51.76	39%	72.13
31	Bunut Wetan	86.36	56%	135.13	41%	190.91
32	Kedungrejo	36.59	50%	54.99	41%	77.4
33	Mangliawan	167.28	32%	220.02	24%	273.27
34	Pakisjajar	105.79	7%	113.61	36%	154.8
35	Pakiskembar	74.06	2%	75.23	27%	95.59
36	Pucangsongo	18.75	25%	23.41	22%	28.52
37	Saptorenggo	138.51	40%	194.51	30%	252.43
38	Sekarpuro	81.59	29%	105.44	27%	134.1

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2018 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2023 (nW/cm ² /sr)
39	Sukoanyar	31.48	35%	42.65	30%	55.32
40	Sumberkrade nan	55.63	6%	58.9	19%	70.27
41	Sumberpasir	53.59	32%	70.91	30%	92.33
42	Tirtomoyo	146.61	60%	233.91	50%	351.02
43	PANDAAN	1194.23	33%	1588.91	10%	1754.12
44	Banjarkejen	24.82	31%	32.59	28%	41.6
45	Banjarsari	14.96	28%	19.22	27%	24.5
46	Durensewu	43.05	39%	59.91	31%	78.69
47	Jogosari	60.19	14%	68.57	13%	77.51
48	Karangjati	197.42	39%	274.71	4%	286.31
49	Kebonwaris	36.65	49%	54.54	36%	74.2
50	Kel. Kutorejo	34.31	24%	42.38	28%	54.38
51	Kel. Pandaan	79.41	8%	85.57	-6%	80.18
52	Kel.Petungasr i	110.69	4%	114.91	-3%	111.12
53	Kemirisewu	62.73	30%	81.67	19%	97.53
54	Nogosari	99.92	94%	193.6	-3%	188.15
55	Plintahan	58.23	32%	76.64	28%	97.8
56	Sebani	32.08	48%	47.44	23%	58.13
57	Sumberejo	73.39	26%	92.63	12%	103.99
58	Sumbergedan g	103.27	18%	121.64	12%	136.17
59	Tawangrejo	95.5	19%	113.33	-18%	92.51
60	Tunggulwulu ng	31.22	43%	44.8	35%	60.56
61	Wedoro	36.39	78%	64.76	40%	90.79
62	PURWODA DI	473.31	34%	634.12	59%	1007.07
63	Capang	36.76	34%	49.28	40%	68.9

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2018 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2023 (nW/cm ² /sr)
64	Cowek	49.12	59%	78.13	42%	110.68
65	Dawuhansengon	36.34	46%	52.91	91%	101.25
66	Gajahrejo	22.36	26%	28.07	69%	47.49
67	Gerbo	35.13	42%	49.94	91%	95.46
68	Jatisari	25.75	10%	28.25	73%	48.98
69	Lebakrejo	43.04	41%	60.88	54%	93.55
70	Parerejo	56.57	46%	82.42	91%	157.71
71	Pucangsari	23.55	-15%	20.05	59%	31.86
72	Purwodadi	81.55	28%	104.23	25%	130.75
73	Semut	20.7	36%	28.09	53%	42.87
74	Sentul	24.01	26%	30.31	32%	39.89
75	Tambaksari	18.43	17%	21.56	75%	37.68
76	PURWOSARI	808.31	13%	912.08	45%	1325.36
77	Bakalan	86.32	-1%	85.76	38%	118.11
78	Cendono	10.29	56%	16.03	77%	28.34
79	Karangrejo	33.05	24%	41.1	62%	66.7
80	Kayoman	19.23	36%	26.12	37%	35.86
81	Kel. Purwosari	128.2	-10%	114.99	22%	139.73
82	Kertosari	40.34	39%	56.13	45%	81.15
83	Martopuro	133.38	-3%	129.43	51%	195.05
84	Pager	25.61	70%	43.49	56%	67.73
85	Pucangsari	23.61	39%	32.91	47%	48.5
86	Sekarmojo	47.43	50%	71.01	27%	89.85
87	Sengonagung	81.69	23%	100.2	27%	127.09
88	Sukodermo	24.78	38%	34.12	40%	47.85
89	Sumberrejo	22.2	54%	34.28	82%	62.3

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2018 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2023 (nW/cm ² /sr)
90	Sumbersuko	26.34	37%	36.12	207%	111.03
91	Tejowangi	105.84	-15%	90.39	17%	106.07
92	SINGOSARI	1235.17	31%	1613.46	51%	2443.38
93	Ardimulyo	146.25	14%	167.43	34%	224.26
94	Banjararum	137.58	62%	222.95	62%	361.1
95	Baturetno	51.81	60%	83.06	108%	172.69
96	Dengkol	70.05	67%	117.11	41%	164.95
97	Gunungrejo	42.07	18%	49.85	82%	90.6
98	Kel.Candirenggo	83.3	14%	95.03	45%	137.59
99	Kel. Losari	28.8	10%	31.8	37%	43.66
100	Kel. Pagentan	93.04	12%	103.82	40%	144.9
101	Klampok	67.03	4%	69.76	56%	109.02
102	Langlang	49.67	19%	59.06	63%	96.27
103	Puwoasri	65.47	24%	81.35	36%	111.02
104	Randuagung	110.38	22%	134.22	32%	177.78
105	Tamanharjo	68.24	43%	97.86	58%	154.8
106	Toyomarto	57.26	30%	74.16	70%	125.83
107	Tunjungtirta	77.68	33%	103.24	40%	144.38
108	Watugede	66.62	41%	94.16	50%	141.35
109	Wonorejo	19.92	44%	28.6	51%	43.18
110	SUKOREJO	782.78	21%	950.28	25%	1189.74
111	Candibinangun	33.16	30%	42.99	49%	63.94
112	Curahrejo	28.48	38%	39.18	31%	51.27
113	Dukuhsari	16.07	42%	22.79	35%	30.72
114	Glagahsari	69.36	14%	79.07	37%	108.06
115	Gunting	53.6	0%	53.73	23%	65.92

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2018 (nW/cm ² /sr)	Presen tase 2013- 2018	2023 (nW/cm ² /sr)
116	Kalirejo	29.1	46%	42.57	34%	57.05
117	Karangsono	41.2	32%	54.31	18%	63.89
118	Kenduruan	29.7	26%	37.29	24%	46.16
119	Lecari	22.37	48%	33	39%	45.98
120	Lemahbang	88.52	22%	107.56	13%	121.43
121	Mojotengah	35.81	49%	53.28	36%	72.71
122	Ngadimulyo	107.3	-11%	96	1%	97.27
123	Pakukerto	32.93	37%	45.19	40%	63.15
124	Sebandung	21.19	51%	31.9	51%	48.02
125	Sukorame	21.25	24%	26.45	26%	33.25
126	Sukorejo	41.61	23%	51.37	26%	64.9
127	Sumayuwo	40.82	11%	45.26	14%	51.76
128	Tanjungarum	43.18	25%	53.97	15%	61.95
129	Wonokerto	27.13	27%	34.37	23%	42.31
130	Total	7631.77	29%	9857.37	37%	13545.59

Sumber : Kajian Penelitian, Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan hasil analisis Zonal Statistics, nilai Akumulasi Cahaya Malam (SUM NTL) menunjukkan peningkatan yang konsisten pada hampir seluruh wilayah penelitian selama periode 2013–2023. Secara agregat, total SUM NTL meningkat dari 7.631,77 nW/cm²/sr pada tahun 2013 menjadi 9.857,37 nW/cm²/sr pada tahun 2018 (kenaikan ±29%), dan kembali meningkat menjadi 13.545,59 nW/cm²/sr pada tahun 2023 (kenaikan ±37%).

Wilayah dengan nilai dan pertumbuhan akumulasi tertinggi didominasi oleh kawasan di sekitar koridor dan gerbang tol, seperti Singosari, Pakis, Pandaan, Kedungkandang, Purwosari, dan Sukorejo, yang menunjukkan peningkatan SUM NTL secara signifikan pada dua periode pengamatan. Sebaliknya, wilayah dengan nilai SUM NTL rendah dan pertumbuhan relatif lambat umumnya berada pada kawasan pinggiran dan jauh dari akses tol, seperti Dukuhsari, Tambaksari, Pucangsongo, Cendono, dan Wonokerto.

Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan akumulasi aktivitas sosial-ekonomi cenderung terkonsentrasi pada wilayah beraksesibilitas tinggi, sementara wilayah kurang terhubung alami pertumbuhan terbatas.

Tabel 5. 2 Peringkat Akumulasi Cahaya Aktivitas Sosial Ekonomi Pada Kawasan Gerbang Tol Pandaan - Malang Tahun 2013, 2018, dan 2023

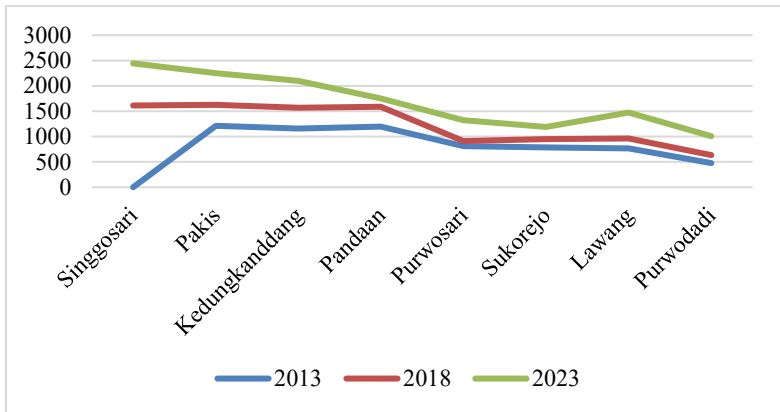
Peringkat	Kecamatan	Tahun ($\text{nW/cm}^2/\text{sr}$)		
		2013	2018	2023
1	Singgosari	1.235,17	1613.46	2443.38
2	Pakis	1212.59	1626.52	2252.64
3	Kedungkandang	1155.58	1568.36	2100.28
4	Pandaan	1194.23	1588.91	1754.12
5	Purwosari	808.31	912.08	1325.36
6	Sukorejo	782.78	950.28	1189.74
7	Lawang	769.80	963.64	1473.000
8	Purwodadi	473.31	634.12	1007.07
Total		7631.77	9857.37	13545.59

Sumber : Olah Data, 2025

Untuk memperjelas wilayah dengan akumulasi aktivitas sosial-ekonomi tertinggi, dilakukan penyusunan peringkat nilai SUM NTL pada tingkat kecamatan. Hasil peringkat menunjukkan bahwa Kecamatan Singosari, Pakis, Kedungkandang, Pandaan, dan Purwosari secara konsisten menempati posisi teratas pada tahun 2013, 2018, dan 2023.

Tingginya nilai SUM NTL pada kecamatan-kecamatan tersebut menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki skala aktivitas sosial-ekonomi yang lebih besar dibandingkan kecamatan lainnya di sepanjang koridor Jalan Tol Pandaan-Malang. Kondisi ini dapat dikaitkan dengan peran wilayah tersebut sebagai simpul aktivitas permukiman, pusat kegiatan ekonomi, serta kawasan dengan aksesibilitas yang relatif lebih baik.

Selain itu, peningkatan nilai SUM NTL yang lebih tajam pada periode 2018-2023 mengindikasikan adanya akselerasi akumulasi aktivitas setelah beroperasinya infrastruktur jalan tol. Meskipun demikian, variasi nilai antar kecamatan menunjukkan bahwa dampak infrastruktur tol terhadap skala aktivitas sosial-ekonomi bersifat spasial dan tidak merata.



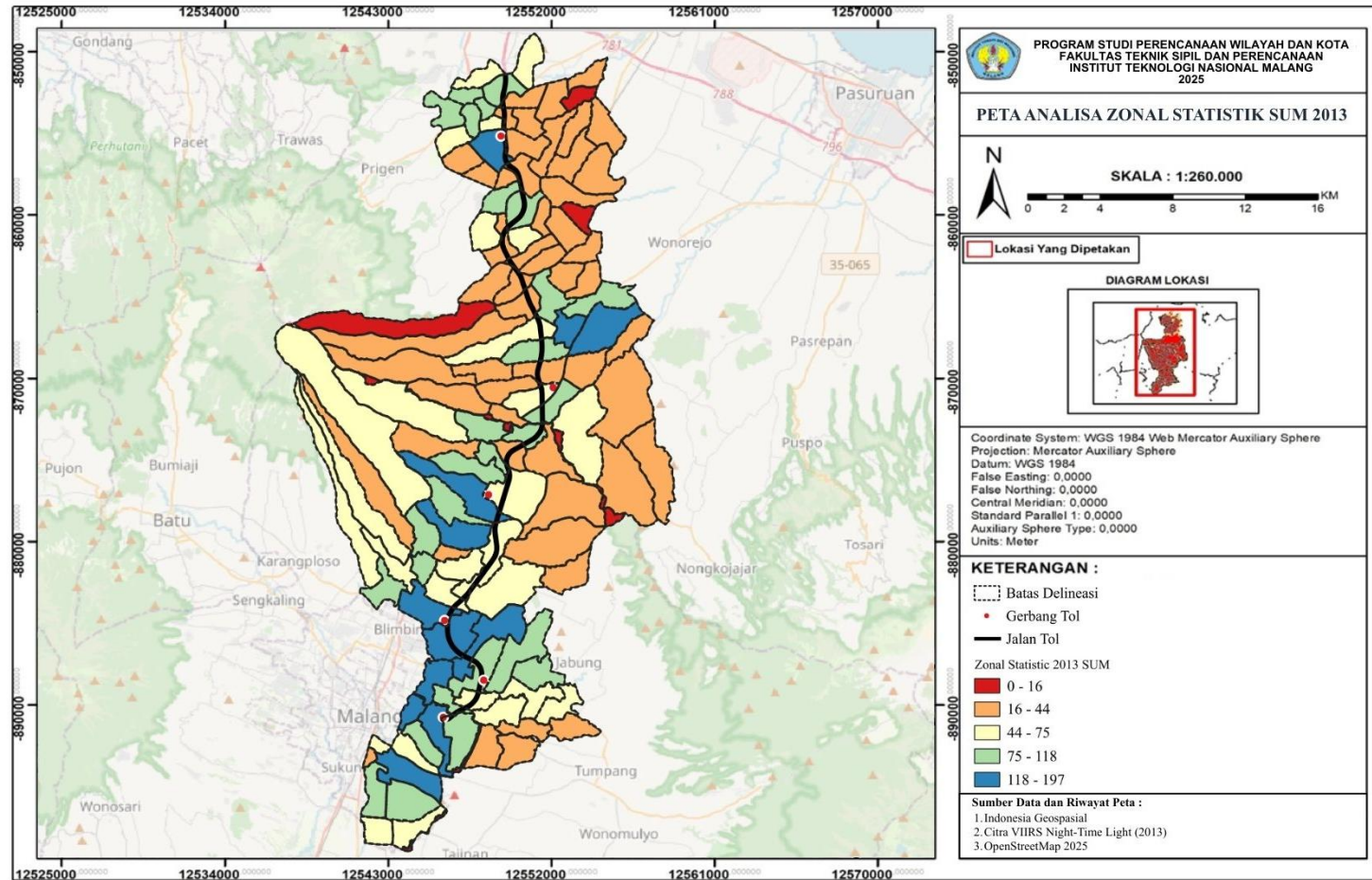
Gambar 5. 1 Diagram Analisis Agregat Akumulasi NTL 2013 - 2023

Sumber : Pengolahan Data Analisis Statistik Zonal 2025

Gambar 5.1 menunjukkan tren perubahan nilai SUM intensitas Cahaya Malam (SUM NTL) pada tingkat desa selama periode 2013-2023. Secara umum, grafik memperlihatkan kecenderungan peningkatan nilai SUM NTL yang konsisten dari waktu ke waktu, dengan lonjakan yang semakin jelas setelah tahun 2018.

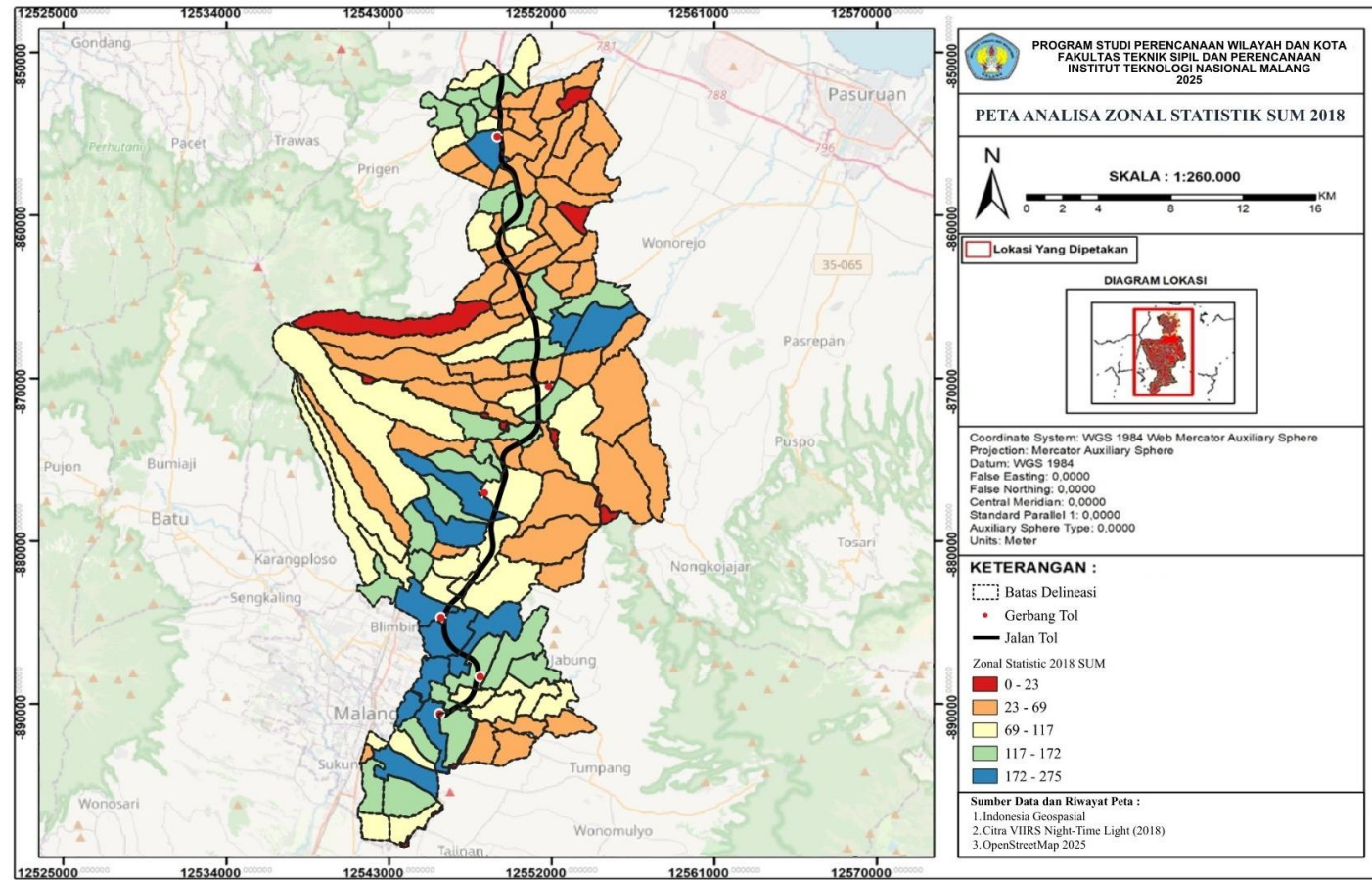
Pola ini mengindikasikan bahwa akumulasi aktivitas sosial-ekonomi di wilayah penelitian mengalami penguatan secara bertahap, khususnya pada periode pasca pembangunan dan pengoperasian Jalan Tol Pandaan-Malang. Meskipun demikian, terlihat adanya variasi laju peningkatan antar desa, yang menunjukkan bahwa respon wilayah terhadap infrastruktur tol bersifat heterogen dan dipengaruhi oleh karakteristik lokal masing-masing wilayah.

Grafik ini digunakan sebagai pendukung visual untuk menegaskan pola tren temporal hasil analisis Zonal Statistics, sementara interpretasi utama tetap didasarkan pada hasil kuantitatif SUM NTL dan peringkat wilayah.



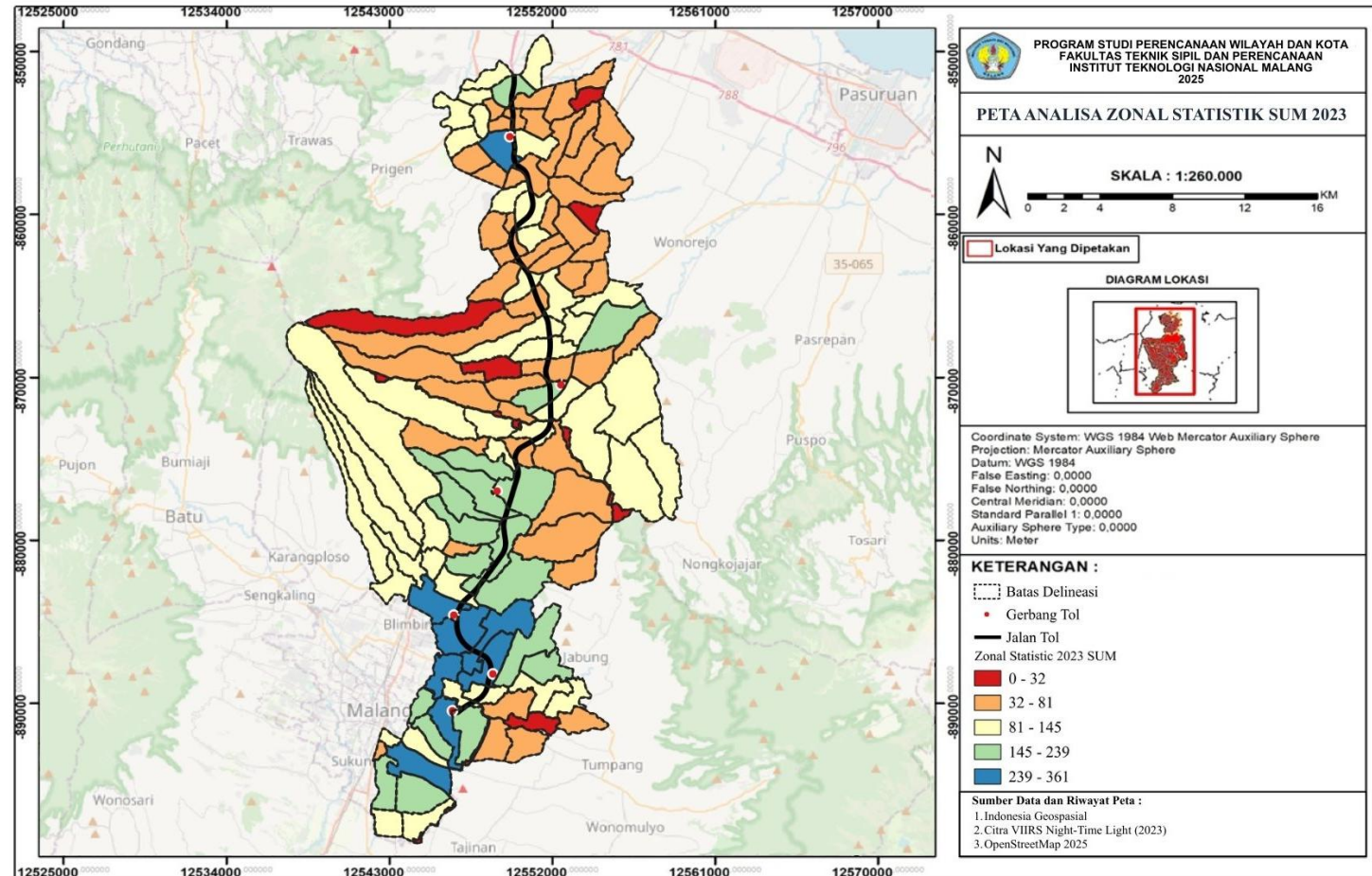
Peta 5. 1 Analisis Agregat Akumulasi Night Time Light Tahun 2013

Sumber : Hasil Analisis, 2025



Peta 5. 2 Analisis Agregat Akumulasi Night Time Light Tahun 2018

Sumber : Hasil Analisis, 2025



Peta 5.3 Analisis Agregat Akumulasi Night Time Light Tahun 2023

Sumber : Hasil Analisis, 2025

5.1.2 Analisis Intensitas Cahaya

Nilai MEAN NTL sebagai intensitas Cahaya digunakan untuk menggambarkan tingkat intensitas rata-rata aktivitas sosial ekonomi pada setiap wilayah analisis. Berbeda dengan nilai SUM NTL yang merepresentasikan akumulasi total aktivitas, MEAN NTL lebih menekankan pada kepadatan dan intensitas aktivitas, karena tidak dipengaruhi secara langsung oleh luas wilayah. Rincian hasil tersebut disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 5. 3 Hasil Analisis Zonal Statistik Intensitas *Night Time Light*

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2018 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2023 (nW/cm ² /sr)
1	Kedungkandang	177.78	26%	223.82	27%	284.63
2	Arjowinangun	17.4	31%	22.78	41%	32.16
3	Cemorokandang	8.29	40%	11.6	44%	16.76
4	Kel.Bumiayu	7.29	34%	9.76	26%	12.27
5	Kel. Buring	11.54	12%	12.94	38%	17.8
6	Kel. Kedungkandang	5.74	41%	8.11	27%	10.26
7	Kel.Kotalama	18.01	22%	21.97	17%	25.67
8	Kel.Lesanpuro	7.16	37%	9.84	16%	11.38
9	Kel.Madyopuro	29.88	25%	37.4	43%	53.44
10	Kel. Mergosono	13.68	30%	17.75	13%	20.05
11	Kel.Sawojajar	48.86	21%	59.05	13%	66.48
12	Kel. Wonokoyo	3.53	32%	4.67	42%	6.61
13	Telogowaru	6.4	24%	7.95	48%	11.75
14	Lawang	53.23	20%	64.14	33%	85.44
15	Bedali	4.08	12%	4.56	46%	6.65
16	Kel. Kalirejo	4.33	15%	4.96	46%	7.23
17	Kel. Lawang	9.52	11%	10.61	29%	13.64
18	Ketindan	2.12	11%	2.36	29%	3.05
19	Mulyoarjo	2.31	58%	3.64	39%	5.06
20	Sidodadi	1.77	54%	2.73	142%	6.6
21	Sidoluhur	0.72	32%	0.95	61%	1.53
22	Srigading	0.73	95%	1.42	36%	1.93
23	Sumberngepoh	1.87	22%	2.29	52%	3.48
24	Sumberporong	14.68	14%	16.73	23%	20.65

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2018 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2023 (nW/cm ² /sr)
25	Turirejo	9.25	27%	11.71	8%	12.64
26	Wonorejo	1.85	18%	2.18	37%	2.98
27	Pakis	63.4	31%	83.25	37%	113.68
28	Ampeldento	4.23	35%	5.73	51%	8.67
29	Asrikaton	5.15	45%	7.46	70%	12.69
30	Banjarejo	2.52	21%	3.04	39%	4.24
31	Bunut Wetan	2.54	56%	3.97	41%	5.61
32	Kedungrejo	2.15	50%	3.23	41%	4.55
33	Mangliawan	9.29	32%	12.22	24%	15.18
34	Pakisjajar	4.81	7%	5.16	36%	7.04
35	Pakiskembar	4.36	2%	4.43	27%	5.62
36	Pucangsongo	1.87	25%	2.34	22%	2.85
37	Saptorenggo	4.2	40%	5.89	30%	7.65
38	Sekarpuro	9.07	29%	11.72	27%	14.9
39	Sukoanyar	2.25	36%	3.05	30%	3.95
40	Sumberkradenan	3.09	6%	3.27	19%	3.9
41	Sumberpasir	2.98	32%	3.94	30%	5.13
42	Tirtomoyo	4.89	60%	7.8	50%	11.7
43	Pandaan	120.18	26%	151.68	8%	164.54
44	Banjarkejen	1.91	31%	2.51	27%	3.2
45	Banjarsari	1.66	29%	2.14	27%	2.72
46	Durensewu	3.59	39%	4.99	31%	6.56
47	Jogosari	12.04	14%	13.71	13%	15.5
48	Karangjati	9.87	39%	13.74	4%	14.32
49	Kebonwaris	3.33	49%	4.96	36%	6.75
50	Kel. Kutorejo	6.86	24%	8.48	28%	10.88
51	Kel. Pandaan	15.88	8%	17.11	-6%	16.04
52	Kel. Petungasri	15.81	4%	16.42	-3%	15.87

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2018 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2023 (nW/cm ² /sr)
53	Kemirisewu	3.92	30%	5.1	20%	6.1
54	Nogosari	6.66	94%	12.91	-3%	12.54
55	Plintahan	4.85	32%	6.39	28%	8.15
56	Sebani	2.01	47%	2.96	23%	3.63
57	Sumberejo	6.67	26%	8.42	12%	9.45
58	Sumbergedang	6.45	18%	7.6	12%	8.51
59	Tawangrejo	13.64	19%	16.19	-18%	13.22
60	Tunggulwulung	2.6	43%	3.73	35%	5.05
61	Wedoro	2.43	78%	4.32	40%	6.05
62	Purwodadi	36.29	22%	44.38	42%	63.21
63	Capang	2.45	34%	3.29	40%	4.59
64	Cowek	2.09	44%	3	44%	4.33
65	Dawuhansengon	1.3	10%	1.43	64%	2.35
66	Gajahrejo	1.32	25%	1.65	69%	2.79
67	Gerbo	1.5	4%	1.56	56%	2.44
68	Jatisari	1.57	30%	2.04	22%	2.49
69	Lebakrejo	0.88	8%	0.95	49%	1.42
70	Parerejo	3.14	46%	4.58	91%	8.76
71	Pucangsari	1.57	-15%	1.34	58%	2.12
72	Purwodadi	9.61	11%	10.71	27%	13.63
73	Semut	1.29	36%	1.76	52%	2.68
74	Sentul	8.73	27%	11.13	24%	13.75
75	Tambaksari	0.84	12%	0.94	98%	1.86
76	Purwosari	43.63	12%	48.98	43%	70.07
77	Bakalan	3.75	-1%	3.73	38%	5.14
78	Cendono	0.94	6%	1	23%	1.23
79	Karangrejo	1.74	24%	2.16	63%	3.51
80	Kayoman	1.48	36%	2.01	37%	2.76

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2018 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2023 (nW/cm ² /sr)
81	Kel.Purwosari	9.86	-10%	8.85	21%	10.75
82	Kertosari	1.83	39%	2.55	45%	3.69
83	Martopuro	4.04	-3%	3.92	51%	5.91
84	Pager	1.71	70%	2.9	56%	4.52
85	Pucangsari	2.15	39%	2.99	47%	4.41
86	Sekarmajo	1.76	39%	2.45	15%	2.81
87	Sengonagung	4.3	23%	5.27	27%	6.69
88	Sukodermo	1.77	38%	2.44	40%	3.42
89	Sumberrejo	1.23	33%	1.63	1%	1.64
90	Sumbersuko	2.03	37%	2.78	207%	8.54
91	Tejowangi	5.04	-15%	4.3	17%	5.05
92	Singosari	63.47	27%	80.9	46%	118.47
93	Ardimulyo	5.04	14%	5.77	34%	7.73
94	Banjararum	6.25	62%	10.13	62%	16.41
95	Baturetno	1.85	61%	2.97	108%	6.17
96	Dengkol	1.52	68%	2.55	41%	3.59
97	Gunungrejo	1.5	23%	1.85	32%	2.45
98	Kel. Candirenggo	5.55	14%	6.34	45%	9.17
99	Kel. Losari	5.76	10%	6.36	37%	8.73
100	Kel. Pagentan	9.3	12%	10.38	40%	14.49
101	Klampok	1.92	7%	2.05	48%	3.03
102	Langlang	1.51	26%	1.91	53%	2.92
103	Puwoasri	3.64	24%	4.52	37%	6.17
104	Randuagung	4.8	22%	5.84	32%	7.73
105	Tamanharjo	3.59	43%	5.15	58%	8.15
106	Toyomarto	1.55	19%	1.85	36%	2.52
107	Tunjungtirta	4.86	33%	6.45	40%	9.02
108	Watugede	3.92	41%	5.54	50%	8.31

NO	Wilayah	2013 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2018 (nW/cm ² /sr)	2013-2018	2023 (nW/cm ² /sr)
109	Wonorejo	0.91	36%	1.24	52%	1.88
110	Sukorejo	66.27	19%	79.11	23%	97.64
111	Candibinangn	1.23	29%	1.59	49%	2.37
112	Curahrejo	1.58	38%	2.18	31%	2.85
113	Dukuhsari	1.46	42%	2.07	35%	2.79
114	Glagahsari	6.94	14%	7.91	37%	10.81
115	Gunting	3.15	0%	3.16	23%	3.88
116	Kalirejo	1.53	46%	2.24	34%	3
117	Karangsono	3.43	32%	4.53	17%	5.32
118	Kenduruan	1.41	26%	1.78	24%	2.2
119	Lecari	2.49	47%	3.67	39%	5.11
120	Lemahbang	5.21	21%	6.33	13%	7.14
121	Mojotengah	2.75	49%	4.1	36%	5.59
122	Ngadimulyo	9.75	-10%	8.73	1%	8.84
123	Pakukerto	2.53	38%	3.48	40%	4.86
124	Sebandung	1.25	50%	1.88	50%	2.82
125	Sukorame	1.42	24%	1.76	26%	2.22
126	Sukorejo	3.78	24%	4.67	26%	5.9
127	Sumayuwo	10.2	11%	11.31	14%	12.94
128	Tanjungarum	4.8	25%	6	15%	6.88
129	Wonokerto	1.36	26%	1.72	23%	2.12
130	Total	624.25	24%	776.26	29%	997.68

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan hasil analisis Zonal Statistics, nilai MEAN intensitas Cahaya Malam (MEAN NTL) di kawasan penelitian menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dari tahun 2013 hingga 2023. Secara agregat, total MEAN NTL meningkat dari 624,24 pada tahun 2013 menjadi 776,23 pada tahun 2018, dan mencapai 997,71 pada tahun 2023.

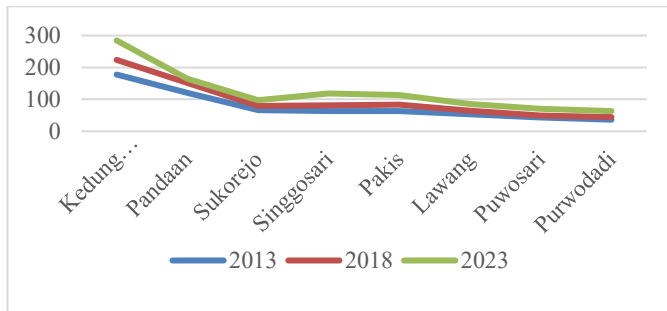
Peningkatan ini mengindikasikan bahwa aktivitas sosial-ekonomi di wilayah penelitian tidak hanya bertambah secara total, tetapi juga semakin intensif dalam satuan ruang. Dengan kata lain, kepadatan aktivitas pada wilayah terbangun mengalami penguatan, yang mencerminkan proses konsolidasi permukiman dan aktivitas ekonomi seiring dengan meningkatnya aksesibilitas kawasan

Tabel 5. 4 Peringkat Intesintas Night Time Light Pada Kawasan gerbang Tol Pnadaan - Malang Tahun 2013, 2018, dan 2023

Peringkat	Kecamatan	Tahun (nW/cm ² /sr)		
		2013	2018	2023
1	Kedungkanddang	177.78	223.82	284.63
2	Pandaan	120.18	151.68	164.54
3	Sukorejo	66.27	79.11	97.64
4	Singgosari	63.47	80.9	118.47
5	Pakis	63.4	83.25	113.68
6	Lawang	53.23	64.14	85.44
7	Puwosari	43.63	48.98	70.07
8	Purwodadi	36.29	44.38	63.21
Total		624.25	776.26	997.68

Sumber : Olah Data, 2025

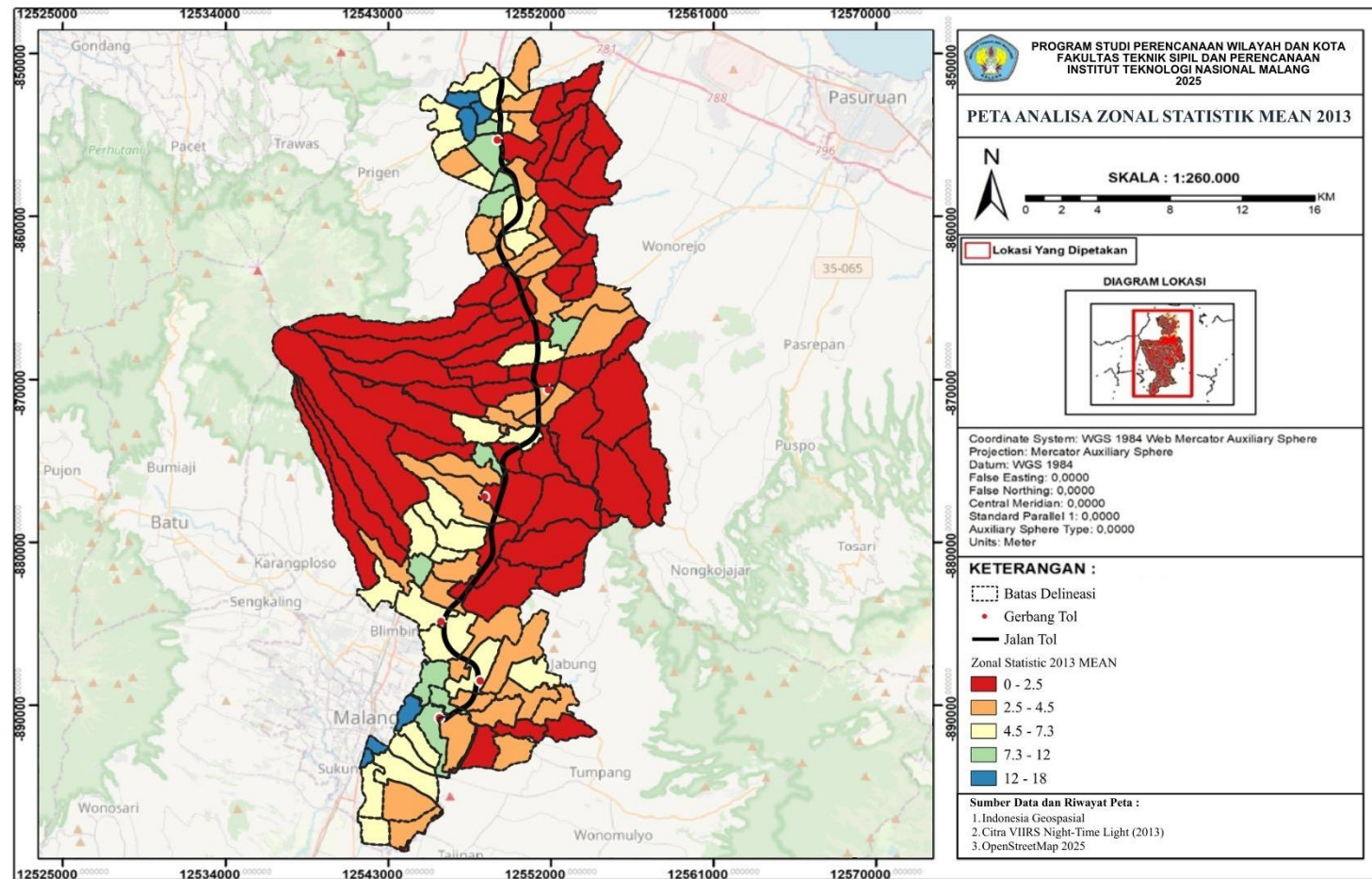
Hasil peringkat MEAN NTL menunjukkan bahwa wilayah Kedungkandang dan Pandaan secara konsisten memiliki nilai intensitas rata-rata tertinggi sepanjang periode pengamatan. Kondisi ini mencerminkan kepadatan aktivitas sosial-ekonomi yang kuat dan berkelanjutan, yang berkaitan dengan karakter kawasan sebagai bagian dari sistem perkotaan Malang Raya dan simpul akses utama. Selanjutnya, wilayah Singosari, Pakis, dan Sukorejo menunjukkan peningkatan Intensitas NTL yang signifikan, mengindikasikan proses intensifikasi aktivitas sosial-ekonomi pada kawasan yang mulai terintegrasi dengan infrastruktur jalan tol. Sementara itu, wilayah Lawang dan Purwodadi memiliki nilai MEAN NTL yang relatif lebih rendah, meskipun tetap menunjukkan tren peningkatan bertahap. Variasi nilai MEAN NTL antarwilayah ini menegaskan bahwa respon terhadap keberadaan infrastruktur tol bersifat spasial dan tidak merata, serta dipengaruhi oleh kondisi awal kawasan dan fungsi wilayah dalam struktur regional



Gambar 5. 2 Diagram Analisis Agregat Intensitas NTL 2013 - 2023

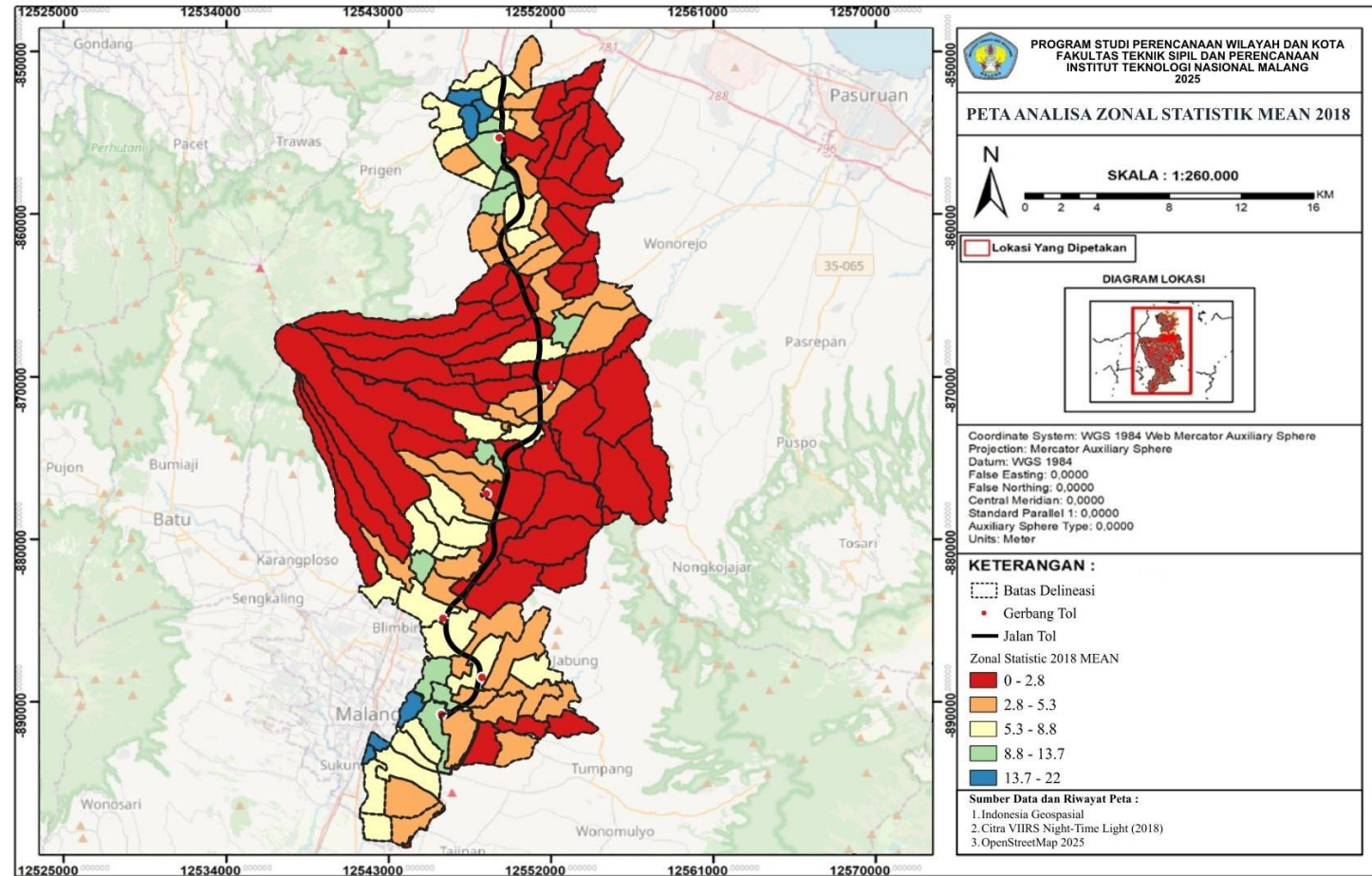
Sumber : Pengolahan Data Analisis Statistik Zonal 2024

Gambar 4.7 digunakan sebagai pendukung visual untuk memperjelas tren peningkatan nilai MEAN NTL pada tingkat desa/kelurahan. Grafik menunjukkan bahwa wilayah dengan intensitas aktivitas tinggi cenderung mempertahankan posisinya dari waktu ke waktu, sementara wilayah dengan aktivitas rendah mengalami peningkatan yang lebih lambat. Grafik ini menegaskan adanya diferensiasi spasial intensitas aktivitas sosial-ekonomi antarwilayah, namun interpretasi utama tetap didasarkan pada hasil kuantitatif MEAN NTL pada tingkat kecamatan dan zona analisis.



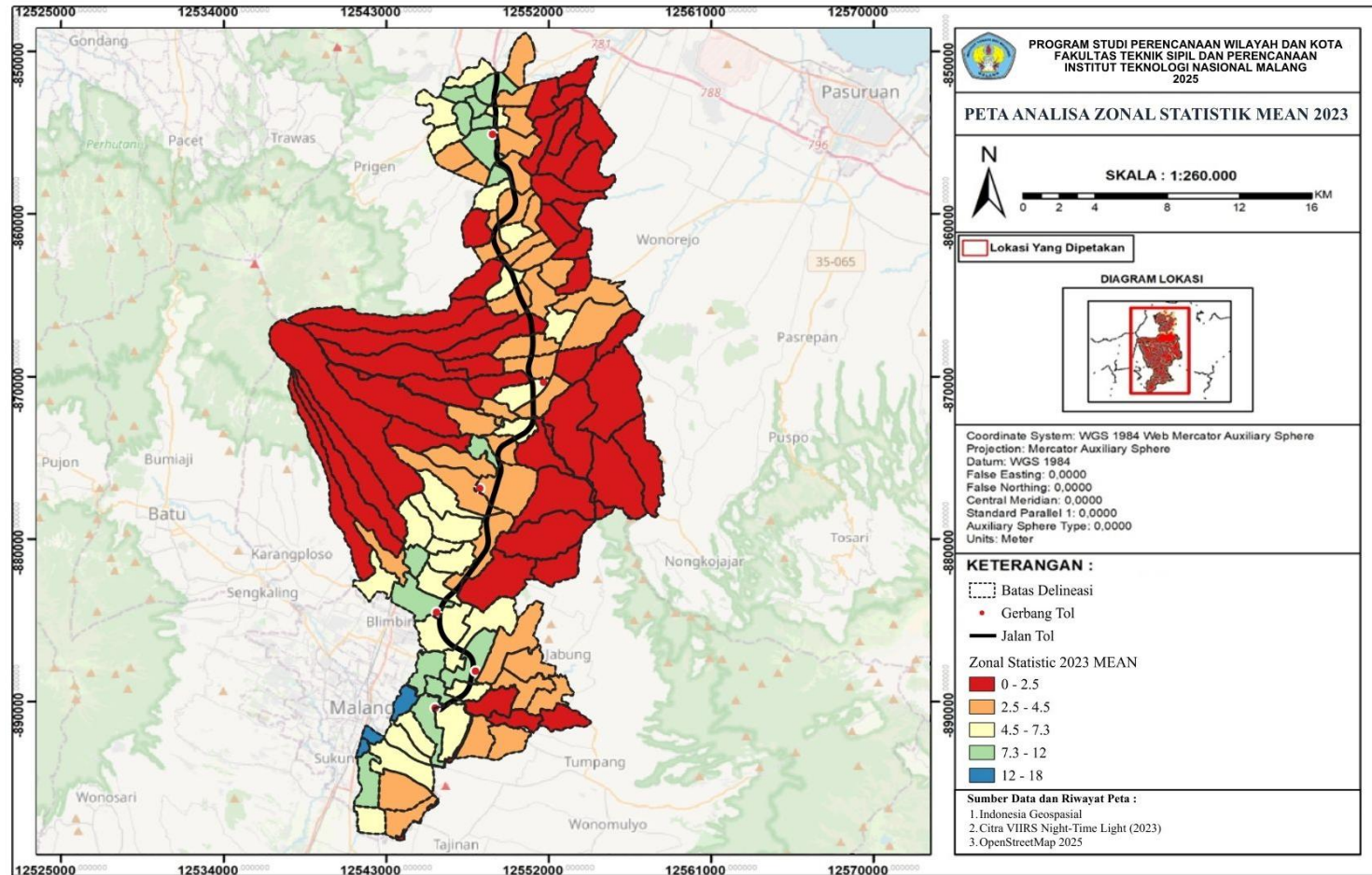
Peta 5.4 Analisis Agregat Intesnitas Night Time Light Tahun 2013

Sumber : Hasil Analisis, 2025



Peta 5. 5 Analisis Agregat Intesnitas Night Time Light Tahun 2018

Sumber : Hasil Analisis, 2025



Peta 5. 6 Analisis Agregat Intesnitas Night Time Light Tahun 2023

Sumber : Hasil Analisis, 2025

5.1.3 Analisa Perumusan Model Perubahan aktivitas sosial ekonomi dikawasan gerbang tol Pandaan - Malang.

Setelah dilakukan analisis deskriptif dan spasial melalui parameter Akumulasi dan Intensitas NTL, tahap selanjutnya adalah perumusan model kuantitatif untuk menguji dinamika perubahan aktivitas sosial ekonomi secara statistik. Pada tahap ini digunakan analisis regresi linear sebagai alat untuk mengidentifikasi pengaruh faktor waktu dan karakteristik spasial terhadap perubahan aktivitas sosial ekonomi di kawasan sekitar Gerbang Tol Pandaan-Malang.

Data yang digunakan dalam analisis regresi disusun dalam bentuk deret waktu (time series) untuk tahun 2013, 2018, dan 2023 pada delapan kecamatan yang berada di sekitar koridor Gerbang Tol Pandaan-Malang. Pemilihan kecamatan tersebut didasarkan pada keterkaitan spasial dan fungsional dengan keberadaan jalan tol, dengan total luas wilayah penelitian sebesar 538,26 km². Setiap kecamatan memiliki nilai Akumulasi dan Intensitas NTL pada masing-masing tahun pengamatan, sehingga memungkinkan analisis perubahan aktivitas sosial ekonomi secara temporal dan spasial.

Tabel 5.1 menyajikan data sebaran cahaya malam berupa nilai SUM dan MEAN NTL serta luas wilayah masing-masing kecamatan yang digunakan sebagai input dalam model regresi linear. Melalui model ini, diharapkan dapat diketahui sejauh mana faktor waktu berpengaruh terhadap peningkatan akumulasi dan intensitas aktivitas sosial ekonomi, serta bagaimana peran luas wilayah dalam memengaruhi besaran nilai NTL yang teramati.

Hasil analisis regresi linear selanjutnya disajikan secara terpisah untuk model SUM NTL dan MEAN NTL, guna membedakan pengaruh faktor waktu dan spasial terhadap skala akumulasi aktivitas dan tingkat intensitas aktivitas sosial ekonomi di kawasan sekitar Gerbang Tol Pandaan-Malang.

Tabel 5. 5 Akumulasi dan Intensitas NTL serta Luas wilayah per Kecamatan Tahun 2013, 2018, dan 2023

Kecamatan	Tahun	Luas	Akumulasi	Intensitas
Singosari	2013	113.74	1235.17	63.47
	2018	113.74	1613.46	80.9
	2023	53.62	2443.38	118.47
Pakis	2013	53.62	1212.59	63.4
	2018	53.62	1626.52	83.25
	2023	53.62	2252.64	113.68
Kedungkandang	2013	39.89	1155.58	177.78
	2018	39.89	1568.36	223.82
	2023	39.89	2100.28	284.63
Pandaan	2013	43.27	1194.23	120.18

Kecamatan	Tahun	Luas	Akumulasi	Intensitas
Purwosari	2018	43.27	1588.91	151.68
	2023	43.27	1754.12	164.54
	2013	58.87	808.31	43.63
	2018	58.87	912.08	48.98
	2023	58.87	1325.36	70.07
Sukorejo	2013	58.18	782.78	66.27
	2018	58.18	950.28	79.11
	2023	58.18	1189.74	97.64
Lawang	2013	68.23	769.8	53.23
	2018	68.23	963.64	64.14
	2023	68.23	1473	85.44
Purwodadi	2013	102.46	473.31	36.29
	2018	102.46	634.12	44.38
	2023	102.46	1007.07	63.21

Sumber : Olah Data, 2025

5.1.3.1 Model Regresi Perubahan Akumulasi NTL (SUM NTL)

Hasil analisis regresi linear dengan variabel dependen SUM NTL ditunjukkan pada output *Model Summary*, ANOVA, dan *Coefficients*. Berdasarkan *Model Summary*, diperoleh nilai R sebesar 0,685 dan R Square sebesar 0,470, yang menunjukkan bahwa sebesar 47,0% variasi nilai SUM NTL dapat dijelaskan oleh variabel waktu dan luas wilayah. Nilai Adjusted R Square sebesar 0,419 mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan penjelasan yang cukup baik setelah mempertimbangkan jumlah variabel independen.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.685 ^a	0.470	0.419	385.89491

a. Predictors: (Constant), Luas, t

Gambar 5.3 Hasil Model Summary SUM

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Uji ANOVA menunjukkan nilai F sebesar 9,297 dengan tingkat signifikansi 0,001 ($< 0,05$), yang berarti bahwa model regresi secara keseluruhan signifikan secara statistik dan layak digunakan untuk menjelaskan perubahan akumulasi aktivitas sosial ekonomi.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2769071.239	2	1384535.619	9.297	0.001 ^b
	Residual	3127212.535	21	148914.883		
	Total	5896283.774	23			

a. Dependent Variable: SUM

b. Predictors: (Constant), Luas, t

Gambar 5. 4 Hasil Uji Anova SUM

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan tabel koefisien, variabel waktu (t) memiliki nilai koefisien regresi sebesar 68,859 dengan signifikansi 0,002, yang menunjukkan bahwa faktor waktu berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan nilai SUM NTL. Hal ini mengindikasikan adanya kecenderungan peningkatan akumulasi aktivitas sosial ekonomi dari waktu ke waktu. Sementara itu, variabel luas wilayah memiliki koefisien negatif sebesar -6,739 dengan tingkat signifikansi 0,061, yang menunjukkan bahwa pengaruh luas wilayah terhadap nilai SUM NTL relatif lemah dan tidak signifikan pada taraf kepercayaan 95%

Coefficients ^a						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1385.343	264.522		5.237	0.000
	t	68.859	19.464	0.567	3.538	0.002
	Luas	-6.739	3.405	-0.317	-1.979	0.061

a. Dependent Variable: SUM

Gambar 5. 5 Hasil Coefisien SUM

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Y (SUM NTL) = akumulasi aktivitas sosial ekonomi wilayah, yang dipengaruhi oleh waktu (t) dan luas wilayah (L).

Hasil regresi menunjukkan bahwa variabel waktu (t) berpengaruh positif dan signifikan terhadap nilai SUM NTL, yang berarti akumulasi aktivitas sosial ekonomi di sekitar Gerbang Tol Pandaan-Malang cenderung meningkat dari tahun 2013 hingga 2023. Sebaliknya, variabel luas wilayah (L) tidak berpengaruh signifikan, sehingga luas administratif bukan faktor utama penentu besarnya akumulasi aktivitas. Temuan ini menegaskan bahwa konsentrasi dan akumulasi Cahaya yang menggambarkan sebagian aktivitas, terutama di kawasan strategis seperti sekitar gerbang tol, lebih berperan pertumbuhan aktivitas sosial ekonomi terjadi karena dinamika waktu (pembangunan, operasional tol, pertumbuhan aktivitas), bukan karena wilayahnya makin luas.

Model perubahan akumulasi aktivitas sosial ekonomi yang direpresentasikan oleh SUM NTL dirumuskan sebagai berikut:

SUM NTL = 1385.343 + 68.859t – 6.739L

- SUM NTL = akumulasi cahaya malam
- t = waktu (tahun prediksi – 2023)
- L = luas wilayah (km²)

5.1.3.2 Model Regresi Perubahan Intensitas Cahaya Malam Aktivitas Sosial Ekonomi (MEAN NTL)

Analisis regresi linear dengan variabel dependen MEAN NTL menunjukkan nilai R sebesar 0,642 dan R Square sebesar 0,412, yang berarti bahwa sebesar 41,2% variasi intensitas cahaya malam rata-rata dapat dijelaskan oleh variabel waktu dan luas wilayah. Nilai Adjusted R Square sebesar 0,356 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan penjelasan yang cukup baik meskipun terdapat variasi lain di luar model.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.642 ^a	0.412	0.356	49.36627

a. Predictors: (Constant), t, Luas

Gambar 5. 6 Hasil Model Summary MEAN

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai F sebesar 7,351 dengan signifikansi 0,004 (< 0,05), sehingga model regresi MEAN NTL dinyatakan signifikan secara statistik.

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F
1	Regression	35830.256	2	17915.128	7.351
	Residual	51177.604	21	2437.029	
	Total	87007.860	23		

a. Dependent Variable: MEAN

b. Predictors: (Constant), t, Luas

Gambar 5. 7 Hasil Uji Anova MEAN

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan tabel koefisien, variabel luas wilayah memiliki koefisien

regresi sebesar -1,453 dengan tingkat signifikansi 0,003, yang menunjukkan bahwa luas wilayah berpengaruh negatif dan signifikan terhadap intensitas cahaya malam rata-rata. Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah dengan luasan yang lebih besar cenderung memiliki intensitas cahaya rata-rata yang lebih rendah. Sementara itu, variabel waktu (t) memiliki koefisien positif sebesar 3,576, namun tidak signifikan secara statistik (Sig. = 0,166), sehingga pengaruh temporal terhadap perubahan intensitas cahaya malam tidak sekuat pengaruh spasial.

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	176.165	33.839		5.206	0.000
	Luas	-1.453	0.436	-0.563	-3.336	0.003
	t	3.576	2.490	0.242	1.436	0.166

a. Dependent Variable: MEAN

Gambar 5. 8 Hasil Coefisien MEAN

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan tabel koefisien, variabel luas wilayah memiliki koefisien regresi negatif sebesar -1,453 dengan tingkat signifikansi 0,003, yang menunjukkan bahwa luas wilayah berpengaruh negatif dan signifikan terhadap nilai MEAN NTL. Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah dengan luasan administrasi yang lebih besar cenderung memiliki intensitas cahaya malam rata-rata yang lebih rendah, karena aktivitas sosial ekonomi tersebar pada area yang lebih luas dan tidak terkonsentrasi secara spasial.

Sementara itu, variabel waktu (t) memiliki koefisien positif sebesar 3,576, namun tidak signifikan secara statistik (Sig. = 0,166). Temuan ini menunjukkan bahwa perubahan intensitas cahaya malam tidak dipengaruhi oleh faktor waktu, melainkan lebih dipengaruhi oleh karakteristik wilayah.

Model perubahan intensitas aktivitas sosial ekonomi yang direpresentasikan oleh MEAN NTL dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{MEAN NTL} = 176.165 - 3.576t + 1.453L$$

MEAN NTL = Intensitas cahaya malam

t = waktu (tahun prediksi – 2023)

L = luas wilayah (km²)

Pada model regresi MEAN NTL, variabel waktu (t) menunjukkan koefisien positif namun tidak signifikan secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan intensitas aktivitas sosial ekonomi tidak semata-mata terjadi secara linear mengikuti waktu, melainkan dipengaruhi oleh faktor spasial dan karakteristik wilayah. Dengan kata lain, pertambahan waktu pengamatan belum tentu diikuti oleh peningkatan

kepadatan aktivitas pada seluruh wilayah secara merata.

Sebaliknya, variabel luas wilayah (L) pada model MEAN NTL memiliki koefisien negatif dan signifikan, yang menunjukkan bahwa semakin luas suatu wilayah administrasi, intensitas cahaya malam rata-rata cenderung lebih rendah. Temuan ini mencerminkan efek penyebaran aktivitas, di mana aktivitas sosial ekonomi pada wilayah yang luas cenderung tersebar dan tidak terkonsentrasi, sehingga menurunkan nilai intensitas rata-rata. Sebaliknya, wilayah dengan luasan yang lebih kecil dan aktivitas yang terkonsentrasi-seperti kawasan sekitar gerbang tol-cenderung memiliki nilai MEAN NTL yang lebih tinggi.

Model MEAN NTL berfungsi untuk menggambarkan kepadatan dan konsentrasi aktivitas sosial ekonomi, sehingga efektif dalam mengidentifikasi wilayah dengan intensitas aktivitas tinggi meskipun luas wilayahnya relatif kecil.

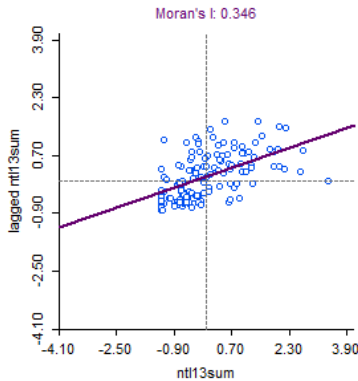
5.2 Analisis Perubahan aktivitas sosial ekonomi berdasarkan Analisa Pola Spasial, Autokorelasi lokal, dan Klaster aktivitas sosial ekonomi

Analisis Local Indicators of Spatial Association (LISA) dilakukan untuk mengidentifikasi pola pengelompokan spasial aktivitas sosial ekonomi berdasarkan intensitas cahaya malam (NTL). Analisis ini menggunakan nilai SUM NTL dan MEAN NTL pada tahun 2013, 2018, dan 2023, yang diolah menggunakan perangkat lunak GeoDa. Hasil analisis LISA disajikan dalam bentuk *Moran Scatter Plot*, *Cluster Map*, dan *Significance Map*, yang digunakan untuk menginterpretasikan pola dan dinamika spasial aktivitas sosial ekonomi wilayah di sekitar Gerbang Tol Pandaan-Malang.

5.2.1 Analisa LISA Akumulasi *Night-Time Light*

Pada analisa akumulasi LISA ini menghasilkan pada 3 waktu, 2013, 2018, 2023. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut :

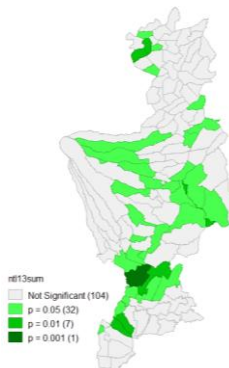
5.2.1.1 Hasil LISA Akumulasi *Night-Time Light* Tahun 2013



Gambar 5. 9 Moran Scatter Plot SUM 2013

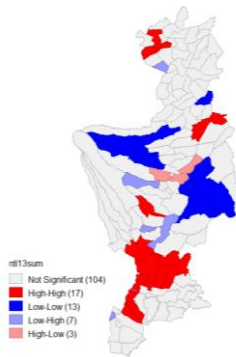
Sumber : Hasil Analisis 2025

Berdasarkan hasil analisis LISA menggunakan data SUM NTL tahun 2013, terlihat bahwa pola akumulasi cahaya malam tidak tersebar secara acak, melainkan membentuk pengelompokan spasial tertentu. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Moran's I* sebesar 0,346, yang mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif tingkat sedang. Artinya, wilayah dengan akumulasi cahaya malam tinggi cenderung berdekatan dengan wilayah lain yang juga memiliki intensitas tinggi, begitu pula wilayah dengan intensitas rendah cenderung berdekatan dengan wilayah berintensitas rendah.



Peta 5. 7 Hasil LISA Significance Akumulasi Night-Time Light 2013

Sumber : Hasil Analisis 2025

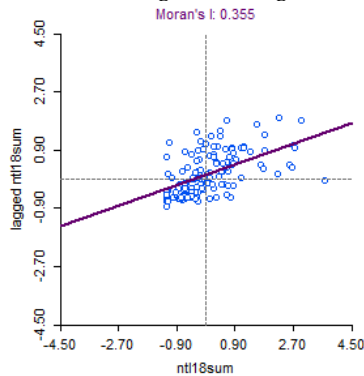


Peta 5. 8 Hasil LISA Klaster Akumulasi Night-Time Light 2013

Sumber : Hasil Analisis 2025

Peta *Significance Map* menunjukkan bahwa sebagian wilayah memiliki hubungan spasial yang signifikan pada tingkat kepercayaan 95%, 99%, hingga 99,9%, sementara sebagian besar wilayah lainnya tidak menunjukkan signifikansi statistik. Selanjutnya, *Cluster Map* memperlihatkan keberadaan klaster *High-high* (HH) yang merepresentasikan konsentrasi aktivitas sosial ekonomi tinggi serta klaster *Low-low* (LL) yang menunjukkan wilayah dengan intensitas aktivitas rendah. Selain itu, terdapat pula beberapa wilayah yang termasuk dalam kategori *High-low* (HL) dan *Low-high* (LH) yang mengindikasikan adanya wilayah dengan karakteristik intensitas cahaya yang berbeda dari lingkungan sekitarnya. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pada tahun 2013 aktivitas sosial ekonomi wilayah telah membentuk pola pengelompokan spasial tertentu, yang menjadi kondisi awal (*baseline*) sebelum dianalisis lebih lanjut pada periode berikutnya.

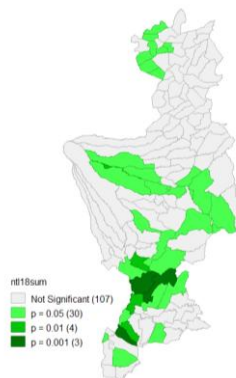
5.2.1.2 Hasil LISA Akumulasi *Night-Time Light* Tahun 2018



Gambar 5. 10 Moran Scatter Plot Akumulasi Night-Time Light 2018

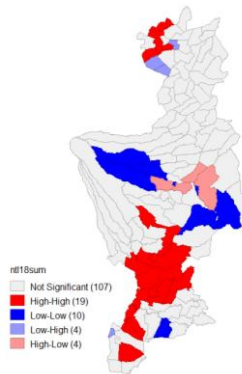
Sumber : Hasil Analisis 2025

Hasil Moran Scatter Plot untuk data SUM NTL tahun 2018 menunjukkan nilai Moran's I sebesar 0,355, yang mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif dengan kekuatan sedang. Nilai ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya malam pada suatu wilayah cenderung berkaitan dengan intensitas wilayah di sekitarnya, di mana wilayah dengan aktivitas tinggi berdekatan dengan wilayah beraktivitas tinggi, dan wilayah beraktivitas rendah berdekatan dengan wilayah beraktivitas rendah. Dibandingkan tahun 2013, pola pengelompokan spasial aktivitas sosial ekonomi pada tahun 2018 menunjukkan kecenderungan yang semakin menguat.



Peta 5. 9 Hasil LISA Significance Akumulasi Night-Time Light 2018

Sumber : Hasil Analisis 2025

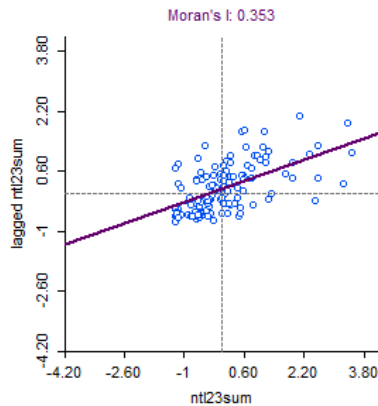


Peta 5.10 Hasil LISA Cluster Map Akumulasi Night-Time Light 2018

Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025

Cluster Map SUM NTL tahun 2018 memperlihatkan bahwa klaster *High-high (HH)* mulai terlihat lebih jelas dan terkonsentrasi pada wilayah yang secara spasial berada di sekitar koridor jalan tol Pandaan-Malang. Pola ini mengindikasikan adanya keterkaitan spasial antara konsentrasi aktivitas sosial ekonomi dan jaringan aksesibilitas utama. Sebaliknya, klaster *Low-low (LL)* masih mendominasi wilayah yang relatif lebih jauh dari simpul akses, yang mencerminkan rendahnya intensitas aktivitas sosial ekonomi. Keberadaan klaster *High-low (HL)* dan *Low-high (LH)* menunjukkan adanya wilayah transisi dengan karakteristik aktivitas yang berbeda dari lingkungan sekitarnya. *Significance Map* menunjukkan bahwa sebagian klaster yang terbentuk memiliki hubungan spasial yang signifikan secara statistik, sehingga pola pengelompokan yang teridentifikasi dapat diinterpretasikan secara ilmiah dan bukan merupakan hasil kebetulan.

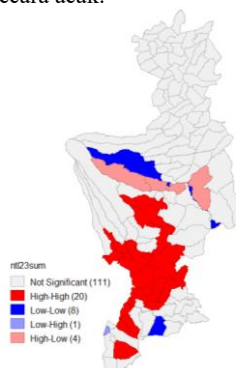
5.2.1.3 Hasil LISA SUM Tahun 2023



Gambar 5. 11 Moran Scatter Plot Akumulasi Night-Time Light 2023

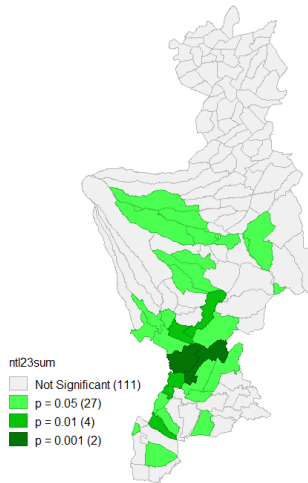
Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025

Hasil Moran Scatter Plot untuk data SUM NTL tahun 2023 menunjukkan nilai Moran's I sebesar 0,353, yang mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif dengan kekuatan sedang. Nilai ini relatif stabil dibandingkan tahun 2018, yang menunjukkan bahwa pola keterkaitan spasial aktivitas sosial ekonomi telah terbentuk dan cenderung bertahan. Sebaran titik yang dominan pada kuadran *High-high (HH)* dan *Low-low (LL)* menegaskan bahwa wilayah dengan intensitas cahaya malam tinggi maupun rendah masih mengelompok secara spasial, sehingga aktivitas sosial ekonomi tidak tersebar secara acak.



Peta 5. 11 Hasil LISA Significance Akumulasi Night-Time Light 2023

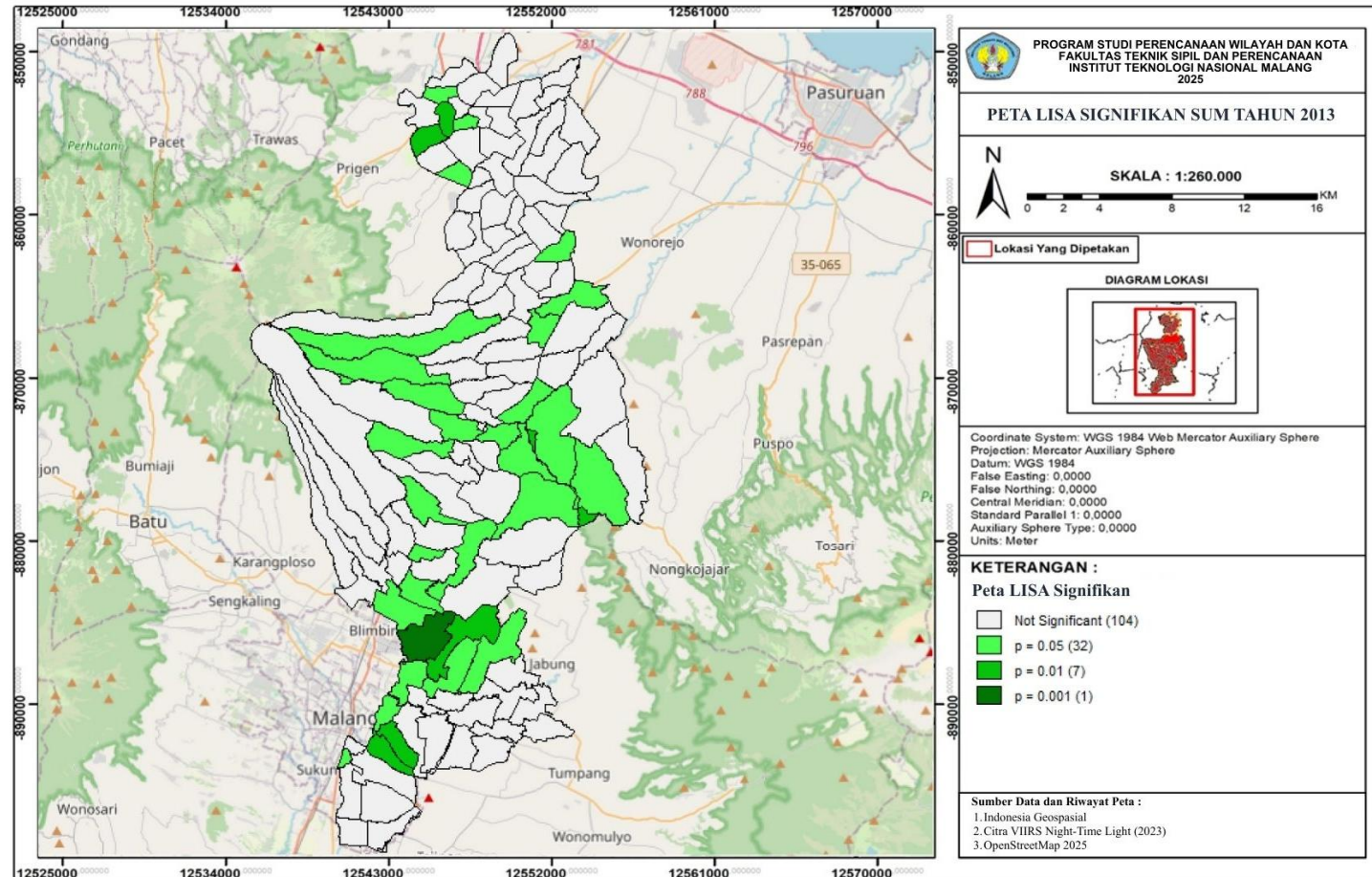
Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025



Peta 5. 12 Hasil LISA Significance Akumulasi Night-Time Light 2023

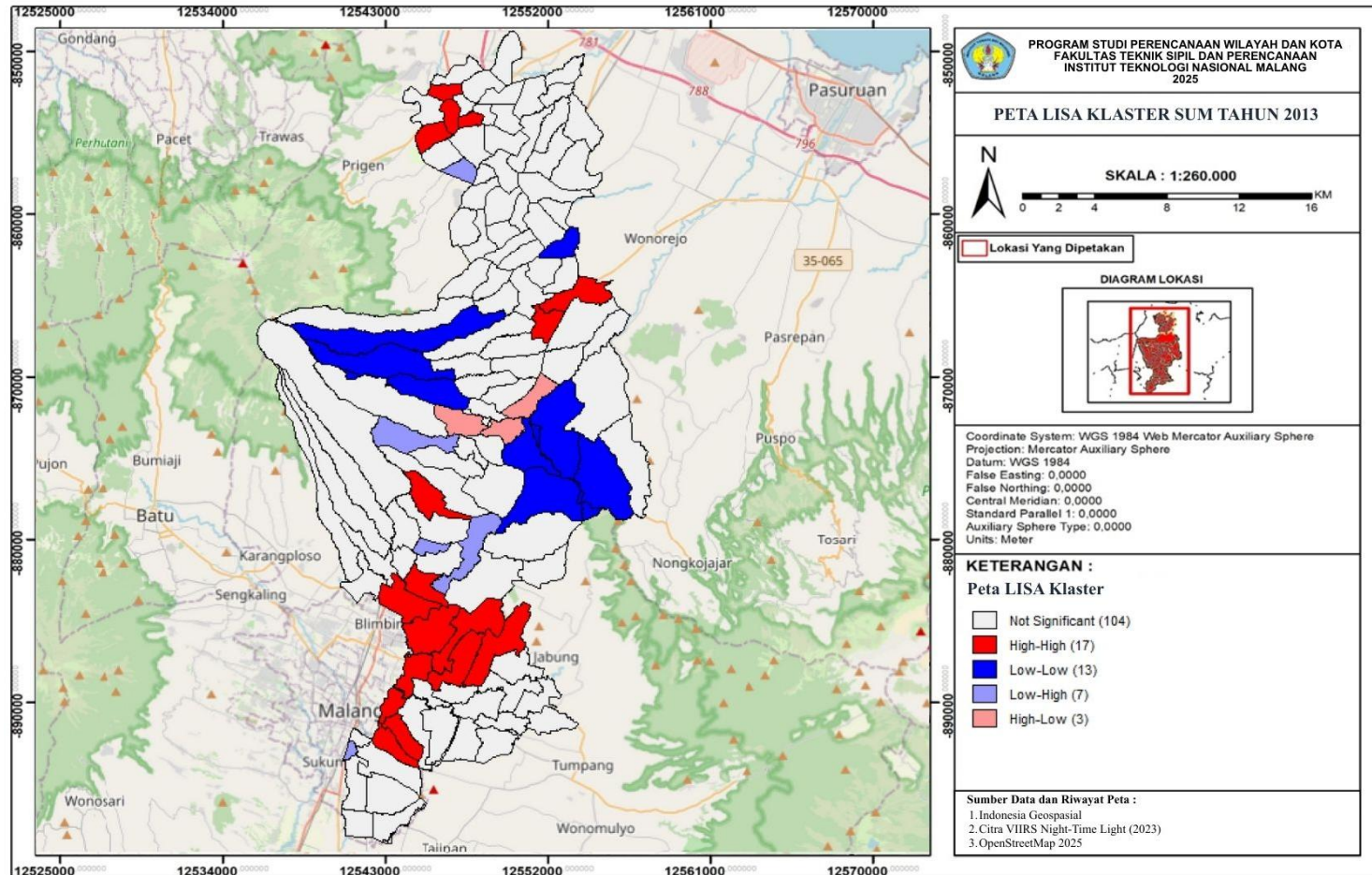
Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025

Cluster Map SUM NTL tahun 2023 memperlihatkan klaster *High-high (HH)* yang semakin terkonsentrasi dan semakin jelas secara spasial pada wilayah-wilayah yang berada di sekitar koridor jalan tol Pandaan-Malang. Pola ini merepresentasikan penguatan konsentrasi aktivitas sosial ekonomi pada kawasan dengan aksesibilitas tinggi. Klaster *Low-low (LL)* tetap ditemukan pada wilayah yang relatif lebih jauh dari simpul akses jalan tol, mencerminkan wilayah dengan intensitas aktivitas yang lebih rendah. Sementara itu, klaster *High-low (HL)* dan *Low-high (LH)* menunjukkan keberadaan wilayah transisi yang memiliki karakteristik aktivitas yang berbeda dibandingkan lingkungan sekitarnya. *Significance Map* menunjukkan bahwa sebagian besar klaster yang terbentuk memiliki hubungan spasial yang signifikan secara statistik. Dengan demikian, pola pengelompokan spasial yang teridentifikasi pada tahun 2023 dapat diinterpretasikan secara ilmiah sebagai representasi dinamika aktivitas sosial ekonomi wilayah pada fase pemantapan, di mana pengaruh infrastruktur dan struktur aktivitas yang telah terbentuk menunjukkan kecenderungan yang stabil secara spasial.



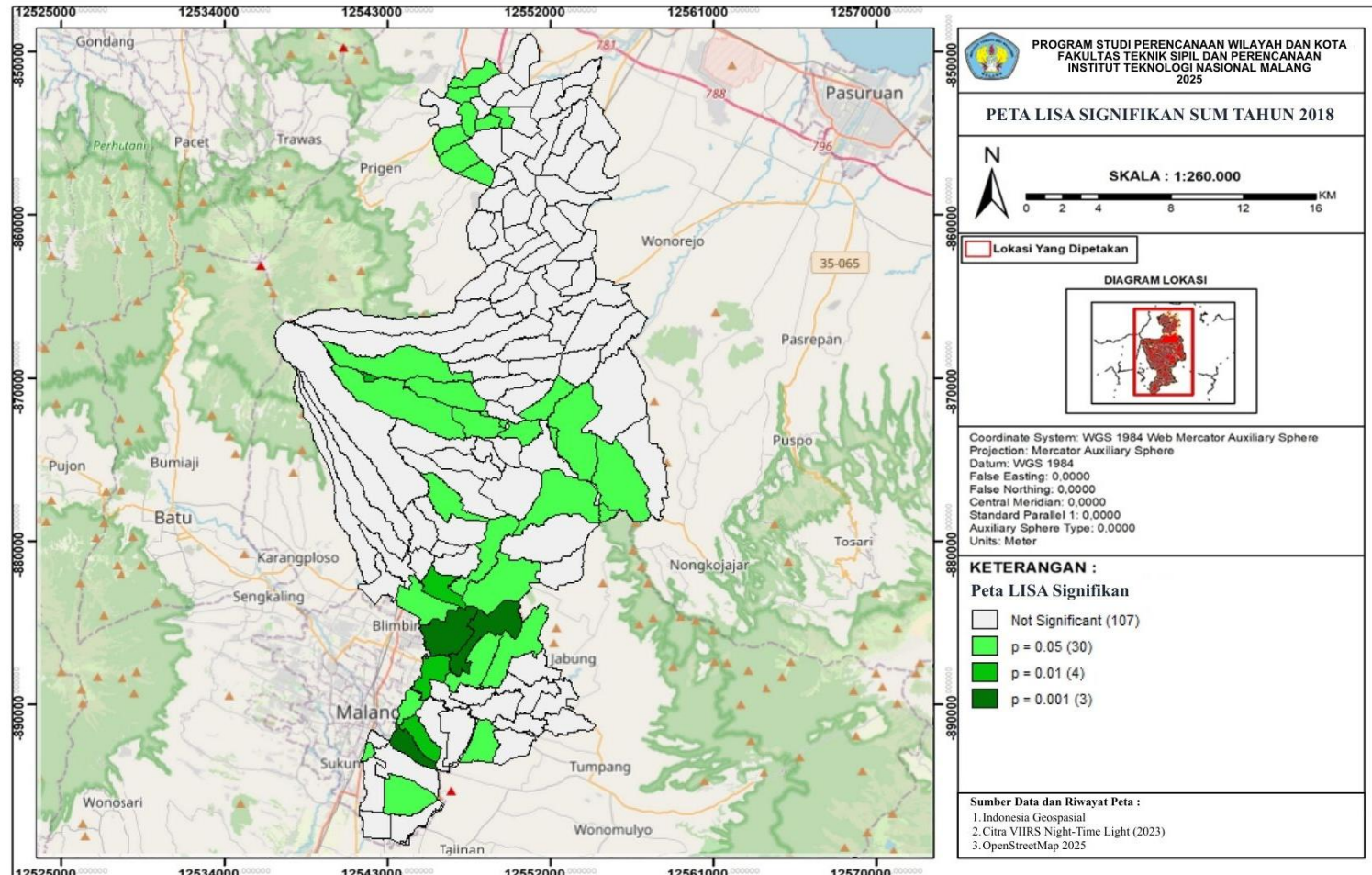
Peta 5. 13 Hasil LISA Signifikan Akumulasi Night-Time Light Tahun 2013

Sumber : Hasil analisis, 2025



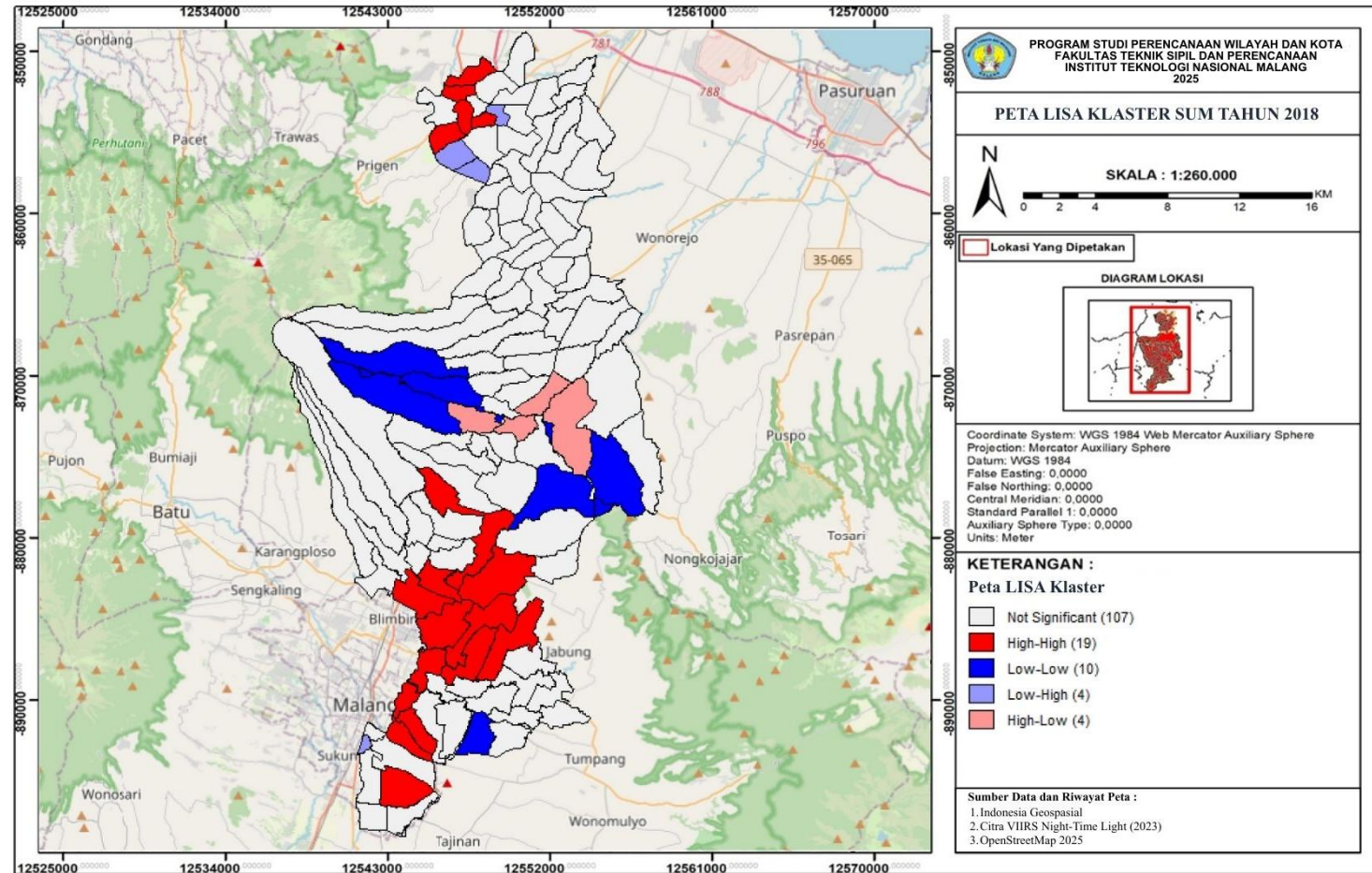
Peta 5. 14 Hasil LISA Klaster Akumulasi Night-Time Light Tahun 2013

Sumber : Hasil analisis, 2025



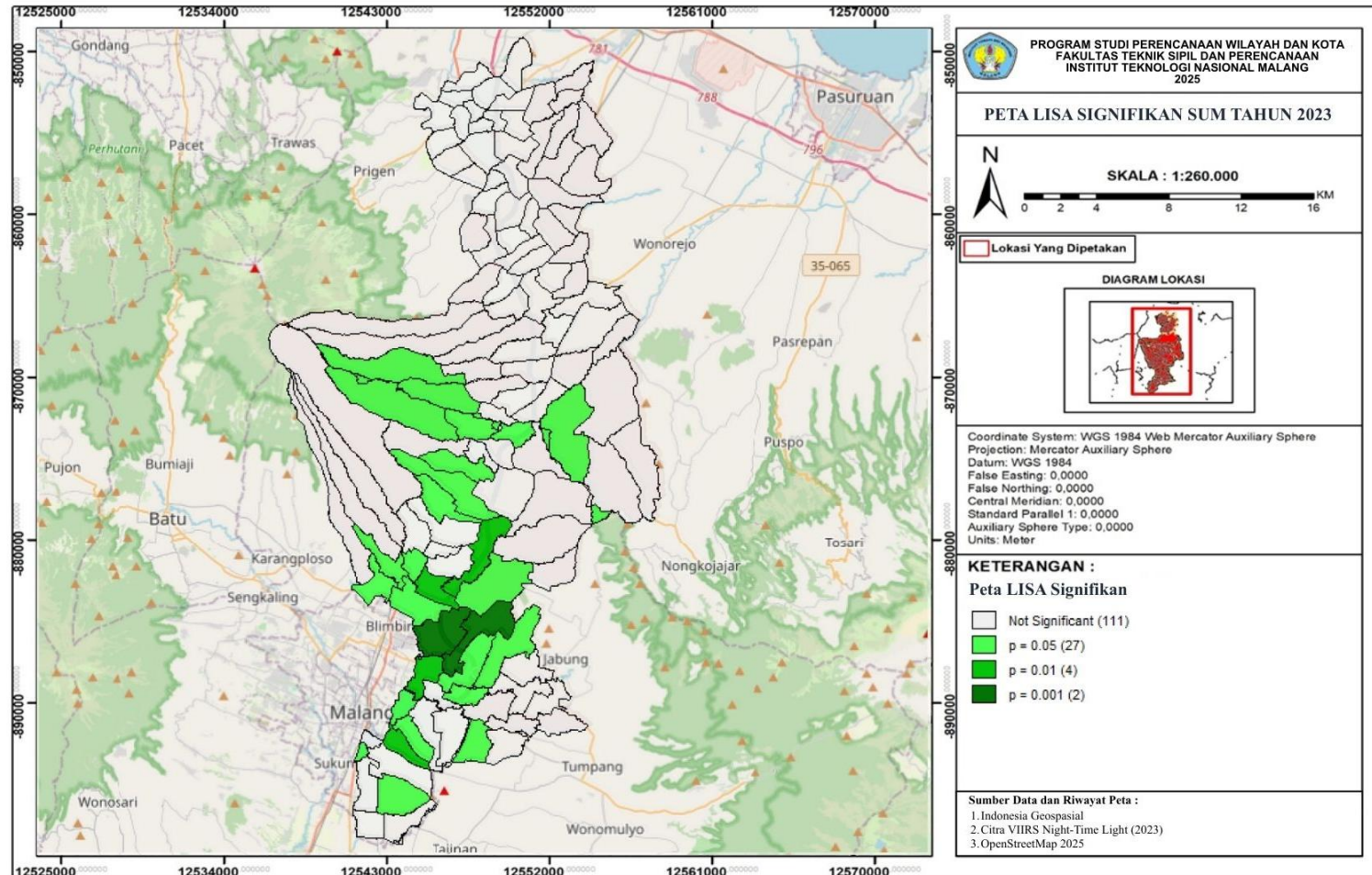
Peta 4. 9 Hasil LISA Signifikan Akumulasi *Night-Time Light* Tahun 2018

Sumber : Hasil Analisa, 2025



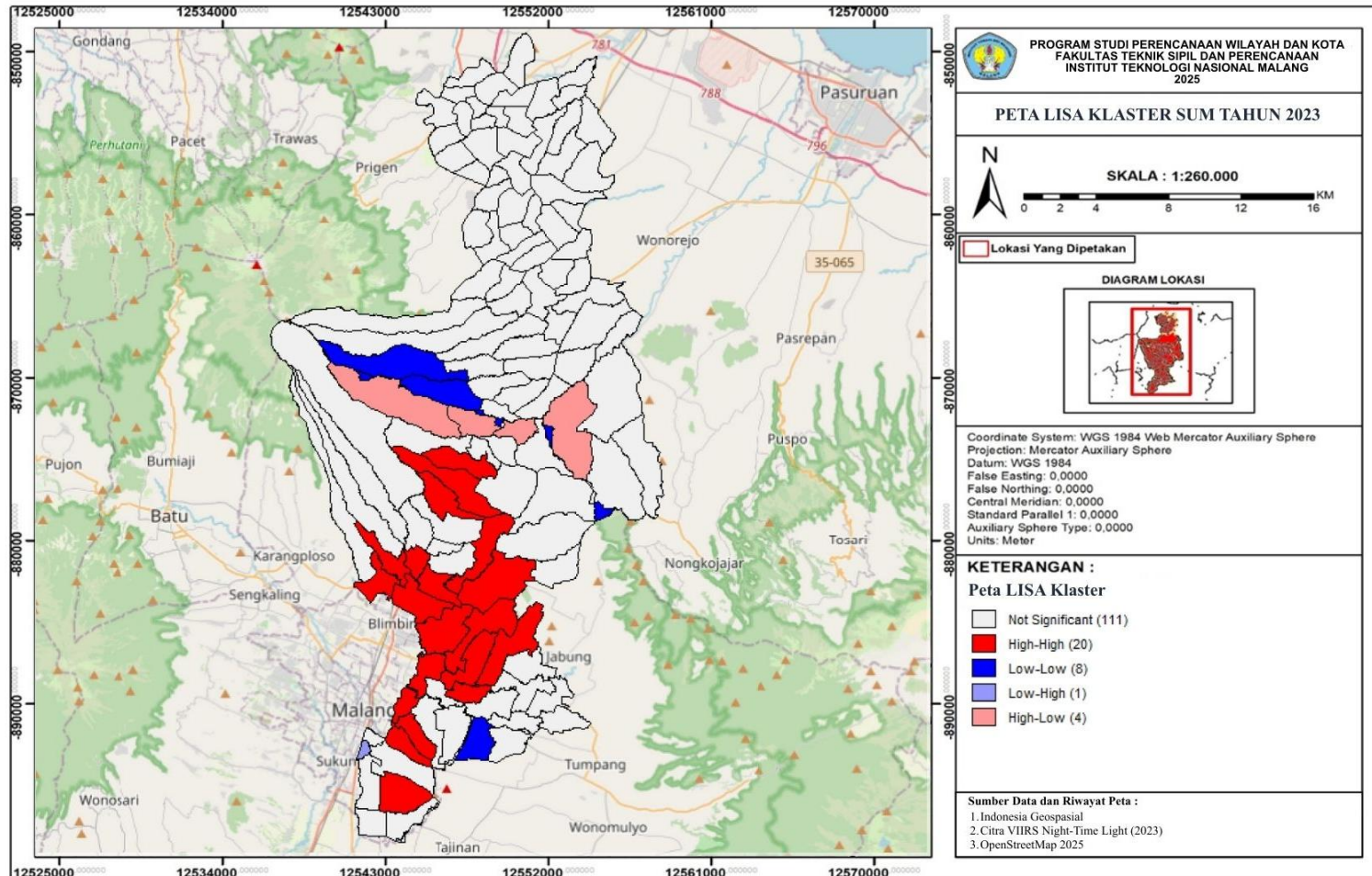
Peta 5. 15 Hasil LISA Klaster Akumulasi Night-Time Light Tahun 2018

Sumber : Hasil Analisa, 2025



Peta 5. 16 Hasil LISA Signifikan Akumulasi Night-Time Light Tahun 2023

Sumber : Hasil Analisa, 2025



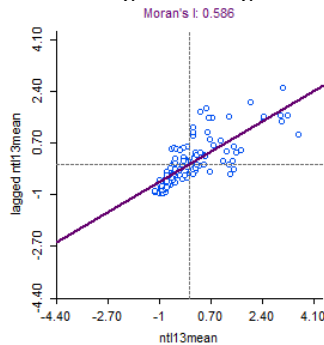
Peta 5. 17 Hasil LISA Klaster Akumulasi Night-Time Light Tahun 2023

Sumber : Hasil Analisa, 2025

5.2.2 Analisa Intensitas *Night-Time Light* LISA

Pada analisa LISA MEAN ini menghasilkan pada 3 waktu, 2013, 2018, 2023. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut :

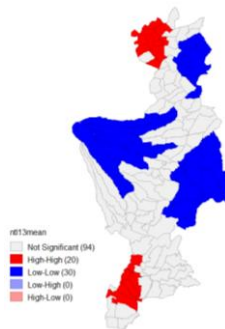
5.2.2.1 Hasil LISA Intensitas *Night-Time Light* Tahun 2013



Gambar 5. 12 Moran Scatter Plot Intensitas Night-Time Light 2013

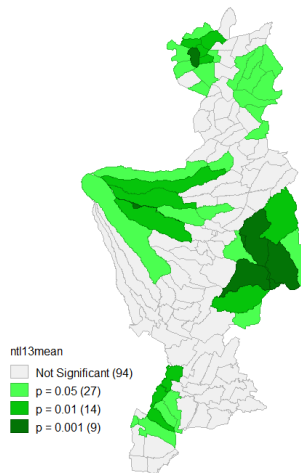
Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025

Moran Scatter Plot menunjukkan nilai Moran's I sebesar 0,586, yang mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif dengan kekuatan cukup kuat. Nilai ini menunjukkan bahwa kepadatan rata-rata intensitas cahaya malam antarwilayah telah memiliki keterkaitan spasial yang jelas sejak periode awal. Sebaran titik yang dominan pada kuadran High-High (HH) dan Low-Low (LL) mengindikasikan bahwa wilayah dengan kepadatan aktivitas tinggi maupun rendah cenderung mengelompok secara spasial, sehingga aktivitas sosial ekonomi pada tahun 2013 tidak tersebar secara acak.



Peta 5. 18 Hasil LISA Significance Intensitas Night-Time Light 2013

Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025



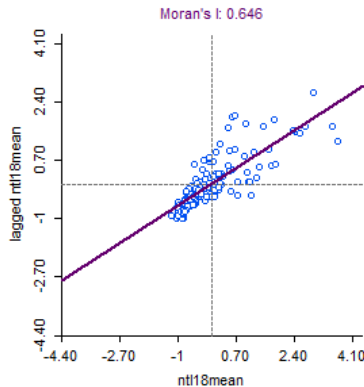
Peta 5. 19 Hasil LISA Klaster Intensitas Night-Time Light 2013

Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

Cluster Map memperlihatkan klaster High-High (HH) yang masih terbatas pada beberapa lokasi sebagai pusat awal kepadatan aktivitas sosial ekonomi. Sebaliknya, klaster Low-Low (LL) mendominasi sebagian besar wilayah penelitian, yang mencerminkan rendahnya kepadatan aktivitas sosial ekonomi pada periode awal pengamatan. Tidak ditemukannya klaster High-Low (HL) maupun Low-High (LH) menunjukkan bahwa perbedaan kepadatan aktivitas antarwilayah masih relatif homogen. Significance Map menunjukkan bahwa sebagian wilayah memiliki keterkaitan spasial yang signifikan secara statistik pada tingkat kepercayaan tertentu, sementara sebagian besar wilayah lainnya belum menunjukkan signifikansi. Hal ini menandakan bahwa meskipun pola pengelompokan telah terbentuk, intensitas keterkaitannya masih terbatas pada wilayah-wilayah tertentu.

Secara keseluruhan, hasil analisis LISA MEAN tahun 2013 menggambarkan kondisi awal (baseline) struktur spasial kepadatan aktivitas sosial ekonomi di kawasan penelitian. Pola pengelompokan yang terbentuk masih terbatas dan belum menunjukkan intensifikasi yang kuat, sehingga menjadi dasar pembandingan untuk menganalisis perubahan dan penguatan pola spasial pada periode berikutnya...

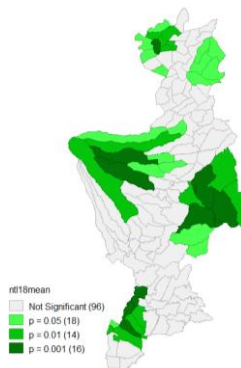
5.2.2.2 Hasil LISA Intensitas *Night-Time Light* Tahun 2018



Gambar 5. 13 Moran Scatter Plot MEAN 2018

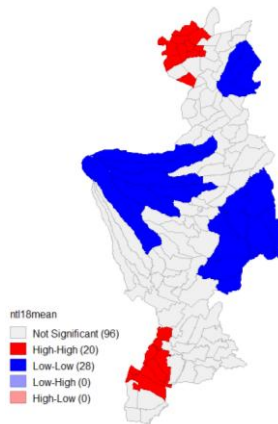
Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025

Hasil analisis Moran Scatter Plot untuk data MEAN NTL tahun 2018 menunjukkan nilai Moran's I sebesar 0,646, yang mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif yang kuat. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan analisis berbasis SUM NTL, yang menunjukkan bahwa kepadatan rata-rata aktivitas sosial-ekonomi antarwilayah memiliki keterkaitan spasial yang sangat kuat. Sebaran titik yang dominan pada kuadran High-High (HH) dan Low-Low (LL) menunjukkan bahwa wilayah dengan intensitas aktivitas tinggi cenderung berdekatan dengan wilayah yang juga memiliki intensitas tinggi, demikian pula wilayah dengan intensitas rendah membentuk pengelompokan spasial yang jelas.



Peta 5. 20 Hasil LISA Significance Intensitas Night-Time Light 2018

Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

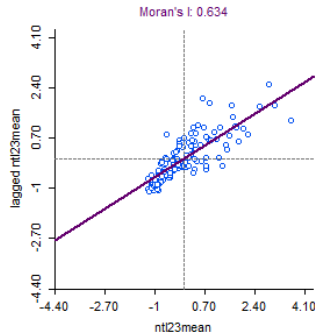


Peta 5. 21 Hasil LISA Klaster Intensitas Night-Time Light 2018

Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

Peta Significance Map menunjukkan bahwa sebagian besar klaster yang terbentuk bersifat signifikan secara statistik, yang menegaskan bahwa pola pengelompokan kepadatan aktivitas sosial-ekonomi pada tahun 2018 bukan merupakan hasil kebetulan, melainkan mencerminkan struktur spasial yang kuat dan stabil pada fase perkembangan kawasan. Peta Cluster Map memperlihatkan pola klaster High-High (HH) dan Low-Low (LL) yang terbentuk secara lebih tegas dibandingkan hasil analisis SUM NTL. Klaster HH merepresentasikan wilayah dengan kepadatan aktivitas sosial-ekonomi yang tinggi dan terkonsentrasi, sedangkan klaster LL menunjukkan wilayah dengan kepadatan aktivitas yang relatif rendah dan juga mengelompok secara spasial. Hampir tidak ditemukannya klaster High-Low (HL) dan Low-High (LH) mengindikasikan bahwa wilayah anomali relatif sedikit, sehingga struktur spasial kepadatan aktivitas cenderung homogen dalam masing-masing klaster.

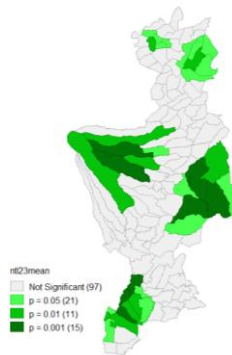
5.2.2.3 Hasil LISA MEAN Tahun 2023



Gambar 5. 14 Moran Scatter Plot Intensitas Night-Time Light 2023

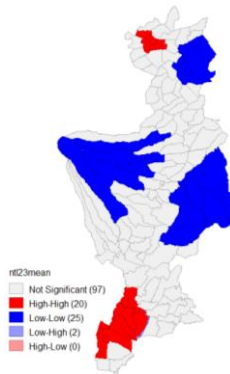
Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025

Hasil Moran Scatter Plot untuk data MEAN NTL tahun 2023 menunjukkan nilai Moran's I sebesar 0,634, yang mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif yang kuat. Nilai ini menunjukkan bahwa keterkaitan spasial kepadatan rata-rata intensitas cahaya malam antarwilayah tetap tinggi dan relatif stabil dibandingkan periode sebelumnya. Sebaran titik yang dominan pada kuadran High-High (HH) dan Low-Low (LL) menegaskan bahwa wilayah dengan kepadatan aktivitas sosial ekonomi tinggi maupun rendah terus membentuk pengelompokan spasial yang konsisten, sehingga pola aktivitas wilayah pada tahun 2023 semakin terstruktur dan tidak bersifat acak.



Peta 5. 22 Hasil LISA Significance Intensitas Night-Time Light 2023

Sumber : Kajian Penelitian Hasil Analisis 2025



Peta 5.23 Hasil LISA Klaster Intensitas Night-Time Light 2023

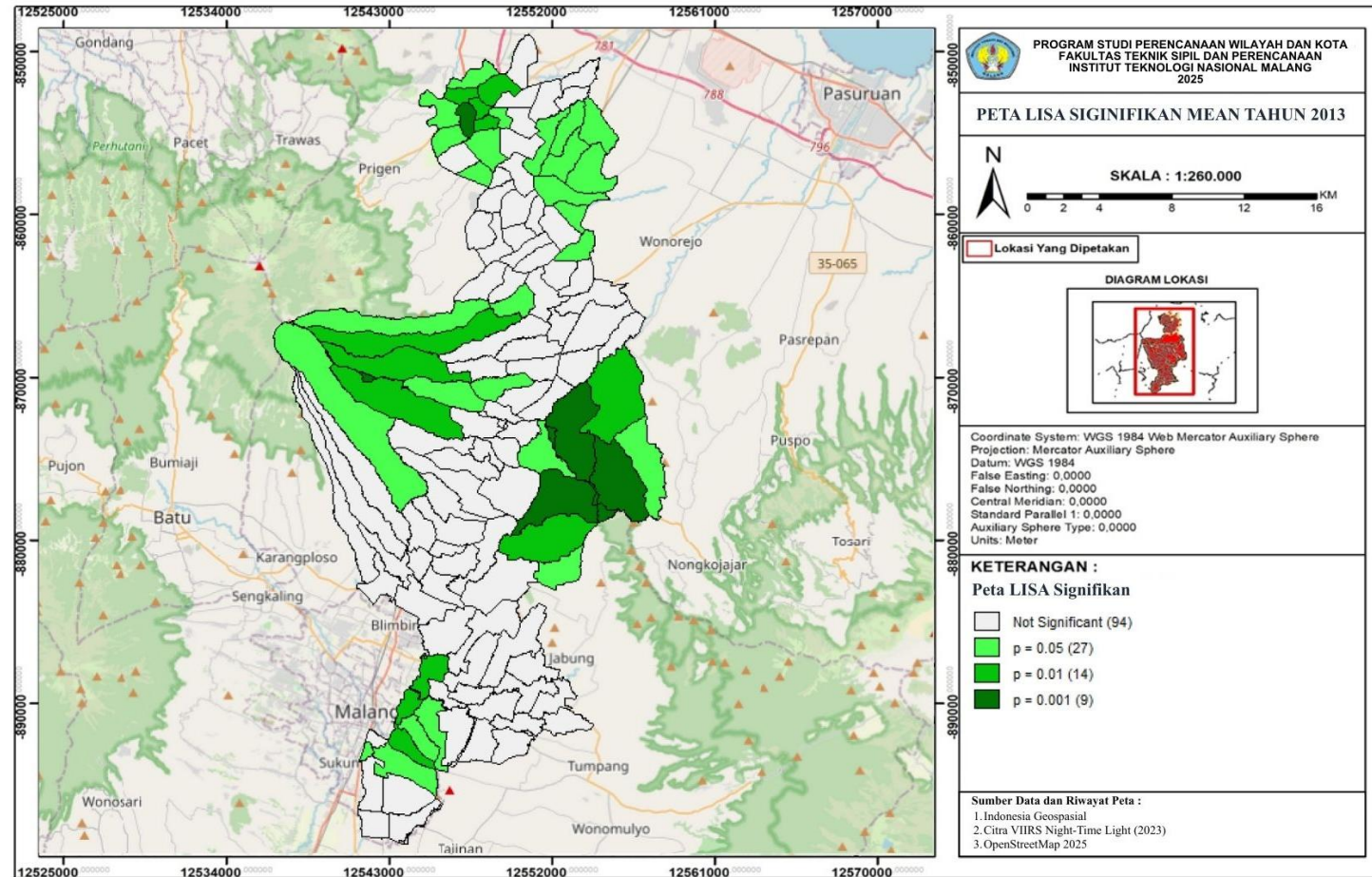
Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

Cluster Map tahun 2023 memperlihatkan klaster High-High (HH) yang semakin jelas dan terkonsentrasi pada wilayah-wilayah dengan kepadatan aktivitas sosial ekonomi tinggi, terutama pada kawasan yang memiliki aksesibilitas lebih baik terhadap koridor dan simpul Jalan Tol Pandaan-Malang. Sebaliknya, klaster Low-Low (LL) masih mendominasi wilayah dengan kepadatan aktivitas rendah yang relatif jauh dari pusat aktivitas utama. Hampir tidak ditemukannya klaster High-Low (HL) dan Low-High (LH) menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik antarwilayah semakin homogen di dalam masing-masing klaster. Significance Map menunjukkan bahwa sebagian besar klaster tersebut signifikan secara statistik, yang menegaskan bahwa struktur spasial kepadatan aktivitas sosial ekonomi pada tahun 2023 berada pada fase pemantapan dan relatif stabil sebagai respon terhadap beroperasinya infrastruktur jalan tol.

5.2.3 Sintesa hasil analisis LISA Akumulasi dan Intensitas NTL

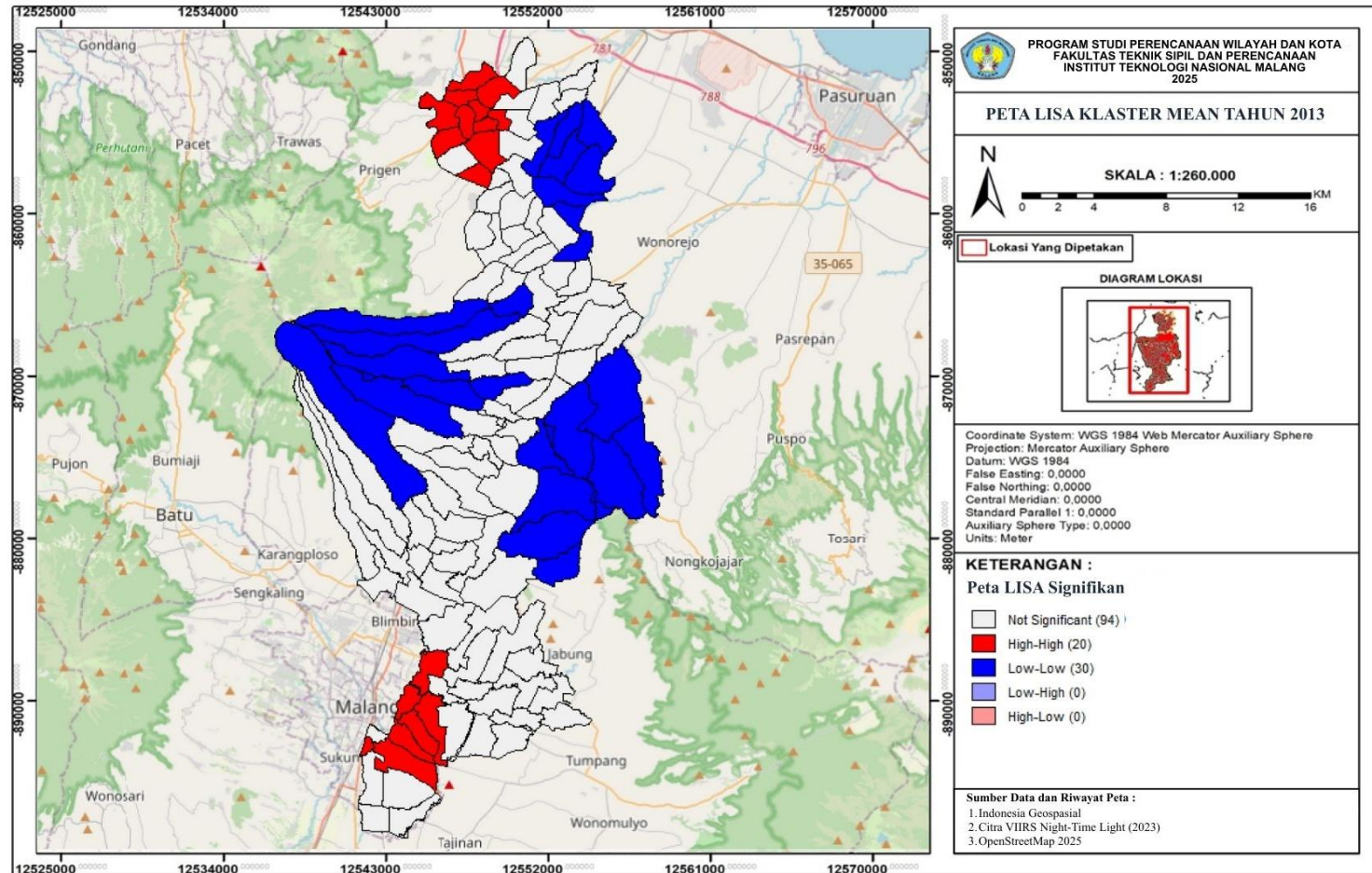
Hasil analisis (LISA) menggunakan variabel SUM dan MEAN NTL pada tahun 2013, 2018, dan 2023, dapat disimpulkan bahwa aktivitas sosial ekonomi di kawasan sekitar Gerbang Tol Pandaan-Malang membentuk pola spasial yang tidak acak dan cenderung terkelompok secara konsisten. Nilai *Moran's I* yang positif pada seluruh periode pengamatan menunjukkan adanya autokorelasi spasial yang signifikan, baik pada aspek akumulasi aktivitas (SUM NTL) maupun pada aspek kepadatan aktivitas (MEAN NTL).

Klaster *High-High* (HH) berkembang pada wilayah dengan aktivitas besar dan berdekatan dengan simpul serta koridor jalan tol. Sementara itu, analisis LISA berbasis MEAN NTL menunjukkan pola pengelompokan yang lebih kuat dan stabil, yang merepresentasikan intensifikasi dan kepadatan aktivitas sosial ekonomi dalam satuan ruang.



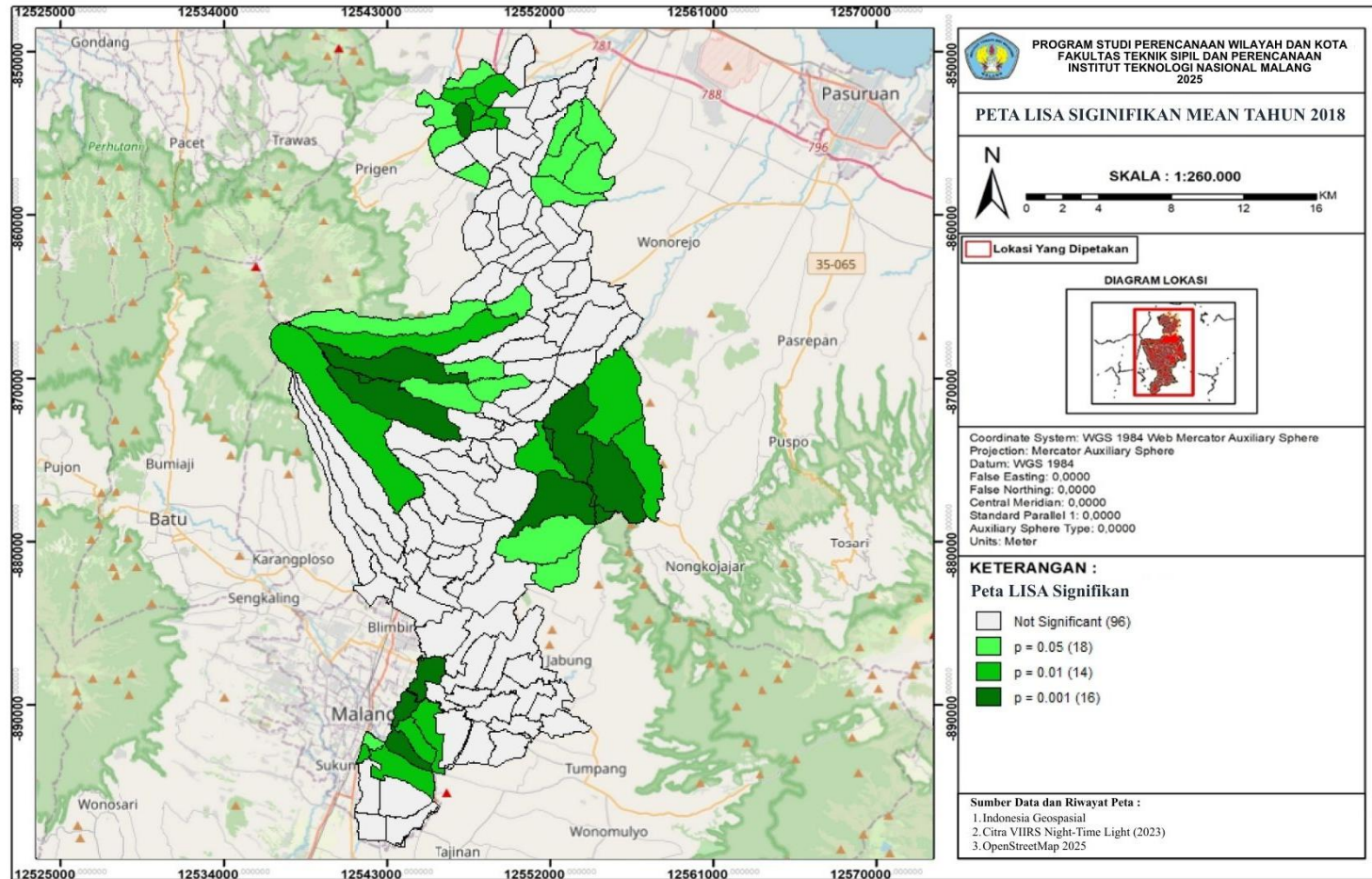
Peta 5. 24 Hasil LISA Signifikan Intensitas Night-Time Light Tahun 2013

Sumber : Hasil Analisa, 2025



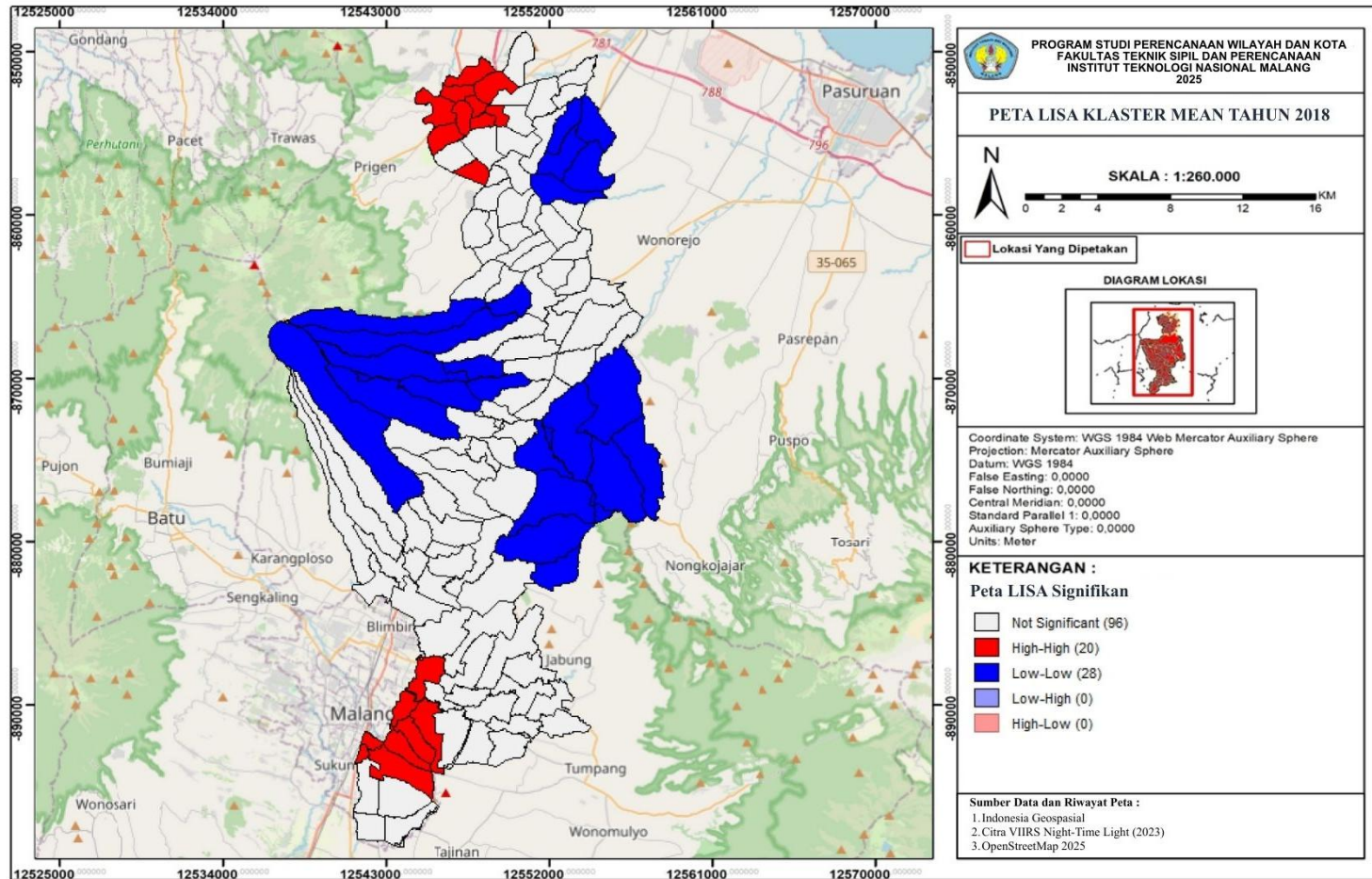
Peta 5. 25 Hasil LISA Klaster Intensitas Night-Time Light Tahun 2013

Sumber : Hasil Analisa, 2025



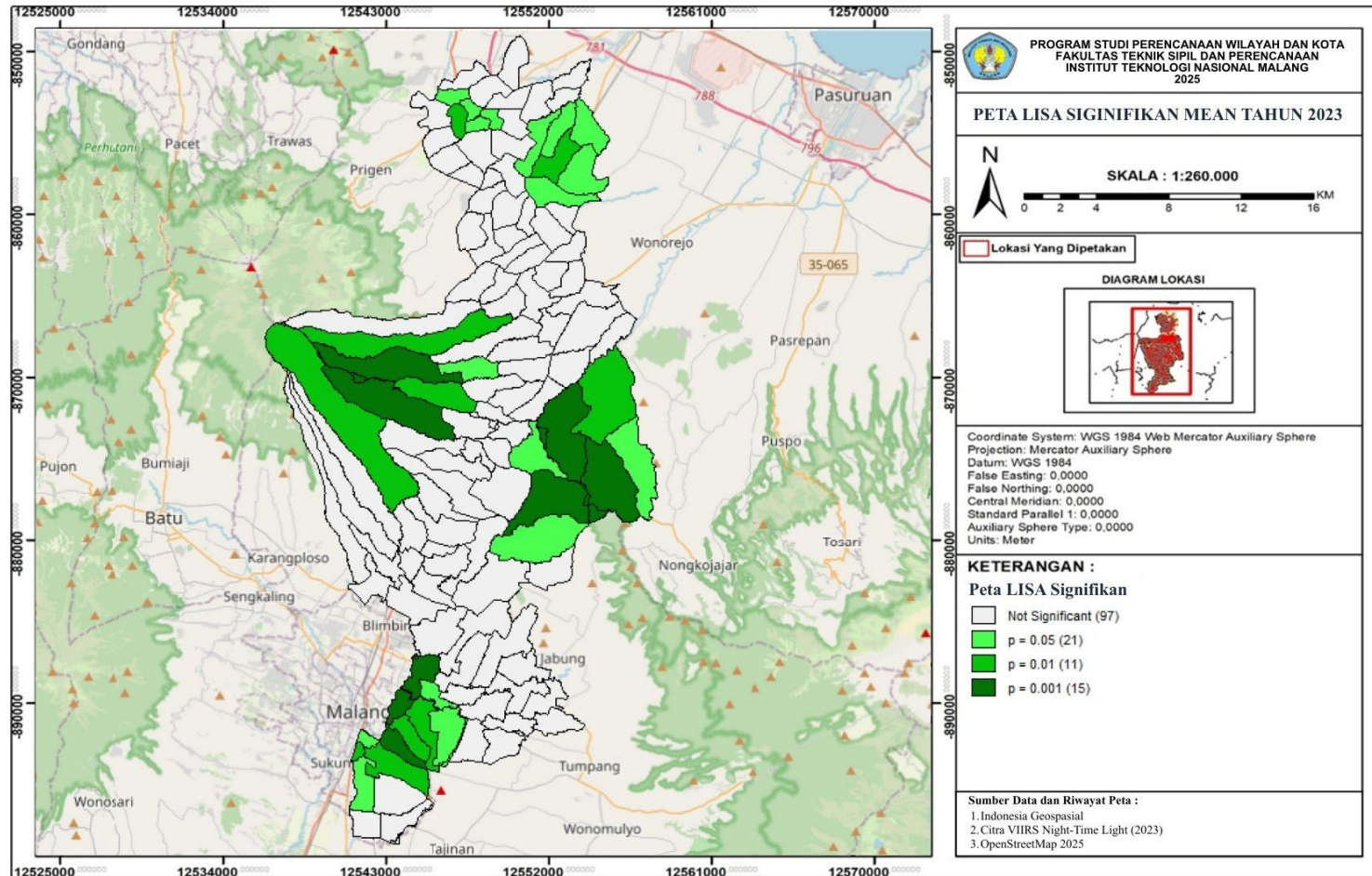
Peta 5. 26 Hasil LISA Signifikan Intensitas Night-Time Light Tahun 2018

Sumber : Hasil Analisa, 2025



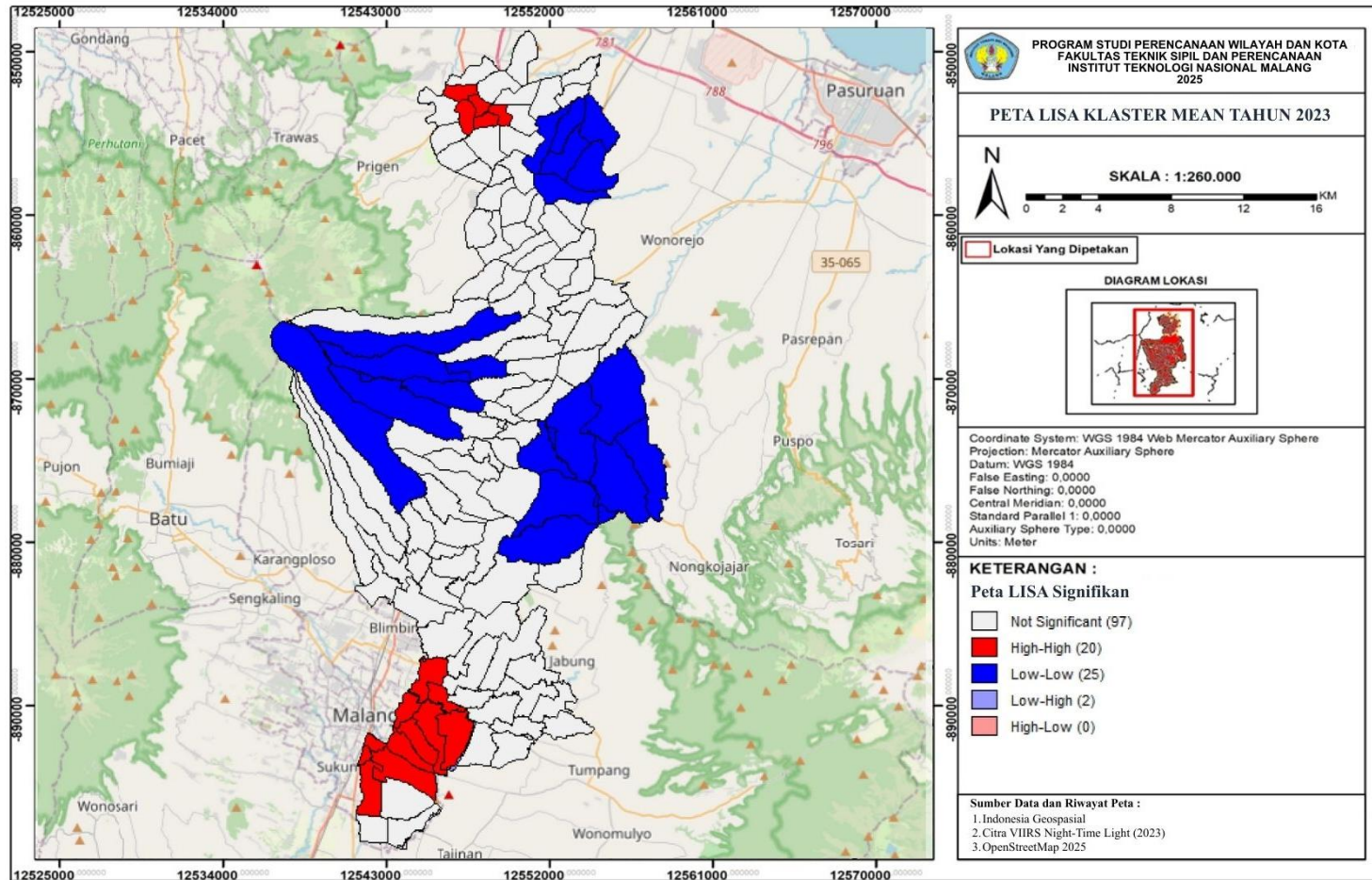
Peta 5. 27 Hasil LISA Klaster Intensitas Night-Time Light Tahun 2018

Sumber : Hasil Analisa, 2025



Peta 5. 28 Hasil LISA Signifikan Intensitas Night-Time Light Tahun 2023

Sumber : Hasil Analisa, 2025



Peta 5. 29 Hasil LISA Klaster Intensitas Night-Time Light Tahun 2023

Sumber : Hasil Analisa, 2025

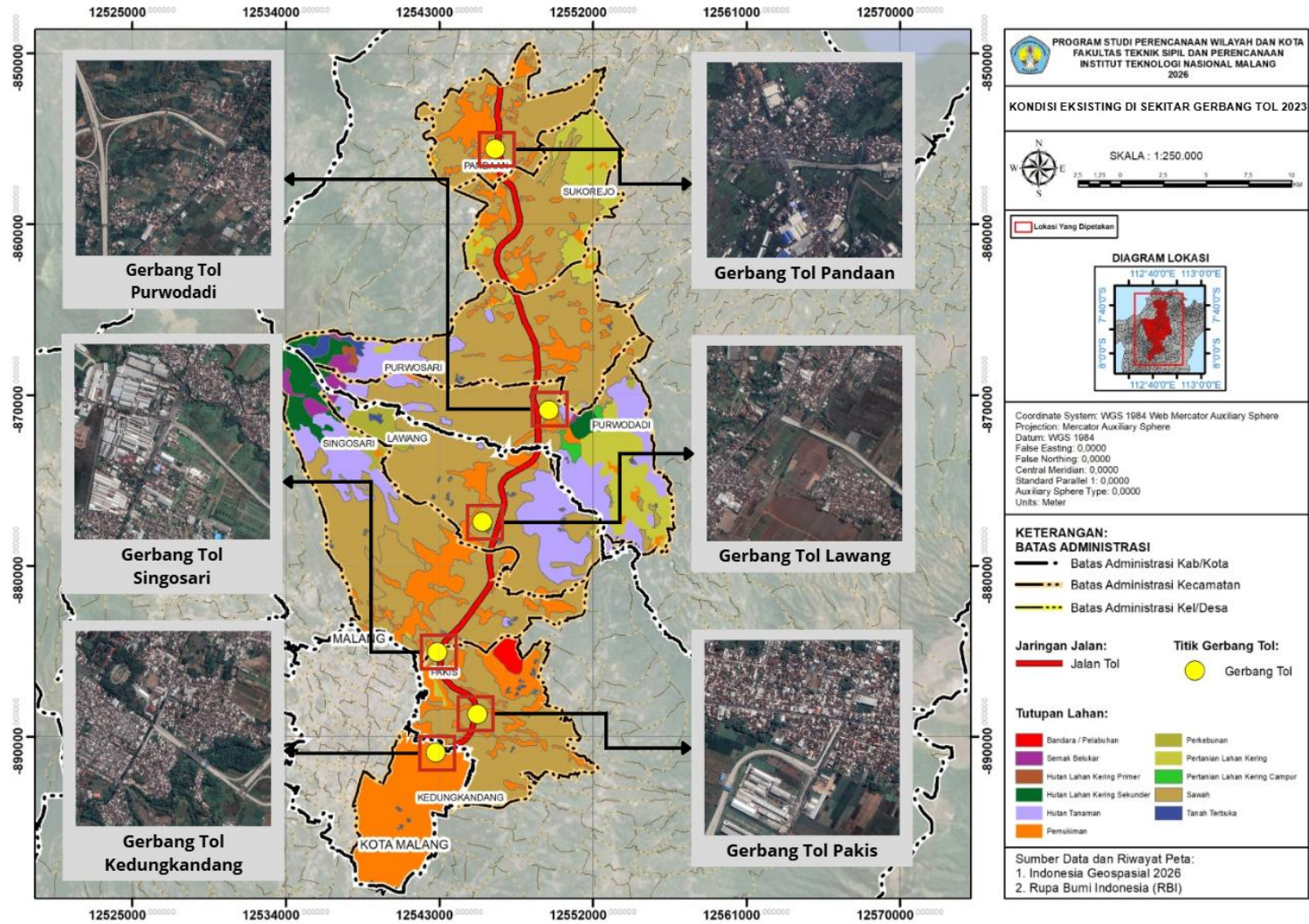
5.3 Analisis kesesuaian NTL dengan Tutupan Lahan di koridor Jalan Tol Pandaan

Hasil analisis LISA menggunakan variabel Akumulasi dan Intensitas NTL pada tahun 2013, 2018, dan 2023 menunjukkan bahwa aktivitas sosial ekonomi di kawasan sekitar Gerbang Tol Pandaan - Malang membentuk pola spasial yang tidak acak dan cenderung terkelompok. Nilai Moran's I yang positif pada seluruh periode pengamatan mengindikasikan adanya autokorelasi spasial signifikan, baik dalam aspek akumulasi total aktivitas (SUM NTL) maupun kepadatan aktivitas (MEAN NTL). Temuan ini menegaskan bahwa aktivitas sosial ekonomi tidak tersebar merata, melainkan membentuk klaster-klaster lokal yang saling berkaitan secara spasial.

Analisis LISA berbasis SUM NTL memperlihatkan bahwa klaster High -High (HH) berkembang pada wilayah dengan skala aktivitas besar, terutama di sekitar simpul gerbang tol dan sepanjang koridor jalan tol. Pola ini mencerminkan konsentrasi akumulasi aktivitas sosial ekonomi yang bersifat regional, di mana wilayah dengan nilai NTL tinggi dikelilingi oleh wilayah lain dengan karakteristik serupa. Sebaliknya, klaster Low-Low (LL) umumnya berada pada kawasan yang masih didominasi oleh lahan pertanian, ruang terbuka hijau, dan area non-terbangun, yang menunjukkan tingkat aktivitas malam hari relatif rendah.

Sementara itu, analisis LISA Intensitas NTL menunjukkan pola pengelompokan yang lebih kuat dan stabil, yang merepresentasikan intensifikasi dan kepadatan aktivitas dalam satuan ruang yang lebih kecil. Klaster HH pada Intensitas NTL mengindikasikan wilayah dengan aktivitas sosial ekonomi padat dan berkelanjutan, seperti kawasan permukiman, perdagangan, jasa, dan area terbangun di sekitar gerbang tol. Hal ini sejalan dengan interpretasi citra satelit resolusi tinggi tahun 2023 yang memperlihatkan pemadatan permukiman dan peningkatan area terbangun di sekitar Pandaan, Pakis, Singosari, hingga Kedungkandang.

Perbandingan antarperiode menunjukkan bahwa struktur spasial aktivitas sosial ekonomi mengalami penguatan bertahap dari tahun 2013 ke 2018 dan mencapai fase pemantapan pada tahun 2023. Peningkatan nilai Akumulasi dan Intensitas NTL pada seluruh kecamatan - seperti Singosari, Pakis, Kedungkandang, Pandaan, hingga Purwodadi - menunjukkan bahwa pertumbuhan aktivitas tidak hanya bersifat lokal, tetapi juga semakin intensif secara spasial. Kecamatan dengan nilai Intensitas NTL tinggi, seperti Kedungkandang dan Pandaan, merepresentasikan kawasan dengan kepadatan aktivitas yang lebih tinggi, sedangkan kecamatan dengan nilai lebih rendah, seperti Purwodadi dan Purwosari, masih mencerminkan dominasi pemanfaatan ruang non-terbangun.



Peta 5.30 Korelasi Tutupan lahan
Sumber : Hasil analisis, 2025

5.4 Prediksi Dinamika Sosial Ekonomi Di Kawasan Sekitar Gerbang Tol Pandaan - Malang Hingga Tahun 2040 Berdasarkan Pola Perubahan *Cahaya Malam*.

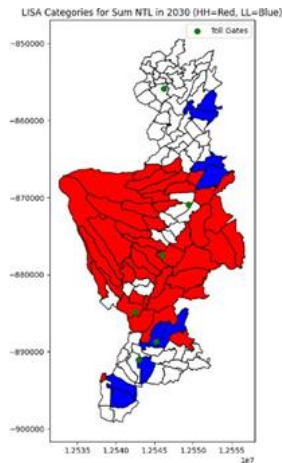
Setelah dilakukan analisis (NTL) pada periode 2013 - 2023 dan identifikasi pola pengelompokan spasial menggunakan LISA, tahap selanjutnya adalah menyusun prediksi dinamika perubahan untuk tahun 2030 dan 2040. Prediksi ini bertujuan untuk memberikan gambaran arah perkembangan aktivitas sosial - ekonomi wilayah di masa akan mendatang berdasarkan pola perubahan yang terbentuk pada periode pengamatan.

Dalam penelitian ini, prediksi dilakukan dengan memanfaatkan kecenderungan (tren) perubahan NTL serta struktur spasial yang terbentuk pada koridor Pandaan - Malang. NTL digunakan sebagai proksi aktivitas manusia karena merekam intensitas cahaya buatan pada malam hari yang berkaitan dengan keberadaan permukiman, fasilitas publik, pusat kegiatan ekonomi, dan aktivitas sosial - mobilitas. Dengan demikian, prediksi NTL tidak dimaknai sebagai angka pasti, melainkan sebagai indikasi kecenderungan area yang berpotensi mengalami penguatan aktivitas (intensifikasi) dan area yang cenderung berkembang lebih lambat.

Hasil prediksi disajikan dalam bentuk peta tematik tahun 2030 dan 2040, sehingga pembaca dapat melihat kemungkinan arah perluasan aktivitas serta wilayah yang berpotensi menjadi pusat pertumbuhan baru. Prediksi ini juga memberikan masukan awal terkait implikasi perencanaan wilayah, khususnya dalam mengantisipasi perkembangan kawasan di sekitar simpul aksesibilitas seperti gerbang tol dan koridor jaringan jalan utama.

5.4.1 Prediksi Akumulasi *Night – Time Light* Aktivitas Sosial Ekonomi pada Tahun 2030 dan 2040

Prediksi spasial berbasis Akumulasi NTL ini disusun sebagai kelanjutan dari hasil analisis dinamika historis (2013-2023) dan pola pengelompokan spasial menggunakan LISA. Dengan demikian, pola klaster *High-high (HH)* dan *Low-low (LL)* yang muncul pada peta prediksi tidak dimaknai sebagai hasil yang terlepas dari kondisi sebelumnya, melainkan sebagai proyeksi arah perkembangan spasial berdasarkan kecenderungan perubahan aktivitas sosial ekonomi yang telah teridentifikasi.



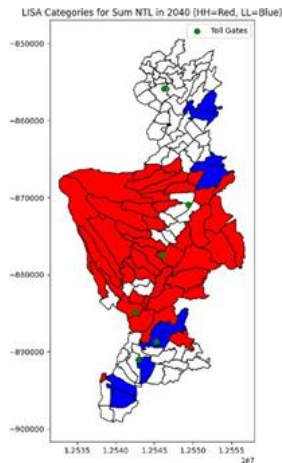
Gambar 5. 15 Prediksi dinamika Akumulasi Night-Time Light Tahun 2030

Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

Pada tahun 2030, pola kluster High-high (HH) masih mendominasi wilayah tengah hingga selatan, konsisten dengan kondisi hasil observasi tahun 2023. Namun demikian, hasil prediksi menunjukkan adanya pergeseran dan ekspansi kluster HH ke arah utara, mengikuti jalur utama koridor Pandaan-Purwosari-Lawang. Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan aktivitas sosial ekonomi cenderung berkembang secara terarah seiring dengan aksesibilitas koridor jalan tol.

Beberapa wilayah yang pada tahun 2023 masih berada pada kategori tidak signifikan diprediksi mulai beralih menjadi kluster HH pada tahun 2030. Perubahan ini mencerminkan munculnya kantong-kantong aktivitas baru, peningkatan pemanfaatan ruang, serta proses urbanisasi yang semakin merata di sepanjang koridor tol. Sementara itu, kluster Low-low (LL) menunjukkan kecenderungan berkurang dan semakin terkonsentrasi pada wilayah yang relatif jauh dari jaringan tol dan pusat aktivitas utama.

Secara keseluruhan, kondisi tahun 2030 dapat dipahami sebagai fase transisi menuju konsolidasi aktivitas, di mana wilayah inti menunjukkan kestabilan pola aktivitas, sementara wilayah sekitarnya mulai terintegrasi ke dalam struktur perkembangan koridor..



Gambar 5. 16 Prediksi dinamika Akumulasi Night-Time Light Tahun 2040

Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

Pada tahun 2040, klaster High-high (HH) diprediksi meluas secara hampir menyeluruh pada wilayah strategis yang terhubung langsung dengan koridor Jalan Tol Pandaan-Malang. Hampir seluruh ruas Pandaan-Purwosari-Lawang-Singosari-Pakis-Kedungkandang masuk dalam kategori HH, yang menunjukkan dominasi aktivitas sosial ekonomi jangka panjang yang semakin kuat dan terintegrasi.

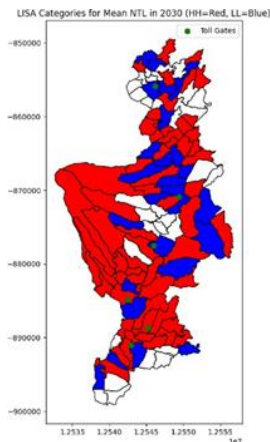
Kondisi ini mengindikasikan bahwa aksesibilitas yang tinggi berperan penting dalam menciptakan konsentrasi aktivitas secara berkelanjutan. Wilayah yang pada tahun 2030 masih berada pada fase transisi, pada tahun 2040 diprediksi berkembang menjadi pusat pertumbuhan baru yang lebih matang. Sebaliknya, klaster Low-low (LL) semakin menyusut dan cenderung terbatas pada wilayah pinggiran atau kawasan yang tidak memiliki konektivitas langsung dengan koridor tol maupun pusat permukiman.

Pola klaster HH yang membentuk struktur linier mengikuti koridor tol mencerminkan arah pertumbuhan aktivitas sosial ekonomi yang mengalir mengikuti infrastruktur utama. Secara keseluruhan, hasil prediksi tahun 2040 menunjukkan bahwa Jalan Tol Pandaan-Malang berperan sebagai katalis pembangunan jangka panjang yang mendorong konsentrasi dan penguatan aktivitas sosial ekonomi secara spasial.

5.4.2 Prediksi Intensitas Cahaya Aktivitas Sosial Ekonomi pada Tahun 2030 dan 2040

Prediksi LISA berbasis Intesnitias NTL untuk menggambarkan dinamika kepadatan aktivitas sosial ekonomi pada tingkat lokal di masa mendatang. Berbeda dengan Akumulasi NTL merepresentasikan akumulasi total aktivitas dalam suatu wilayah. Analisis prediksi Intensitas NTL memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai pola konsentrasi dan penyebaran kepadatan aktivitas sosial ekonomi di sepanjang koridor Jalan Tol Pandaan-Malang.

Prediksi disusun dengan mengacu pada kecenderungan perubahan historis periode 2013-2023 serta struktur pengelompokan spasial yang telah teridentifikasi melalui analisis LISA sebelumnya. Dengan demikian, hasil prediksi tidak dimaknai sebagai kondisi pasti, melainkan sebagai indikasi arah dan kecenderungan perkembangan kepadatan aktivitas sosial ekonomi pada masa mendatang.



Gambar 5. 17 Dinamika prediksi Intensitas Night-Time Light tahun 2030

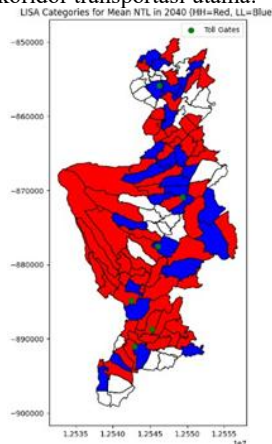
Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

Hasil prediksi LISA MEAN NTL tahun 2030 menunjukkan bahwa klaster *High-High (HH)* mulai menyebar secara lebih merata di sepanjang koridor Jalan Tol Pandaan-Malang. Pola ini mengindikasikan bahwa kepadatan aktivitas sosial ekonomi tidak lagi terkonsentrasi secara eksklusif pada titik-titik inti, melainkan mulai meluas mengikuti jalur aksesibilitas utama.

Wilayah-wilayah yang sebelumnya telah menunjukkan peningkatan intensitas aktivitas pada periode 2018-2023, seperti kawasan permukiman berkembang dan pusat kegiatan lokal, diprediksi

mengalami penguatan kepadatan aktivitas secara spasial. Hal ini mencerminkan bertambahnya intensitas penggunaan ruang, peningkatan kepadatan permukiman, serta berkembangnya aktivitas jasa dan perdagangan yang saling terhubung antarwilayah.

Di sisi lain, wilayah yang relatif jauh dari simpul akses tol dan jaringan jalan utama masih cenderung berada dalam klaster *Low-Low* (LL). Kondisi ini menunjukkan bahwa manfaat peningkatan kepadatan aktivitas yang dipicu oleh keberadaan infrastruktur tol pada tahun 2030 belum tersebar secara merata. Secara keseluruhan, tahun 2030 dapat dipahami sebagai fase transisi, di mana kepadatan aktivitas mulai menyebar keluar dari kawasan inti dan membentuk pola penguatan awal di sepanjang koridor transportasi utama.



Gambar 5. 18 Dinamika prediksi Intensitas Night-Time Light tahun 2040

Sumber : Kajian Penelitian Analisis 2025

Pada tahun 2040, hasil prediksi LISA MEAN NTL menunjukkan bahwa klaster *High-High* (HH) semakin menguat dan membentuk struktur pengelompokan yang lebih solid, terutama pada wilayah tengah hingga selatan koridor Pandaan-Malang. Pola ini mengindikasikan bahwa kepadatan aktivitas sosial ekonomi tidak hanya meningkat, tetapi juga mengalami konsolidasi dan stabilisasi dalam jangka panjang.

Ekspansi dan penguatan klaster HH pada tahun 2040 mencerminkan beberapa proses utama, antara lain peningkatan kepadatan permukiman, penguatan aktivitas komersial dan jasa, serta mobilitas penduduk yang semakin terpusat pada wilayah dengan aksesibilitas tinggi. Kondisi ini memperlihatkan bahwa koridor Jalan Tol Pandaan-Malang berkembang sebagai sumbu pertumbuhan linear, di mana intensitas aktivitas sosial

ekonomi mengikuti struktur jaringan transportasi utama.

Sementara itu, klaster *Low-Low (LL)* tetap bertahan pada wilayah yang berada di bagian pinggiran dan memiliki keterbatasan akses terhadap simpul transportasi dan pusat aktivitas. Persistensi klaster LL hingga tahun 2040 mengindikasikan adanya disparitas spasial yang berkelanjutan, di mana wilayah dengan aksesibilitas rendah cenderung mengalami perkembangan kepadatan aktivitas yang lebih lambat.

Secara keseluruhan, prediksi LISA MEAN NTL tahun 2040 menunjukkan bahwa kepadatan aktivitas sosial ekonomi di kawasan penelitian telah memasuki fase pematangan, dengan pola spasial yang semakin terstruktur dan stabil. Jalan Tol Pandaan-Malang berperan penting dalam membentuk konsentrasi kepadatan aktivitas, sekaligus menegaskan bahwa aksesibilitas merupakan faktor kunci dalam dinamika perkembangan wilayah jangka panjang.

5.4.3 Sintesa Prediksi Akumulasi dan Intensitas Aktivitas Sosial Ekonomi Tahun 2030 dan 2040

Sintesis prediksi LISA Akumulasi dan Intensitas NTL dilakukan untuk memahami arah dan karakter perubahan aktivitas sosial ekonomi kawasan sekitar Jalan Tol Pandaan-Malang pada masa mendatang. Kedua indikator ini merepresentasikan dimensi yang berbeda namun saling melengkapi, di mana SUM NTL menunjukkan akumulasi total aktivitas, sedangkan MEAN NTL mencerminkan kepadatan dan intensitas aktivitas dalam satuan ruang.

Pada tahun 2030, hasil prediksi menunjukkan bahwa klaster *High-High (HH)* pada Akumulasi NTL masih mendominasi wilayah inti koridor tol dan mulai mengalami perluasan ke wilayah sekitarnya. Sementara itu, pada MEAN NTL, klaster HH mulai menyebar secara lebih merata di sepanjang koridor, menandakan fase transisi di mana ekspansi aktivitas mulai diikuti oleh peningkatan intensitas lokal, meskipun belum sepenuhnya terkonsolidasi.

Memasuki tahun 2040, prediksi LISA SUM dan MEAN NTL menunjukkan pola yang semakin selaras. Klaster HH tidak hanya meluas secara spasial, tetapi juga semakin menguat dan stabil, terutama pada wilayah dengan aksesibilitas tinggi terhadap jalan tol. Kondisi ini menunjukkan bahwa kawasan sekitar koridor tol mengalami fase pematangan, di mana pertumbuhan aktivitas sosial ekonomi tidak hanya bersifat meluas, tetapi juga semakin intensif.

Secara keseluruhan, sintesis ini menunjukkan bahwa perubahan aktivitas sosial ekonomi di kawasan sekitar Jalan Tol Pandaan-Malang bergerak dari fase ekspansi menuju konsolidasi. Jalan tol berperan sebagai sumbu pertumbuhan yang mendorong terbentuknya pola pengelompokan spasial aktivitas yang semakin terstruktur, dengan keterkaitan yang kuat antara akumulasi dan intensitas aktivitas hingga tahun 2040.