



Analisis Spasial Dan Temporal Tingkat Kebisingan Di Area Bandara Sam Ratulangi Menggunakan Geographic Information System

Recky D. M. A. Keintjem^{#a}, Steeva G. Rondonuwu^{#b}, Pingkan A. K. Pratas^{#c}

^{#a}Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^areckydauid74@gmail.com, ^bsteeva_rondonuwu@unsrat.ac.id, ^cpingkanpratas@unsrat.ac.id

Abstrak

Kebisingan merupakan salah satu bentuk polusi lingkungan yang dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan dan kenyamanan masyarakat, terutama di area sekitar bandara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kebisingan di permukiman sekitar Bandara Internasional Sam Ratulangi, yaitu Kelurahan Lapangan, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, secara spasial dan temporal dengan menggunakan teknologi *Geographic Information System* (GIS) dan metodologi *noise mapping*. Pengukuran kebisingan dilakukan pada beberapa titik dengan radius 600 – 1000 meter dari bandara selama lima hari untuk memperoleh data variatif berdasarkan waktu dan lokasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kebisingan di beberapa area permukiman melebihi baku mutu kebisingan yang ditetapkan dalam Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 yaitu 55 dBA, dengan nilai tertinggi pada pagi hari mencapai 73,27 dBA, kemudian di siang hari nilai tertinggi mencapai 75,97 dBA, dan pada sore hari nilai tertinggi mencapai 73,11 dBA. Analisis spasial menunjukkan bahwa tingkat kebisingan tertinggi berada pada area yang berdekatan langsung dengan jalur penerbangan pesawat, sementara analisis temporal mengungkapkan adanya variasi tingkat kebisingan yang signifikan pada jam-jam sibuk penerbangan.

Kata kunci: kebisingan, Bandara Sam Ratulangi, GIS, noise mapping, analisis spasial dan temporal

1. Pendahuluan

Salah satu jenis polusi yang paling sering terjadi di wilayah perkotaan, terutama di sekitar area bandara, adalah kebisingan. Kebisingan dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia, seperti gangguan tidur, stres, dan gangguan pendengaran (WHO, 2018). Oleh karena itu, sangat penting untuk memantau dan mengelola tingkat kebisingan di kawasan permukiman.

Kelurahan Lapangan di Kota Manado, Sulawesi Utara, merupakan salah satu wilayah permukiman yang terletak di dekat Bandara Internasional Sam Ratulangi. Kedekatan ini menjadikan Kelurahan Lapangan rentan terhadap polusi kebisingan akibat aktivitas penerbangan, seperti keberangkatan dan kedatangan pesawat, serta operasional kendaraan di sekitar bandara. Situasi ini menimbulkan tantangan bagi warga dalam menjaga kualitas lingkungan tempat tinggalnya, terutama untuk memenuhi baku mutu kebisingan yang telah diterapkan.

Penelitian ini diawali dengan beberapa rumusan masalah seperti Bagaimana gambaran tingkat kebisingan di Kelurahan Lapangan sekitar Bandara Internasional Sam Ratulangi, bagaimana pola dan tren kebisingan di Bandara Internasional Sam Ratulangi berdasarkan analisis spasial dan temporal.

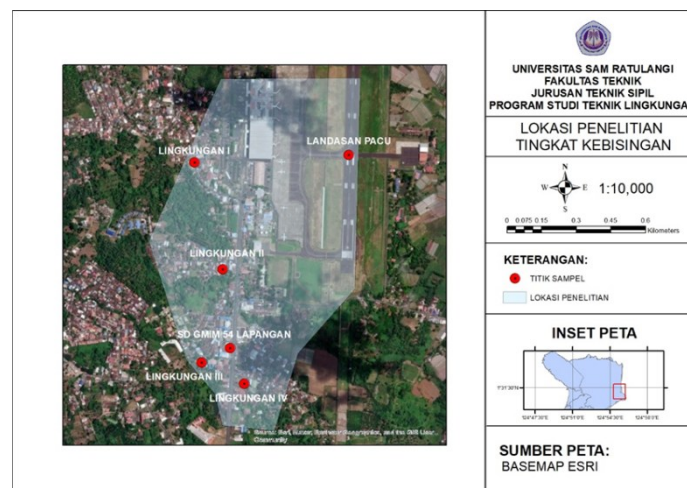
Batasan permasalahan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain Lokasi pengukuran dilakukan pada daerah permukiman Kelurahan Lapangan yang berdekatan dengan Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado, mengkaji tingkat kebisingan yang hanya dihasilkan oleh aktivitas operasional bandara, seperti pesawat terbang, kendaraan di area bandara, dan aktivitas lainnya, pengukuran tingkat kebisingan dilakukan selama periode waktu tertentu yang mewakili kondisi operasional bandara secara umum, analisis data hanya untuk mengukur

tingkat kebisingan yang diperoleh.

Tujuan pokok pelaksanaan penelitian adalah menganalisis dan memetakan tingkat kebisingan di Kelurahan Lapangan sekitar Bandara Internasional Sam Ratulangi, mengidentifikasi pola dan tren kebisingan di Kelurahan Lapangan berdasarkan analisis spasial dan temporal.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Kelurahan Lapangan Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara, ada lokasi 5 yaitu Lingkungan I dengan jarak 600 m dari landasan pacu, Lingkungan II dengan jarak 700 m dari landasan pacu, SD GMIM 54 Lapangan dengan jarak 800 m landasan pacu, Lingkungan III dengan jarak 900 m dari landasan pacu, dan Lingkungan IV dengan jarak 1000 m dari landasan pacu. Waktu penelitian dilakukan selama 5 hari pada jam kerja.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Tingkat Kebisingan Kelurahan Lapangan

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan *sound level meter* yang berjenis *Deli Noise Meter DL-333201*. Data sekunder mencakup data jadwal penerbangan pesawat Bandara Sam Ratulangi, serta peta geografis dari Google Earth dan Basemap ESRI.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengukur dan menganalisis tingkat kebisingan di sekitar Kelurahan Lapangan secara obyektif dan terukur. Kemudian data kebisingan dikumpulkan dari data primer seperti data tingkat kebisingan yang diambil dari sekitar Kelurahan Lapangan dengan radius 600 – 1000 meter, dan data sekunder yang diperoleh dari pihak bandara seperti jadwal penerbangan, serta peta geografis dari GIS, lalu analisis data dilakukan dengan menggunakan metode statistik seperti regresi linear untuk melihat hubungan jarak dari bandara dengan tingkat kebisingan, serta analisis varians atau ANOVA untuk menentukan perbedaan signifikan dalam tingkat kebisingan pada waktu berbeda. Kemudian teknologi pemetaan kebisingan yang akan digunakan adalah aplikasi ArcGIS untuk memvisualisasikan sebaran kebisingan di sekitar bandara.

2.1. Alat dan Bahan

Untuk melakukan pengukuran diperlukan alat *sound level meter* untuk mengukur tingkat kebisingan, jenis alat SLM yang digunakan adalah *Deli Noise Meter DL – 333201*, *stopwatch* untuk menghitung waktu pengambilan sampel, serta formulir pengisian data tingkat kebisingan.

2.2. Pengamatan dan Pengambilan Sampel

Pengamatan dilakukan terhadap tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh aktivitas penerbangan dari pesawat di Kelurahan Lapangan Kecamatan Mapanget, parameter yang diamati

yaitu desibel.

Pengambilan sampel dilakukan hanya 1 kali dari 5 lokasi yang berbeda.

- Sampel 1 yang beradius 600 m diambil pada salah satu permukiman di Kelurahan Lapangan, tepatnya pada Lingkungan I.
- Sampel 2 yang beradius 700 m diambil pada salah satu permukiman Kelurahan Lapangan, berada di Lingkungan II.
- Sampel 3 yang beradius 800 m diambil berada di sekitar SD GMIM 54 Lapangan.
- Sampel 4 yang beradius 900 m diambil pada salah satu permukiman di Lingkungan III.
- Sampel 5 yang beradius 1000 m diambil pada salah satu permukiman di Lingkungan IV.

Untuk perhitungan tingkat kebisingan dilakukan selama 5 hari bergantung pada kondisi cuaca, ataupun aktivitas bandara dan dilakukan pada pagi hari (jam 08.00 – 10.00), siang hari (12.00 – 14.00), sore hari (16.00 – 18.00) dengan selisih 10 menit masing-masing per jam dan pembacaan dilakukan setiap 5 detik dari 5 titik yang berbeda, sehingga jumlah data yang diperoleh masing-masing titik sebanyak 120 data.

2.3. Analisis Data

Perhitungan data dihitung secara manual dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Jumlah kelas = $1 + 3,3 \log N$

Interval = $\frac{\text{Nilai Max} - \text{Nilai Min}}{\text{Jumlah Kelas}}$

$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N freq \times 10^{\frac{mid}{10}} \right) dB(A)$(Anggraini dkk, n.d)

Dengan:

Leq	= Nilai kebisingan equivalen
Mid	= Nilai titik Tengah interval kelas
N	= Banyaknya data
Freq	= Frekuensi data pada interval

Leq adalah tingkat kebisingan eqivalen atau tingkat kebisingan terukur dari masing-masing waktu pengukuran dinyatakan dengan satuan dB(A). Nilai Leq ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang batas yang ditetapkan pemerintah untuk daerah permukiman.

2.4. Desain Penelitian

Metode penelitian dalam skripsi ini diawali dengan tahap studi literatur, yang bertujuan untuk memahami konsep kebisingan pesawat, dampaknya terhadap lingkungan, serta metode pemetaan menggunakan GIS. Setelah memahami teori yang relevan, dilakukan observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan di lokasi penelitian serta menentukan titik-titik pengukuran kebisingan yang strategis.

Pengukuran kebisingan dilakukan menggunakan SLM, dengan fokus pada pengambilan data tingkat kebisingan rata-rata (Leq) dalam satuan desibel (dBA). Setelah data terkumpul, dilakukan analisis data untuk mengidentifikasi pola kebisingan berdasarkan waktu dan lokasi. Data ini kemudian diproses menggunakan perangkat lunak GIS untuk menghasilkan peta kontur kebisingan, yang menunjukkan distribusi spasial tingkat kebisingan di Kelurahan Lapangan.

Hasil analisis kemudian dibahas dengan mengacu pada standar kebisingan yang berlaku, seperti Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, serta dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Pembahasan ini juga mencakup faktor-faktor yang mempengaruhi variasi kebisingan di lokasi penelitian. Dari hasil penelitian, disusun kesimpulan mengenai tingkat kebisingan pesawat secara spasial dan temporal, serta diberikan saran terkait mitigasi dampak kebisingan dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Dengan selesainya seluruh tahapan penelitian, laporan skripsi pun disusun sebagai bentuk akhir dari studi ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan titik sampling kemudian diukur kebisingan yang terjadi pada titik tersebut menggunakan alat SLM. Sumber kebisingan berasal dari pesawat yang sedang

melakukan keberangkatan dan kedatangan. Kemudian data akan dibandingkan dengan Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 dengan ketentuan kawasan permukiman sebesar 55 dB. Berikut adalah contoh perhitungan untuk Leq:

Rumus yang digunakan:

$$\text{Jumlah kelas} = 1 + 3,3 \log N$$

$$\text{Interval} = \frac{\text{Nilai Max} - \text{Nilai Min}}{\text{Jumlah Kelas}}$$

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N freq \times 10^{\frac{mid}{10}} \right) dB(A)$$

3.1.1 Pengukuran Tingkat Kebisingan Pada Radius 600 Meter

Tabel 1. Hasil Pengukuran Titik A Pada Pagi Hari

No.	Interval	Frekuensi	Mid	Mid/10	$10^{\text{mid}/10} \times \text{frekuensi}$
1	50,4 – 53,5	6	52,03	5,203	958263
2	53,5 – 56,6	16	55,11	5,511	5192422
3	56,6 – 59,7	25	58,15	5,815	16320746
4	59,7 – 62,8	21	61,15	6,115	27381510
5	62,8 – 65,9	11	64,52	6,452	31132276
6	65,9 – 69	15	67,31	6,731	80678521
7	69 – 72,1	21	70,56	7,056	238744613
8	72,1 – 74,9	5	72,90	7,290	97492230
Jumlah		120			497900579

Selanjutnya data di atas dimasukkan ke dalam rumus Leq:

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{N} \left(\sum freq \times 10^{\frac{mid}{10}} \right) \right)$$

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{120} (497900579) \right) = 66,18 \text{ dBA}$$

Tabel 2. Hasil Leq Di Radius 600 Meter

Radius 600 Meter	
Waktu	Leq
Pagi	66.18
Siang	74.97
Sore	67.85

Berdasarkan pada Tabel 2 menggambarkan nilai Leq pagi hari menunjukkan tingkat kebisingan sebesar 66,18 dBA, yang sudah berada di ambang batas untuk kawasan permukiman. Kebisingan lebih tinggi terjadi pada siang hari dengan 74,97 dBA, melebihi ambang batas, dan kembali menurun pada sore hari menjadi 67,85 dBA. Perbedaan ini menunjukkan aktivitas bandara yang lebih padat pada siang hari, dikarenakan oleh jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat yang lebih intensif.

3.1.2 Pengukuran Tingkat Kebisingan Pada Radius 700 Meter

Tabel 3. Hasil Leq Di Radius 700 Meter

Radius 700 Meter	
Waktu	Leq
Pagi	64.17
Siang	75.97
Sore	73.11

Pada Tabel 3 menunjukkan kebisingan pada radius 700 meter. Pada pagi hari tingkat kebisingan berada 64,17 dBA, meningkat menjadi 75,97 dBA pada siang hari, dan kembali menurun di sore hari menjadi 73,11 dBA. Pola ini konsisten dengan titik di radius 600 meter, mengindikasikan pengaruh signifikan aktivitas pesawat terhadap variasi temporal kebisingan.

3.1.3 Pengukuran Tingkat Kebisingan Pada Radius 800 Meter

Tabel 4. Hasil Leq Di Radius 800 Meter

Radius 800 Meter	
Waktu	Leq
Pagi	73.27
Siang	67.73
Sore	67.52

Tabel 4 menunjukkan penurunan kebisingan dibandingkan radius sebelumnya. Nilai Leq pagi hari adalah 73,27 dBA, pada siang hari menurun ke 67,73 dBA, dan kembali menurun pada sore hari menjadi 67,52 dBA. Tren ini menunjukkan efek peluruhan suara seiring dengan meningkatnya jarak dari sumber kebisingan.

3.1.4 Pengukuran Tingkat Kebisingan Pada Radius 900 Meter

Tabel 5. Hasil Leq Di Radius 900 Meter

Radius 900 Meter	
Waktu	Leq
Pagi	60.08
Siang	72.38
Sore	71.00

Pada Tabel 5 memperlihatkan penurunan signifikan pada tingkat kebisingan di pagi hari sebesar 60,08 dBA, siang hari 72,38 dBA, dan sore hari 71,00 dBA. Hal ini mengindikasikan area ini masih berada di atas ambang batas untuk kawasan permukiman berdasarkan Kepmen LH No. 48 Tahun 1996.

3.1.5 Pengukuran Tingkat Kebisingan Pada Radius 1000 Meter

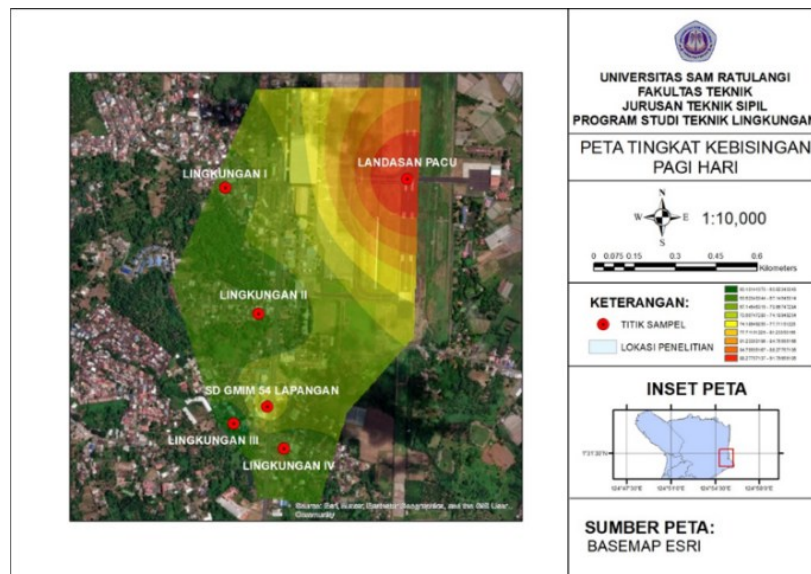
Tabel 6 menunjukkan kebisingan pagi hari di 65,45 dBA, siang hari 60,95 dBA, dan sore hari meningkat sedikit di 61,38 dBA. Data ini menunjukkan bahwa kebisingan berkurang secara signifikan pada jarak ini, di mana mendekati pada ambang batas untuk kawasan permukiman.

Tabel 6. Hasil Leq Di Radius 1000 Meter

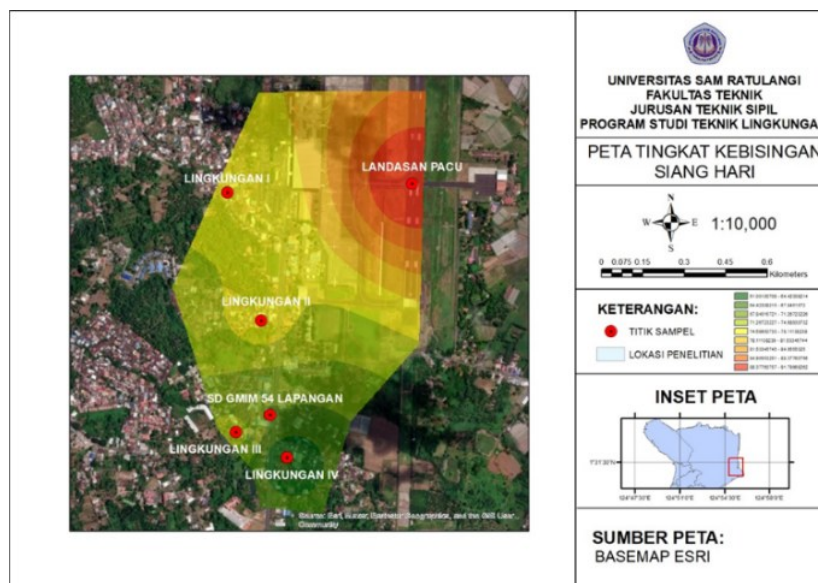
Radius 1000 Meter	
Waktu	Leq
Pagi	65.45
Siang	60.95
Sore	61.38

3.2 Persebaran Kebisingan

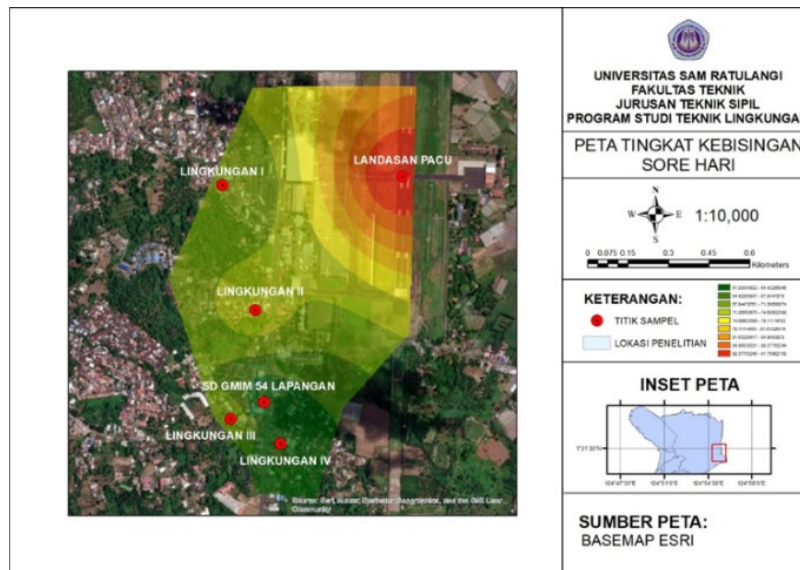
Berikut adalah gambaran persebaran kebisingan yang terjadi di lokasi penelitian pada pagi, siang, dan sore hari.

**Gambar 2.** Peta Persebaran Kebisingan Pagi Hari

Dari peta ini terlihat bahwa kebisingan tinggi terkonsentrasi di area dekat bandara, terutama di jalur penerbangan pesawat. Jarak yang lebih jauh menunjukkan penurunan tingkat kebisingan, mencerminkan efek peluruhan suara.

**Gambar 3.** Peta Persebaran Kebisingan Siang Hari

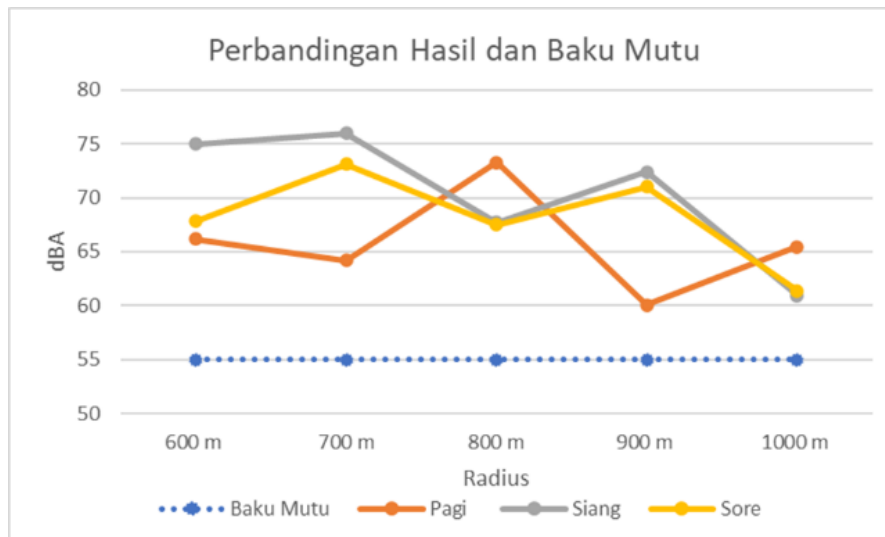
Gambar 3 menunjukkan intensitas kebisingan pada siang hari lebih luas dibandingkan pada pagi hari, dengan area merah-kuning yang lebih dominan terutama di jalur utama pesawat terbang serta Lingkungan I dan II. Hal ini menunjukkan peningkatan aktivitas penerbangan yang signifikan pada waktu ini, sehingga berdampak langsung pada wilayah permukiman di sekitar bandara.



Gambar 4. Peta Persebaran Kebisingan Sore Hari

Pada Gambar 4 menunjukkan area dengan tingkat kebisingan tinggi mulai berkurang dibandingkan pada siang hari, tetapi masih terdapat beberapa wilayah yang berada di atas ambang batas baku mutu kebisingan untuk permukiman (55 dBA). Pola ini menunjukkan penurunan aktivitas penerbangan di sore hari, yang berdampak pada berkurangnya intensitas kebisingan.

3.3 Perbandingan Hasil Tingkat Kebisingan dan Baku Mutu



Gambar 5. Grafik Perbandingan Hasil Tingkat Kebisingan dan Baku Mutu

Pada grafik Gambar 5 membandingkan nilai rata-rata kebisingan di setiap radius dengan baku mutu kebisingan menurut Kepmen LH No. 48 Tahun 1996. Hasil menunjukkan bahwa radius 600 – 1000 meter memiliki beberapa waktu pengukuran yang melebihi ambang batas 55 dBA untuk kawasan permukiman.

3.4 Uji Statistik

3.4.1 Regresi Linear

1. Pagi Hari

Tabel 7. Hasil Uji Signifikansi Parsial

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	70.270	13.942		5.040	.015
	Jarak	-.006	.017	-.184	-.323	.768

a. Dependent Variable: Tingkat_Kebisingan

Sumber: Olah Data SPSS

Tabel 8. Hasil Uji Regresi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.184 ^a	.034	-.288	5.427

a. Predictors: (Constant), Jarak

b. Dependent Variable: Tingkat_Kebisingan

Sumber: Olah Data SPSS

Pada Tabel 7 $p\text{-value} = 0,768$ atau $> 0,05$ yang berarti memiliki pengaruh yang tidak signifikan atau jarak tidak berpengaruh terhadap kebisingan di pagi hari. Pada Tabel 8 koefisien determinasi = 0,034, artinya hanya 3,4% variasi kebisingan yang dapat dijelaskan oleh jarak dari bandara, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

2. Siang Hari

Tabel 9. Hasil Uji Signifikansi Parsial

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	95.704	10.718		8.929	.003
	Jarak	-.032	.013	-.811	-2.397	.096

Dependent Variable: Tingkat_Kebisingan

Sumber: Olah Data SPSS

Tabel 10. Hasil Uji Regresi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.811 ^a	.657	.543	4.172

a. Predictors: (Constant), Jarak

b. Dependent Variable: Tingkat_Kebisingan

Sumber: Olah Data SPSS

Pada Tabel 9 $p\text{-value} = 0,096$ atau $> 0,05$ yang berarti tidak signifikan atau jarak tidak berpengaruh terhadap kebisingan di siang hari. Pada Tabel 10 koefisien determinasi = 0,657, artinya hanya 65,7% variasi kebisingan yang dapat dijelaskan oleh jarak dari bandara.

3. Sore Hari

Tabel 11. Hasil Uji Signifikansi Parsial

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	80.212	11.138		7.201	.006
	Jarak	-.015	.014	-.535	-1.098	.353

a. Dependent Variable: Tingkat Kebisingan

Sumber: Olah Data SPSS

Tabel 12. Hasil Uji Regresi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.535 ^a	.287	.049	4.336

a. Predictors: (Constant), Jarak

b. Dependent Variable: Tingkat Kebisingan

Sumber: Olah Data SPSS

Pada Tabel 11 $p\text{-value} = 0,353$ atau $> 0,05$ yang mengartikan tidak signifikan atau jarak tidak berpengaruh terhadap kebisingan di sore hari. Kemudian pada Tabel 12 koefisien determinasi = 0,287, artinya hanya 28,7% variasi kebisingan yang dapat dijelaskan oleh jarak dari bandara.

3.4.2 ANOVA (Analysis Of Variance)

Tabel 13. Hasil Uji Regresi

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	32802.79467	1	32802.79467	2385.876179	1.19964E-28	4.195972
Within Groups	384.96476	28	13.74874143			
Total	33187.75943	29				

Sumber: Olah Data Excel

Berdasarkan pada Tabel 13 nilai $F\text{-hitung} = 2385,88 > F\text{-tabel} = 4,20$ menunjukkan bahwa ada perbedaan yang sangat signifikan antara kelompok waktu pengukuran. Kemudian nilai $p\text{-value} = 0,00 < 0,05$, ini berarti menunjukkan bahwa waktu pengukuran memang mempengaruhi tingkat kebisingan.

3.4.3 Prediksi Radius

Untuk menghitung prediksi radius di mana tingkat kebisingan mencapai ambang batas tertentu, dapat menggunakan perhitungan Hukum Penyebaran Suara Secara Geometris atau Hukum Invers Kuadrat (Inverse Square Law) dalam akustik. Salah satu rumus dasar yang

digunakan adalah:

$$d2 = d1 \times 10^{\frac{Lp1-Lp2}{20}} \dots\dots(Barron, 2003)$$

Keterangan:

d2 = Jarak prediksi dari sumber kebisingan (meter)

d1 = Jarak awal dari sumber kebisingan (meter)

Lp1 = Tingkat kebisingan yang terukur pada jarak tertentu (d1)

Lp2 = Ambang batas kebisingan yang diizinkan (55 dBA untuk area permukiman)

Tabel 14. Hasil Prediksi Radius Untuk Mencapai Ambang Batas

Waktu	Radius
Pagi	3200 m
Siang	2000 m
Sore	2100 m

Berdasarkan prediksi radius menggunakan Hukum Invers Kuadrat, pada pagi hari, kebisingan menurun hingga 55 dBA pada jarak 3,2 km, sedangkan pada siang hari jarak ini lebih pendek, sekitar 2 km, serta sore hari menunjukkan pola serupa dengan jarak prediksi 2,1 km untuk mencapai batas kebisingan yang dapat diterima di area permukiman.

3.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, analisis tingkat kebisingan di permukiman sekitar Bandara Internasional Sam Ratulangi menunjukkan variasi spasial dan temporal yang signifikan.

Pengukuran tingkat kebisingan menunjukkan bahwa kebisingan tertinggi terjadi pada siang hari, dengan nilai Leq tertinggi 75,97 dBA di mana melebihi baku mutu yang ditetapkan untuk kawasan permukiman (55 dBA) berdasarkan Kepmen LH No. 48 Tahun 1996. Kebisingan pada pagi dan sore hari cenderung lebih rendah dibandingkan siang hari, tetapi pada beberapa titik masih berada di atas ambang batas yang diperbolehkan.

Hasil pemetaan menggunakan GIS menunjukkan bahwa persebaran kebisingan mengikuti pola aktivitas penerbangan. Pada pagi hari, kebisingan tinggi terkonsentrasi di dekat landasan pacu dan jalur penerbangan, dengan tingkat kebisingan menurun seiring bertambahnya jarak dari bandara. Saat siang hari, area dengan kebisingan tinggi lebih luas karena meningkatnya jumlah penerbangan. Sore hari menunjukkan pola serupa dengan pagi hari, tetapi masih ada beberapa titik yang mengalami kebisingan tinggi.

Ketika dibandingkan dengan standar kebisingan, hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa radius tertentu, terutama dalam jarak 600 – 1000 meter, mengalami kebisingan yang melebihi batas baku mutu untuk permukiman. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas bandara memberikan dampak langsung terhadap kualitas lingkungan di sekitar kawasan permukiman.

Analisis statistik menggunakan regresi linear menunjukkan bahwa hubungan antara jarak dan tingkat kebisingan tidak selalu signifikan pada semua waktu pengukuran. Dari hasil analisis pada pagi hari nilai $p\text{-value} = 0,768 > 0,05$ yang berarti memiliki pengaruh yang tidak signifikan atau jarak tidak berpengaruh terhadap kebisingan di pagi hari dan hanya 3,4% variasi kebisingan yang dapat dijelaskan oleh jarak dari bandara, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain, lalu berdasarkan pada grafik yang menggunakan pola polinomial, menunjukkan bahwa tingkat kebisingan tidak menurun secara konstan, tetapi mengalami fluktuasi. Lalu hasil analisis pada siang hari nilai $p\text{-value} = 0,096 > 0,05$ yang berarti tidak signifikan atau jarak tidak berpengaruh terhadap kebisingan di siang hari dan hanya 65,7% variasi kebisingan dapat dijelaskan oleh jarak dari bandara, dan berdasarkan pada grafik menunjukkan kecenderungan kebisingan turun dengan bertambahnya jarak, meskipun ada sedikit fluktuasi. Kemudian hasil analisis pada sore hari nilai $p\text{-value} = 0,353 > 0,05$ yang mengartikan tidak signifikan atau jarak tidak berpengaruh terhadap kebisingan di sore hari, dan hanya 28,7% variasi kebisingan dapat dijelaskan oleh jarak dari

bandara, dan berdasarkan pada grafik memperlihatkan penurunan kebisingan secara bertahap, dengan adanya sedikit kenaikan di beberapa titik. Kemudian dari hasil ANOVA menunjukkan bahwa nilai $F\text{-hitung} = 2385,88 > F\text{-tabel} = 4,20$ menunjukkan bahwa ada perbedaan yang sangat signifikan antara kelompok waktu pengukuran. Kemudian nilai $p\text{-value} = 0,00 < 0,05$, ini berarti menunjukkan bahwa waktu pengukuran memang mempengaruhi tingkat kebisingan.

Namun pada waktu pengukuran tingkat kebisingan di lokasi ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran secara langsung berupa, tingkat kebisingan yang berasal dari aktivitas kendaraan lalu lintas di sekitar, serta faktor cuaca yang sering hujan di beberapa waktu dapat berpengaruh pada hasil pengukuran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis spasial dan temporal tingkat kebisingan pesawat di Kelurahan Lapangan menggunakan GIS sebagai berikut, Pemetaan kebisingan menggunakan GIS menunjukkan bahwa kebisingan tinggi terkonsentrasi di sekitar landasan pacu dan jalur penerbangan, namun pada siang hari gambaran persebaran kebisingan mengalami peningkatan dibandingkan pada pagi dan sore hari. Kebisingan tertinggi terjadi pada siang hari, dengan nilai L_{eq} mencapai 75,97 dBA, yang melebihi ambang batas kebisingan untuk kawasan permukiman sebesar 55 dBA menurut Kepmen LH No. 48 Tahun 1996. Kebisingan pada pagi dan sore hari relatif lebih rendah dibandingkan siang hari, namun masih terdapat beberapa titik yang melebihi ambang batas baku mutu kebisingan.

Seiring bertambahnya jarak dari bandara, tingkat kebisingan mengalami penurunan, tetapi dalam radius 600 – 1000 meter masih ditemukan area dengan kebisingan di atas ambang batas yang diperbolehkan. Berdasarkan analisis statistik tidak ada pengaruh antara jarak dengan tingkat kebisingan, kemudian waktu pengukuran memang mempengaruhi tingkat kebisingan. Berdasarkan prediksi radius menggunakan Hukum Invers Kuadrat, pada pagi hari, kebisingan menurun hingga 55 dBA pada jarak 3,2 km, sedangkan pada siang hari jarak ini lebih pendek, sekitar 2 km, serta sore hari menunjukkan pola serupa dengan jarak prediksi 2,1 km untuk mencapai batasan kebisingan yang dapat diterima di area permukiman.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak terkait dalam proses penelitian yang telah mengizinkan peneliti untuk melakukan penelitian di Kelurahan Lapangan Kecamatan Mapanget, Kota Manado.

Referensi

- Amal, A. S., Baskoro, D., & Wulansari, I. Y. (2021). Analisis Spasial dan Temporal Tingkat Kebisingan di Sekitar Bandara Internasional Kualanamu Menggunakan Noise Mapping. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 32(2), 129–142.
- Amal, A. S., Rachmawati, R., & Riyadi, M. H. (2019). Analisis Temporal Tingkat Kebisingan Bandara Internasional Soekarno-Hatta Menggunakan Data Pemantauan Lingkungan. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 30(2), 181–196.
- Anggraini, D. R., Fitrianiingsih, Y., & Akbar, A. A. (n.d.). Analisis Tingkat Kebisingan dan Persebarannya Menggunakan Metode Noise Mapping Pada PLTD Siantan, Kalimantan Barat.
- Asri Handayani, D. (2022). Pemetaan Persebaran kebisingan Cv. Bralink Asri dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Dusun Kalimanggis-Morangan Desa Sindumartani.
- Asri, I. G. A. O., Wardana, I. D. G. R. W., & Wisnumurti, I. G. N. (2018). Evaluasi Tingkat Kebisingan di Sekitar Bandara Internasional Ngurah Rai Bali Menggunakan Noise Mapping. *Jurnal Spektran*, 6(1), 24–29.
- Balirante, M., Lefrandt, L. I. R., & Kumaat, M. (n.d.). Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Di Jalan Raya Ditinjau Dari Tingkat Baku Mutu Kebisingan Yang Diizinkan. *Jurnal Sipil Statik*, 8, 249–256
- Dea Rachmayati Anggraini, Yulisa Fitrianiingsih, & Aji Ali Akbar. (2021). Analisis Tingkat Kebisingan dan Persebarannya Menggunakan Metode Noise Mapping Pada PLTD Siantan, Kalimantan Barat. *JURLIS : Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 2(2), 1–10.
- Intan Warisanti, Steeva G. Rondonuwu, & Roski R. I. Legrans. (2024). Analisis Pengaruh Kebisingan Akibat Aktivitas Pesawat Pada Bandar Udara Sam Ratulangi Manado Terhadap Konsentrasi Belajar Siswa Di Sekolah. *TEKNO*, 22, 455–461. <https://doi.org/https://doi.org/10.35793/jts.v22i87.54720>
- Latief, H., et al. (2020). Spatial Analysis of Noise Pollution at Sultan Hasanuddin International Airport

- and Its Surrounding Areas. *Environmental Science and Technology*, 15(4), 142-156..
- Menteri, T. P. (1996). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang Baku tingkat Kebisingan. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup.
- Morillas, J. M., Gozalo, G. R., González, D. M., Moraga, P. A., & Vilchez-Gómez, R. (2018). Noise impact in the surroundings of a small airport. *Applied Acoustics*, 132, 7–16.
- Pedoman Praktikum Pengukuran Kebisingan Pada Mata Kuliah Manajemen, S. (n.d.). Modul Praktikum Seri 2 Pengukuran Kebisingan.
- Prasetyo, H. e. (2023). Aplikasi Metode Statistik dalam Analisis Kebisingan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 45-62.
- Primananda, Barry Prima. (2012) "Skripsi: Pemetaan Kebisingan Akibat Pesawat Dengan Software Integrated Noise Model (INM) Di Sekitar Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta". Depok.
- Rahmawati, D., Kusumawanto, A., & Sunaryono, L. T. (2017). Analisis Spasial Tingkat Kebisingan di Sekitar Bandara Internasional Juanda Surabaya Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 28(2), 139–152.
- Setiawan, R., & Rahman, A. (2022). Model Regresi Linear untuk Prediksi Kebisingan. *Jurnal Statistika*, 112-129.
- Situmeang, R., Suryaman, H., & Riwayatiningsih. (2020). Analisis Spasial dan Temporal Tingkat Kebisingan di Sekitar Bandara Internasional Polonia Medan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 31(1), 85–89.
- Susilo, R. (2023). Aplikasi ANOVA dalam Evaluasi Kebisingan. *Jurnal Lingkungan*, 201-218.
- Vogiatzis, K., & Remy, N. (2014). trategic noise mapping of the Athens Ring Road (Attiki Odos), Greece. *Science of the Total Environment*, 478, 27–36.