

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Kebisingan Kepadatan Lalu Lintas

Kebisingan kepadatan lalu lintas merujuk pada tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh jumlah kendaraan yang padat melintas pada suatu kawasan. Faktor-faktor seperti jumlah kendaraan, kecepatan, dan kerapatan lalu lintas berkontribusi pada tingkat kebisingan yang menggambarkan tingkat kebisingan yang diterima oleh suatu wilayah secara keseluruhan (Suroto, 2010). Dalam menentukan kebisingan kepadatan lalu lintas, beberapa hal perlu diperhatikan antara lain:

II.1.1 Tingkat Kebisingan Ekuivalen (Leq)

Tingkat kebisingan ekuivalen merupakan representasi dari bisingnya suatu kawasan. Pengukuran tingkat kebisingan ekuivalen di kawasan lalu lintas dilakukan setiap jeda 5 detik selama 10 menit (SNI 7231:2009). Untuk mengetahui tingkat kebisingan pada suatu wilayah dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Kep. Men LH, 1996):

$$Leq = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{T} \cdot \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right) \quad (II.1)$$

Keterangan:

Leq = Tingkat Kebisingan ekuivalen (dalam desibel, dB)

T= Durasi periode waktu pengukuran (dalam detik, s)

L(t)= Tingkat kebisingan pada saat t (dalam desibel, dB)

t₁= waktu awal pengukuran

t₂= waktu akhir pengukuran

II.1.2 Tingkat Kebisingan Siang Malam (L_{SM})

Tingkat kebisingan siang malam mengacu pada analisis intensitas kebisingan yang terjadi pada periode siang dan malam hari untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai dampak kebisingan di lingkungan sesuai dengan Kep 48 /MENLH/11/1996, 25 November 1996. Untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai dampak kebisingan di lingkungan terbagi menjadi beberapa klasifikasi :

1. Tingkat kebisingan pada siang hari (L_s) merupakan tingkat kebisingan yang terjadi pada siang hari dengan tingkat tekanan bunyi selama 16 jam yaitu antara pukul 06.00 - 22.00 dengan minimal pengambilan data selama 4 kali pengukuran dengan rentang frekuensi tertentu. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L_s = 10 \log \left(\frac{1}{16} (T_1 \cdot 10^{0.1L_1} + \dots + T_4 \cdot 10^{0.1L_4}) \right) \quad (II.2)$$

2. Tingkat kebisingan pada malam hari (L_m) merupakan tingkat kebisingan yang terjadi pada malam hari dengan tingkat tekanan bunyi selama 8 jam yaitu antara pukul 22.00 - 06.00 dengan minimal pengambilan data selama 3 kali pengukuran dengan rentang frekuensi tertentu. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L_m = 10 \log \left(\frac{1}{8} (T_5 \cdot 10^{0.1L_5} + \dots + T_7 \cdot 10^{0.1L_7}) \right) \quad (II.3)$$

3. Tingkat kebisingan pada siang dan malam hari (L_{sm}) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L_{sm} = 10 \log \left(\frac{1}{24} (16 \cdot 10^{0.1L_s} + \dots + 8 \cdot 10^{0.1(L_m+5)}) \right) \quad (II.4)$$

II.1.3 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintas pada suatu ruas jalan atau wilayah tertentu dalam suatu periode waktu (Sukirman, 1994). Volume lalu lintas diperoleh melalui perhitungan seluruh kendaraan yang melewati ruas jalan yang disurvei (Zulkipli, 2017). Dengan menggunakan formula volume lalu lintas, didapatkan informasi terkait tingkat aktivitas transportasi yang berkontribusi pada kebisingan di suatu lokasi. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung volume lalu lintas (MKJI, 1997):

$$Q = \frac{n}{T} \quad (\text{II.5})$$

Keterangan:

Q = Volume lalu lintas yang melewati satu titik penampang (kend/jam)

n = Jumlah kendaraan yang melewati suatu titik (smp);

T = Interval waktu pengamatan (jam)

II.1.4 Dampak Kebisingan Terhadap Kawasan Perkotaan

Kebisingan lalu lintas yang melampaui standar kualitas dapat memberikan dampak negatif pada individu yang beraktivitas di sekitar sumber kebisingan tersebut. Untuk mengurangi dampak kebisingan lalu lintas, beberapa pertimbangan perlu diperhatikan diantaranya, yaitu adanya korelasi antara tingkat kebisingan dan tingkat kesulitan dalam bekerja yang secara fisiologis dapat memengaruhi konsentrasi mental, meningkatkan tekanan darah, mempercepat denyut jantung, Intensitas kebisingan yang melampaui ambang batas juga dapat berdampak pada fungsi pendengaran mengganggu komunikasi pembicaraan, menyebabkan defisiensi performa kerja (Hartanto, 2011; Hisma S, 2014).

Berlandaskan pada Lampiran I Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11/1996 tanggal 25 November 1996, standar tingkat kebisingan diklasifikasikan berdasarkan fungsi setiap kawasan dan/atau penggunaan lahan. Informasi mengenai standar tingkat kebisingan tersebut dapat dilihat pada Tabel II.1 sebagai berikut (Kep. Men LH, 1996):

Tabel II. 1 Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Peruntukan Kawasan / Lingkungan Kesehatan	Tingkat Kebisingan dB(A)
a. Peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan Perdagangan	65
4. Ruang Terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus	
- Bandar Udara	-
- Stasiun Kereta Api	-
- Pelabuhan Laut	70
- Cagar Budaya	60
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat Ibadah atau sejenisnya	55

Selain kebutuhan informasi mengenai kebisingan di kawasan perkantoran, studi kasus pada penelitian ini fokus pada gedung perkantoran umum dengan SNI 03-6386 yang menetapkan tingkat kebisingan di dalam ruangan berada pada berikisar 40-45 dB(A) (SNI 03-6386, 2000). Standar ini penting untuk memastikan kenyamanan akustik di dalam ruang kerja pada gedung perkantoran, yang berpengaruh langsung terhadap produktivitas dan kesejahteraan karyawan kantor. Dengan menggunakan standar ini sebagai acuan, penelitian ini berusaha untuk menganalisis sejauh mana kondisi kebisingan yang ada sesuai dengan standar yang ditetapkan.

II.2 Dampak Kebisingan Rentang Frekuensi Terhadap Manusia

Kebisingan dalam rentang frekuensi dapat memberikan dampak yang berbeda terhadap manusia tergantung pada frekuensinya. Kebisingan frekuensi rendah, seperti suara dari mesin atau kendaraan berat, memiliki gelombang panjang yang sulit diserap dan dapat menembus struktur bangunan. Dampak negatif dari *low Frequency Noise* (LFN) dapat mencakup gangguan tidur, stres, dan masalah kesehatan fisik. Penelitian Pawlaczyk-Łuszczyńska dan rekan-rekan (2004) menunjukkan bahwa LFN pada tingkat moderat dapat memengaruhi fungsi visual, konsentrasi, perhatian kontinu, dan selektif, terutama pada individu yang sangat sensitif terhadap LFN (Pawlaczyk-Łuszczyńska dkk., 2004). Kemudian Pawlaczyk-Łuszczyńska dan rekan-rekan (2005) mendukung hipotesis lagi bahwa LFN pada tingkat yang biasanya terjadi di ruang kontrol (sekitar 50 dB(A)) dapat memengaruhi kinerja mental manusia secara negatif dan menyebabkan gangguan kerja (Pawlaczyk-Łuszczyńska dkk., 2005). Gejala seperti tekanan pada bola mata, sakit punggung, terbangun dari tidur, sakit leher, getaran telinga yang sering dan kelelahan kronis dikaitkan dengan kebisingan pada frekuensi rendah. SPL maksimum untuk kebisingan frekuensi rendah ini diperkirakan berada di rentang 56,6–88 dB(A) (Mahendra & Sridhar, 2008).

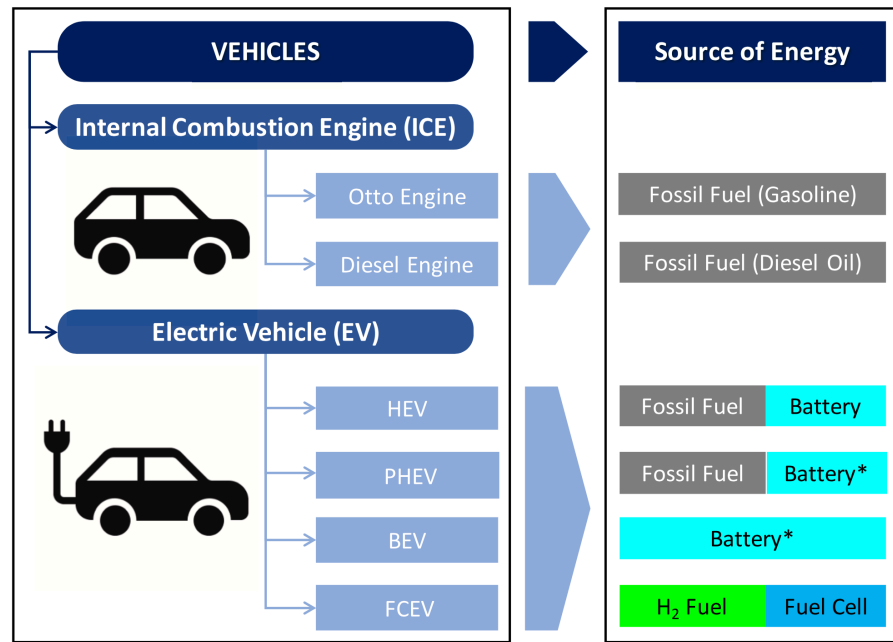
Kebisingan frekuensi menengah, sering berasal dari suara percakapan manusia, alat-alat kantor, beberapa peralatan industri, kendaraan dan lain sebagainya. Dampak kebisingan frekuensi menengah dapat mencakup gangguan komunikasi dan kelelahan mental. Kebisingan ini mengganggu percakapan dan komunikasi karena sering kali berada dalam rentang frekuensi yang sama dengan suara manusia, yang mengurangi efektivitas komunikasi di lingkungan kerja atau sosial. Selain itu, paparan kebisingan frekuensi menengah secara terus-menerus dapat menyebabkan kelelahan mental dan penurunan konsentrasi, yang berdampak pada produktivitas dan kualitas kerja (Venancio dkk., 2013). SPL maksimum untuk kebisingan frekuensi menengah ini diperkirakan berada di rentang 71,2–96,9 dB(A) (Mahendra & Sridhar, 2008).

Kebisingan frekuensi tinggi, seperti suara dari peralatan elektronik atau mesin kecil, memiliki dampak yang berbeda. Frekuensi ini lebih tajam dan dapat menyebabkan

ketidaknyamanan pada telinga. Kebisingan frekuensi tinggi sering kali mengganggu konsentrasi dan komunikasi. Dampak penting dari kebisingan frekuensi tinggi adalah peningkatan ketidaknyamanan, stres, dan gangguan yang dapat mengganggu konsentrasi pekerja dan meningkatkan kelelahan seiring waktu paparan (Sousa dkk., 2019). Hal ini dapat memengaruhi kinerja kognitif dan emosional, seperti penurunan produktivitas, peningkatan kecemasan, dan gangguan suasana hati.

II.3 Emisi Sumber Suara Kendaraan : ICE dan EV

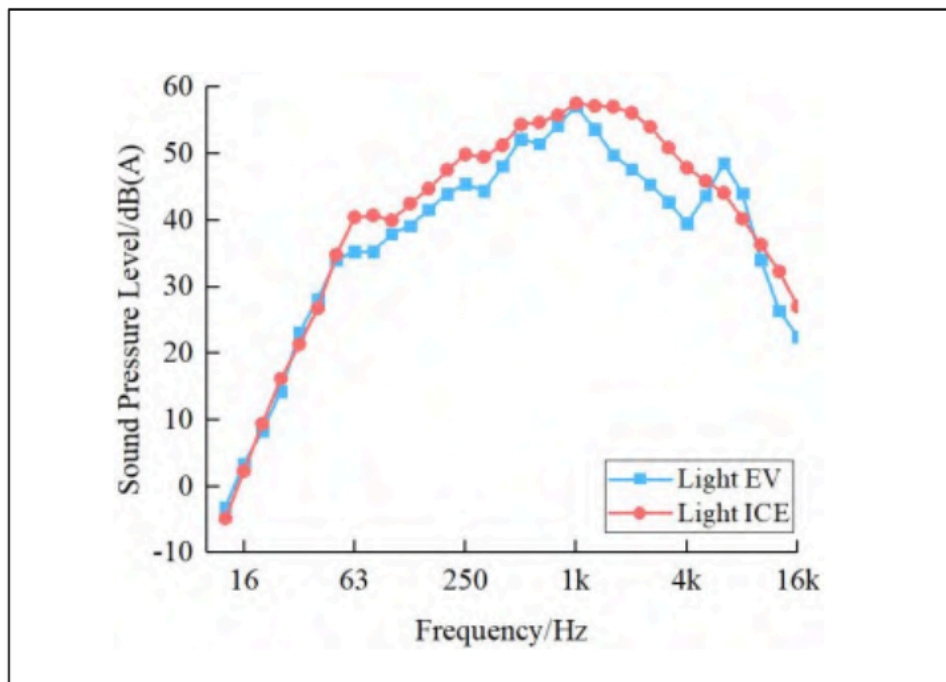
Kendaraan terklasifikasi menjadi dua kategori, yaitu *Internal Combustion Engine* (ICE) dan *Electric Vehicle* (EV). *Internal Combustion Engine* (ICE) masih bergantung pada mesin bakar internal untuk menggerakkan kendaraan dan tidak memiliki komponen listrik sebagai sumber tenaga utama sedangkan EV merupakan kategori kendaraan yang mencakup berbagai jenis teknologi bertenaga listrik (Dižo dkk., 2021; Lavee & Parsha, 2021). Kendaraan listrik terbagi menjadi empat kategori *Electric Vehicle* (EV), *Hybrid Electric Vehicle* (HEV), *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV) dan *Fuel Cell Electric Vehicle* (FCEV) (Gambar 2). *Electric Vehicle* (EV), sepenuhnya beroperasi menggunakan tenaga listrik yang disimpan dalam baterai. Jenis ini tidak memiliki mesin bakar internal dan mengandalkan motor listrik untuk memutar roda. *Hybrid Electric Vehicle* (HEV), di sisi lain, menggabungkan mesin bakar internal dan motor listrik. Mesin bakar internal dan motor listrik berfungsi bersama-sama untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi. *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV) adalah varian lain, di mana baterai dapat diisi ulang melalui sumber listrik eksternal selain dari mesin bakar internal. Ini memberikan fleksibilitas tambahan dalam penggunaan energi listrik (Dižo dkk., 2021)



Gambar II. 1 Klasifikasi Kendaraan (Veza dkk., 2023)

Internal Combustion Engine (ICE) dan *Electric Vehicle* (EV) adalah dua jenis mesin kendaraan yang beroperasi dengan prinsip berbeda, yang dapat memengaruhi tingkat kebisingan eksterior yang dihasilkan oleh keduanya. Internal Combustion Engine (ICE) merupakan mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti bensin atau diesel, untuk menghasilkan tenaga mekanik (Lavee & Parsha, 2021). Mesin ini bekerja dengan cara pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar untuk menghasilkan dorongan yang mendorong kendaraan. Proses pembakaran ini menghasilkan suara dari ekspansi gas, sistem knalpot, dan komponen mekanis lainnya. Pada ICE, suara dari pembakaran dan mekanisme internal menjadi penyumbang utama kebisingan. Kemudian, *Electric Vehicle* (EV) menggunakan mesin listrik sebagai sumber tenaga utama. Mesin listrik ini menghasilkan tenaga dengan cara yang jauh lebih tenang daripada mesin pembakaran dalam. Kebanyakan kendaraan listrik tidak memiliki komponen internal yang menghasilkan suara, seperti knalpot atau sistem pembakaran, sehingga umumnya menghasilkan kebisingan yang lebih rendah saat beroperasi (Lyu dkk., 2024).

Perbedaan utama dalam komponen-komponen yang memengaruhi tingkat kebisingan eksterior antara ICE dan EV adalah pada mesin penggerak dan proses pembakaran hal ini dapat dilihat pada Gambar II.2 hasil penelitian Lan dan rekan rekan (2018), bahwa emisi kebisingan kendaraan ICE secara signifikan melebihi emisi kebisingan yang dihasilkan EV pada beberapa spektrum frekuensi. Penelitian Lan dan rekan-rekan dilakukan dengan sebuah alat pengukur tingkat kebisingan (HzAiHua AWA6228+) ditempatkan di sisi jalan pengukuran, dengan mikrofon diposisikan pada ketinggian 1,2 meter di atas permukaan jalan dan berjarak 7,5 meter dari pusat lajur pertama. Sebuah radar ditempatkan di bagian hilir jalan. Selama percobaan, kecepatan kendaraan, ukuran, lajur berkendara, tingkat tekanan suara, dan data spektrum pita 1/3 oktaf dicatat saat satu kendaraan melewati alat pengukur tingkat kebisingan tersebut.



Gambar II. 2 Spektrum Frekuensi Kebisingan EV dan ICE (Lan dkk., 2018)

II.3.1 *Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)*

Kendaraan listrik yang beroperasi umumnya jauh lebih senyap pada kecepatan di bawah 20 km/jam dibandingkan dengan kendaraan dengan mesin pembakaran internal (ICE) (Berge & Haukland, 2019). Penurunan kebisingan ini telah menimbulkan kekhawatiran signifikan di kalangan penyandang tuna netra dan pejalan kaki yang melaporkan meningkatnya kesulitan dan rasa bahaya saat bergerak di jalan raya di mana kendaraan "senyap" ini semakin sering muncul. Penyandang tuna netra biasanya mengandalkan pendengaran untuk menentukan keamanan menyeberang jalan atau bergerak di sekitar lalu lintas. Kurangnya suara yang memadai dari kendaraan yang lebih tenang ini mengganggu kemampuan manusia untuk mendeteksi kendaraan yang mendekat, sehingga menimbulkan masalah keselamatan yang penting. Oleh karena itu, *Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)* telah diusulkan untuk mengatasi kekhawatiran ini dengan memastikan bahwa kendaraan senyap memancarkan suara yang memberitahukan pejalan kaki akan kehadiran EV, sehingga meningkatkan keselamatan (Permenhub No.87, 2020; UN Regulation No. 138.01, 2017).

II.3.2 **Model NMPB08**

Model kebisingan lalu lintas Prancis, yang dikenal sebagai NMPB 2008 , menyediakan jenis parameter akustik untuk sumber kebisingan kendaraan dengan menggunakan nilai tingkat daya suara per meter jalan dan per kendaraan ($L_{m/veh}$). Model ini membedakan dua kategori kendaraan: kendaraan ringan ($< 3,5$ t) dan kendaraan berat ($> 3,5$ t). Tiga kondisi berkendara dipertimbangkan (kecepatan konstan, percepatan, dan pengereman).

Pada dasarnya, nilai $L_{w/m/veh}$ dalam dB(A) dapat diperkirakan dari tingkat L_{Amax} menggunakan rumus berikut, dengan asumsi sumber kebisingan adalah sumber titik omnidirectional:

$$L_{m/veh} = L_{A_{max}} - 10 \log V - 4.4 \quad (II.6)$$

dengan V adalah kecepatan yang dinyatakan dalam km/jam, dan

$$LA_{max} = LA_{rmax} \oplus LA_{pmax} \quad (II.7)$$

Komponen kebisingan bergulir $L_{rw/m}$ (atau LA_{rmax}) bergantung pada kecepatan kendaraan dan permukaan jalan. Hal ini ditentukan berdasarkan prosedur *Statistical pass-by* (SPB) pada berbagai jenis permukaan jalan. Pengaruh permukaan jalan ini dikelompokkan dalam tiga kategori (R1, R2, dan R3), masing-masing dengan hukum $L_{rw/m}$ untuk setiap kategori kendaraan.

Komponen kebisingan unit daya $L_{pw/m}$ (atau LA_{pmax}) bergantung pada kecepatan lalu lintas, percepatan, dan kemiringan jalan. Ini ditentukan berdasarkan dua jenis informasi: emisi kebisingan unit daya kendaraan yang terkait dengan kecepatan, rasio gigi, dan percepatan serta statistik tentang perilaku berkendara dalam lalu lintas. Distribusi kebisingan yang dipancarkan dalam pita oktaf ketiga disediakan dalam rentang frekuensi 100 Hz hingga 5000 Hz, dengan membedakan antara dua jenis jalan: aspal berpori dan semua permukaan lainnya.

II.3.3 Pengukuran Kondisi Meteorologi dan Kondisi Kebisingan Latar Belakang

Pengukuran kondisi meteorologi dan kebisingan latar belakang dilakukan untuk menentukan pengaruh cuaca atau kondisi lingkungan lainnya terhadap emisi kebisingan. Berdasarkan (ISO 11819-1:2023), nilai SPL dengan pembobotan A dari kebisingan latar belakang selain kebisingan pass-by yang diukur harus diperoleh jika nilai tersebut setidaknya 10 dBA lebih rendah daripada SPL maksimum selama pass-by. Hal ini penting untuk memastikan bahwa pengaruh kebisingan latar belakang tidak mendistorsi pengukuran kebisingan yang sebenarnya dihasilkan oleh sumber

II.4 Implikasi Kebisingan Kepadatan Lalu Lintas Kendaraan Listrik Terhadap Desain Material Akustik Bangunan

Kebisingan eksternal memiliki pengaruh signifikan terhadap material bangunan (Kaharuddin dan Kusumawanto, 2012). Getaran dan tekanan gelombang suara yang tinggi dalam jangka waktu yang lama menerpa bangunan dapat menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti dapat mengganggu kenyamanan ruang di dalam bangunan, mengurangi produktivitas di tempat kerja, dan mengganggu kualitas hidup penduduk. Oleh karena itu, pemilihan material pada bangunan yang memiliki sifat insulasi suara yang baik, serta langkah-langkah perbaikan dan pemeliharaan yang tepat, sangat penting untuk melindungi material bangunan dari dampak negatif kebisingan eksternal.

II.4.1 Peta Kebisingan

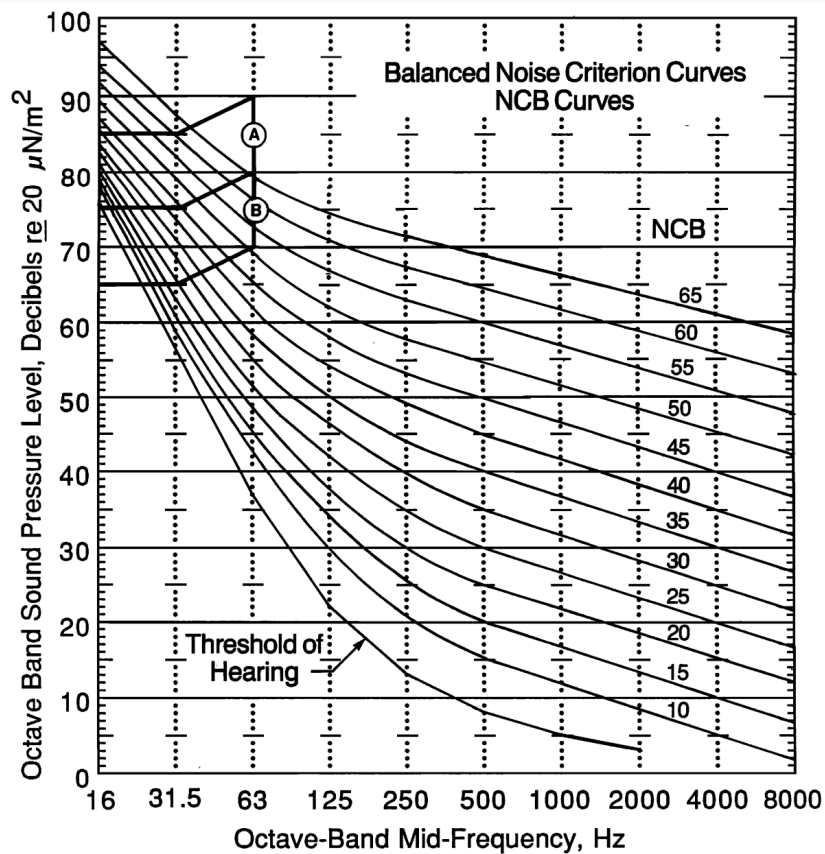
Peta kebisingan memainkan peran krusial dalam mengembangkan strategi pengendalian kebisingan. Dalam penelitian ini peta kebisingan digunakan untuk menyelidiki aktivitas bising, membandingkan tingkat kebisingan yang dihitung dengan yang diukur, mengevaluasi efek dari solusi alternatif terhadap kebisingan lingkungan dan untuk mendapatkan data survei lapangan yang diperlukan untuk menetapkan kriteria atau batas pengendalian kebisingan. Adapun dengan mengetahui distribusi kebisingan menggunakan peta kebisingan sangat mendukung untuk mengetahui efek emisi kebisingan terhadap bangunan (Kurra & Dal, 2012).

II.4.2 Kategori Gedung Berdasarkan Kurva *Balanced Noise Criterion* (NCB)

Kebisingan frekuensi rendah dan efeknya terhadap bangunan, seperti dari sistem HVAC dan kebisingan lainnya, sering kali lebih efektif dalam menutupi ucapan dibandingkan suara frekuensi tinggi karena penyebaran masking ke atas, yang menyebabkan kebisingan memberikan masking yang lebih besar untuk sinyal dengan frekuensi lebih tinggi dari kebisingan tersebut (Crandell & Smaldino, 2000; Schomer dkk., 2000). Noise Criteria (NC) dan *Balanced Noise Criterion* (NCB) merupakan kriteria yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dan mengendalikan tingkat kebisingan di dalam ruangan, tetapi keduanya memiliki pendekatan yang

berbeda. NC merupakan sistem kurva standar yang menilai tingkat kebisingan secara keseluruhan berdasarkan tekanan suara pada berbagai frekuensi tanpa mempertimbangkan keseimbangan spektral suara (Beranek, 1957), sedangkan NCB adalah pengembangan dari NC yang lebih komprehensif dengan mengukur keseimbangan spektral dan dampak psikologis dari kebisingan, termasuk memperhatikan ketidakseimbangan frekuensi rendah (seperti gemuruh) dan frekuensi tinggi (seperti desis). NCB lebih dapat digunakan untuk situasi di mana kualitas akustik sangat penting dan keseimbangan spektral suara perlu diperhatikan secara mendalam (Beranek, 1989; Schomer dkk., 2000). Kurra dan Dal (2012) menggunakan kurva NCB untuk desain material bangunan berdasarkan peta kebisingan (Kurra & Dal, 2012).

Kategori gedung berdasarkan kurva *Balanced Noise Criterion* (NCB) (Gambar II.3) membantu dalam menentukan tingkat sensitivitas kebisingan yang sesuai untuk berbagai jenis bangunan. Kurva NCB mengklasifikasikan bangunan dalam kategori yang berbeda berdasarkan tingkat kebisingan yang dapat diterima, mulai dari sangat sensitif hingga kurang sensitif. Kategorisasi ini penting untuk perancangan dan pengelolaan akustik bangunan, memastikan bahwa tingkat kebisingan sesuai dengan fungsi dan kebutuhan setiap jenis gedung (Tabel II.2).



Gambar II. 3 Kurva NCB (Blazier, 1981)

Tabel II. 2 Kategori NCB terhadap jenis-jenis bangunan (Blazier, 1981)

Sensitivitas terhadap derajat kebisingan	Jenis-jenis bangunan menurut sensitivitas terhadap kebisingan	Deksripsi Subjektif
NCB 25	Bangunan tempat tinggal (kamar tidur pedesaan dan perkotaan), rumah sakit, auditorium, hotel eksklusif, dll.	Sangat Sensitif
NCB 35	Bangunan tempat tinggal (perkotaan), ruang kelas sekolah, ruang pertemuan, hotel, motel, dll.	Sensitif
NCB 45	Kantor, restoran, laboratorium sekolah, dll.	Moderat Sensitif
NCB 55	Pusat perbelanjaan, gedung olahraga, kantor besar, pusat bisnis, taman bermain, dapur, dll.	Kurang Sensitif

II.4.3 Desain Insulasi Suara

Desain insulasi suara merupakan proses yang memerlukan data paparan kebisingan, kriteria atau batas kendali kebisingan, analisis situasi yang ada, perhitungan nilai kinerja yang dibutuhkan, perbandingan berbagai alternatif, studi peningkatan, atau pengusulan solusi alternatif. Kerugian transmisi atau biasa dikenal dengan *Transmission Loss* (TL) merupakan ukuran yang digunakan untuk menilai seberapa efektif suatu material atau struktur dalam mengurangi transmisi suara. Secara matematis, *Transmission Loss* (TL) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Mediastika, 2009):

$$TL = 10 \text{ Log } \left[\frac{W_1}{W_T} \right] \quad (\text{II.8})$$

dengan, W_1 mewakili energi atau daya suara yang mengenai permukaan material atau penghalang dari sisi insiden, sedangkan W_T merupakan energi atau daya suara yang berhasil melewati material atau penghalang tersebut dari sisi transmisi

Dokumen (ISO EN 12354) memberikan model standar untuk suara udara dan suara struktur, termasuk transmisi flanking. Teknik yang diterapkan dalam pengukuran insulasi dijelaskan dalam (ISO 16283-1:2014). Kinerja insulasi ditentukan oleh berbagai penilaian dengan angka tunggal seperti R_w , R'_w , $DnTw$, dll., berdasarkan nilai spektral sesuai dengan (ISO 717-2:2020). $DnT_{A,2}$ merupakan indeks akustik yang digunakan untuk mengukur kinerja insulasi suara, semakin tinggi nilai $DnT_{A,2}$ semakin baik kinerja dari insulasi suara hal ini dapat dilihat pada Tabel II.3. Untuk menghitung kerugian transmisi suara yang diperlukan $DnT_{A,2}$ dengan menggunakan formula:

$$DnT_{A,2} = Dntw + ctr \quad (\text{II.9})$$

di mana $Dntw$ adalah nilai pengurangan kebisingan transmisi total dan ctr adalah koreksi untuk frekuensi.

Menetapkan kriteria insulasi suara untuk elemen bangunan eksternal yang terkena tingkat kebisingan tinggi, tergantung pada data kebisingan yang dapat diandalkan yang ditentukan pada fasad. Informasi ini dapat diperoleh dengan dua metode, yaitu

pengukuran kebisingan sesuai dengan dan prediksi tingkat kebisingan melalui model propagasi kebisingan lingkungan. Penelitian ini dilakukan berdasarkan kedua metode tersebut.

Tabel II. 3 Kategori Insulasi Suara

Kelas	DnT,A,2
A	≥ 60
B	50-59
C	40-49
D	< 40

II.5 Tren Penelitian Pada Topik Terkait

Dalam kajian mengenai kebisingan lingkungan dan dampak kendaraan listrik terhadap desain material akustik, beberapa tren topik utama dapat diidentifikasi berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya (Tabel II.4). Penelitian ini mencerminkan perhatian yang berkembang dalam mengelola kebisingan lalu lintas, terutama dengan transisi menuju kendaraan listrik (EV) dan efek emisi EV yang dihasilkan terhadap material bangunan. Adapun tren pada penelitian pada topik terkait, diantaranya:

1. Pengaruh Kebisingan Lalu Lintas di Lingkungan Urban:

Penelitian berfokus pada evaluasi tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi di perkotaan. Kurnia dkk. (2018) menemukan bahwa tingkat kebisingan dari aktivitas transportasi di Meulaboh, Aceh Barat, melebihi standar kualitas (> 55 dBA), yang dapat mengganggu aktivitas di bangunan sekolah dan rumah sakit. Syafrudin & Rulhendri (2019) mengidentifikasi bahwa kepadatan lalu lintas pada ruas jalan Ciawi-Puncak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kebisingan, termasuk dampak dari sepeda motor, mobil angkutan pribadi, dan mobil angkutan barang. Heriyatna (2017) menyoroti bahwa kebisingan meningkat seiring dengan jarak yang semakin dekat dengan sumber lalu lintas, menunjukkan pentingnya pemantauan kebisingan di berbagai jarak dari sumbernya.

2. Dampak Kendaraan Listrik terhadap Kebisingan:

Penelitian lainnya menunjukkan bahwa kendaraan listrik dapat mengurangi tingkat kebisingan lalu lintas. Lan et al. (2018) menemukan bahwa proporsi kendaraan listrik yang lebih tinggi dalam aliran lalu lintas dapat menurunkan tingkat kebisingan secara signifikan di jalan perkotaan di China. Campello-Vicente dkk. (2017) juga menemukan bahwa pengenalan aliran kendaraan listrik ke dalam peta kebisingan lalu lintas perkotaan dapat mengurangi jumlah warga yang terpapar berbagai tingkat kebisingan. Temuan ini mendukung pemahaman bahwa kendaraan listrik dapat memainkan peran penting dalam mengurangi polusi suara di lingkungan urban.

3. Perancangan dan Evaluasi Akustik:

Khajehvand dkk. (2021) memodelkan tingkat kebisingan lalu lintas di berbagai jenis persimpangan, seperti bundaran, persimpangan T, dan persimpangan silang, menggunakan regresi linier berganda. Studi ini menunjukkan bahwa faktor seperti jumlah kendaraan, kondisi permukaan jalan, kecepatan, dan volume lalu lintas berpengaruh signifikan terhadap tingkat kebisingan. Ibili dkk. (2022) menilai dan membandingkan berbagai model prediksi kebisingan lalu lintas yang digunakan secara global, menekankan pentingnya pemahaman perbedaan dan asumsi model sebelum diadopsi untuk kebutuhan lokal. Penelitian ini menunjukkan perlunya model akustik yang akurat untuk merancang strategi mitigasi kebisingan yang efektif.

4. Pengaruh Rentang Frekuensi Kebisingan Terhadap Manusia:

Penelitian juga menunjukkan bagaimana kebisingan memengaruhi kinerja dan kesejahteraan manusia. Pawlaczyk-Łuszczynska dkk. (2004) menemukan bahwa paparan kebisingan frekuensi rendah (LFN) dapat mempengaruhi fungsi visual, konsentrasi, dan perhatian, terutama pada individu yang sensitif terhadap LFN. Sousa dkk. (2019) mengeksplorasi pengaruh pola suara intermiten dengan frekuensi yang berbeda pada kinerja dan kesejahteraan peserta, menunjukkan bahwa frekuensi tertentu, seperti 1000 Hz dan 2000 Hz, menyebabkan lebih banyak

ketidaknyamanan, stres, dan gangguan dibandingkan frekuensi lainnya. Selain itu, Fausti dkk. (1981) membandingkan sensitivitas pendengaran frekuensi tinggi antara veteran militer dengan riwayat paparan kebisingan steady-state dan impulsif. Secara keseluruhan tingkat kebisingan yang tinggi pada semua rentang frekuensi dapat diklasifikasikan pengaruhnya untuk psikologis dan juga fisiologis.

5. Perancangan dan Insulasi Bangunan:

Dengan meningkatnya kebutuhan untuk merancang bangunan yang mampu mengatasi kebisingan lalu lintas, Kurra & Dal (2012) mengembangkan model untuk menentukan kinerja insulasi yang diperlukan untuk elemen eksternal bangunan menggunakan peta kebisingan strategis. Ini membantu merancang spesifikasi akustik yang diperlukan untuk bangunan berdasarkan kebisingan kendaraan ICE. Model ini memberikan panduan dalam merancang spesifikasi bangunan dan kode insulasi sebelum fase konstruksi, khususnya di lingkungan dengan kepadatan lalu lintas tinggi.

Tren ini mencerminkan pergeseran menuju pemahaman yang lebih mendalam tentang dampak kebisingan dan peran kendaraan listrik dalam mengurangi kebisingan, serta kebutuhan untuk desain material akustik yang sesuai. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk merencanakan dan merancang strategi desain material akustik dalam menghadapi transisi menuju kendaraan listrik di kawasan urban seperti Gedung perkantoran Tugu Simbang Lima Kota Bandung.

Tabel II. 4 *Annotated Bibliography*

	Penulis	Judul	Tujuan	Objek Studi	Parameter	Metode	Temuan
1	(Kurnia dkk., 2018)	Tingkat Kebisingan yang Dihasilkan Dari Aktivitas Transportasi	Untuk menentukan tingkat kebisingan yang dihasilkan dari aktivitas transportasi	Lokasi Manek Roo, Sisimangaraja dan Gajah Mada Meulaboh	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat Kebisingan Lingkungan • Volume lalu lintas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengumpulan data 	Penelitian ini menemukan bahwa tingkat kebisingan akibat aktivitas transportasi di Jalan Manek Roo, Sisingamangaraja, dan Gajah Mada di Meulaboh, Aceh Barat, pada 18 titik pengukuran, melebihi standar kualitas (> 55 dBA), yang dapat mengganggu aktivitas jenis hunian bangunan sekolah dan rumah sakit di sepanjang jalan tersebut.
2	(Syafrudin & Rulhendri, 2019)	Kajian Tentang Pengaruh Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Kebisingan Yang Ditimbulkan Kendaraan Bermotor	Tingkat kebisingan yang ditimbulkan oleh kendaraan pada ruas jalan Ciawi-Puncak	Lokasi Bogor	<ul style="list-style-type: none"> • Kepadatan Lalu Lintas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran Langsung di lapangan 	Kepadatan sepeda motor, mobil angkutan pribadi, mobil angkutan umum dan mobil angkutan barang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kebisingan.

3	(Heriyatna, 2017)	Analisis Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Di Jalan Pierre Tendean Banjarmasin	Pengaruh lalu lintas terhadap kebisingan	Lokasi Banjarmasin	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat Kebisingan Lingkungan • Volume lalu lintas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran Langsung di lapangan 	Semakin dekat jarak dengan lalu lintas atau sumber kebisingan maka semakin besar suara kebisingan yang ditimbulkan dan semakin jauh jarak lalu lintas semakin berkurang kebisingan yang ditimbulkannya.
4	(Lan et al., 2018)	<i>Study of the Traffic Noise Source Emission Model and the Frequency Spectrum Analysis of Electric Vehicle on Urban Roads in China</i>	Mengembangkan model emisi sumber kebisingan lalu lintas dan menganalisis karakteristik frekuensi kebisingan kendaraan listrik (EVs)	Lokasi China <i>Urban roads</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Noise emission EV</i> • Kecepatan Kendaraan • Tingkat tekanan suara • Koreksi Bising latar belakang 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran Lapangan • Simulasi 	Tingkat kebisingan menurun secara signifikan dengan peningkatan proporsi EVs dalam aliran lalu lintas.
5	(Abdur-Rouf and Shaaban, K, 2022)	<i>Measuring, Mapping, and Evaluating Daytime Traffic Noise Levels at Urban Road Intersections in Doha, Qatar</i>	Mengembangkan dan membandingkan model prediksi kebisingan lalu lintas untuk bundaran	Lokasi Doha, Qatar <i>Intersection</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Karakteristik lalu lintas • Volume lalu lintas • Tingkat kebisingan lalu lintas 	<ul style="list-style-type: none"> • CoRTN Model • Simulasi 	Tingkat kebisingan lalu lintas di berbagai persimpangan di Doha, Qatar, melebihi ambang batas yang direkomendasikan oleh standar lokal dan WHO, dengan tingkat kebisingan rata-rata berkisar antara 67,6 dB(A) hingga 77,5 dB(A).

6	(Khajehv and dkk., 2021)	<i>Modeling traffic noise level near at-grade junctions: Roundabouts, T and cross intersections</i>	Memodelkan tingkat kebisingan lalu lintas di persimpangan, khususnya di bundaran, persimpangan T, dan persimpangan silang	Lokasi Karaj, Iran <i>Roundabouts, T and cross intersections</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Karakteristik lalu lintas • Volume lalu lintas • Tingkat kebisingan lalu lintas 	<i>Multiple Linear Regression</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kendaraan, indeks kondisi permukaan jalan, kecepatan, dan volume lalu lintas total berdampak signifikan terhadap tingkat kebisingan.
8	(Ibili dkk., 2022)	<i>Statistical modelling for urban roads traffic noise levels</i>	Memodelkan secara statistik dan memprediksi tingkat kebisingan lalu lintas di pusat bisnis distrik	Lokasi Ondo, Nigeria <i>Urban roads</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat Kebisingan lalu lintas • Kecepatan kendaraan • Volume lalu lintas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran langsung • CoRTN • Model Regresi 	Studi ini meninjau 11 model prediksi kebisingan lalu lintas yang digunakan secara global, dengan 7 model berbasis pengukuran luar ruangan dan 4 model berbasis pengukuran luar dan dalam ruangan, serta menekankan perlunya pemahaman terhadap perbedaan dan asumsi model sebelum diadopsi atau dikalibrasi untuk kebutuhan lokal.

9	(Campello-Vicente dkk., 2017)	<i>The effect of electric vehicles on urban noise maps</i>	Mempelajari dan mengukur dampak akustik dari pengenalan aliran kendaraan listrik ke dalam peta kebisingan lalu lintas perkotaan	Lokasi Alicante, Spain	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran langsung emisi • Tingkat kebisingan lalu lintas • Jumlah Penduduk 	NMPB ROUTES	Penelitian ini menemukan bahwa pengenalan aliran kendaraan listrik ke dalam peta kebisingan lalu lintas perkotaan dapat mengurangi jumlah warga yang terpapar berbagai tingkat kebisingan.
10	(Pawlaczuk-Łuszczynska dkk., 2004)	<i>The Impact Of Low Frequency Noise On Human Mental Performance</i>	Menyelidiki terkait paparan kebisingan frekuensi rendah (LFN) pada level yang biasanya terjadi di ruang kendali industri terhadap kinerja mental manusia	Lokasi jj	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis kebisingan <i>Low frequency noise</i> (10-250 Hz) • Level kebisingan : 50 dB(A) • Fungsi kognitif yang diukur : Kinerja visual, konsentrasi, perhatian berkelanjutan, perhatian selektif. 	• Uji Psikologis	Studi ini menemukan bahwa paparan kebisingan frekuensi rendah (LFN) pada level sedang dapat mempengaruhi fungsi visual, konsentrasi, dan perhatian, terutama pada individu yang sensitif terhadap LFN, yang cenderung membuat lebih banyak kesalahan dan memiliki kinerja yang lebih buruk dibandingkan dengan individu yang kurang sensitif.

11	(Sousa dkk., 2019)	<i>Effects of noise frequency on performance and well-being</i>	Menyelidiki pengaruh pola suara intermiten dengan frekuensi yang berbeda pada kinerja dan kesejahteraan subjek, termasuk perhatian, memori jangka pendek, ketidaknyamanan, stres, dan gangguan.	Lokasi Porto, Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • 5 kondisi kebisingan berbeda • <i>Mid frequency noise</i> (500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 3kHz) • Fungsi kognitif yang diukur : Uji perhatian, memori jangka pendek, ketidaknyamanan, stress, gangguan 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji Psikologis 	Studi ini menemukan bahwa pola suara intermiten dengan frekuensi berbeda dalam kebisingan industri mempengaruhi perhatian dan memori jangka pendek peserta, dengan kebisingan pada 1000 Hz dan 2000 Hz menyebabkan lebih banyak ketidaknyamanan, stres, dan gangguan dibandingkan dengan frekuensi lainnya.
12	(Fausti dkk., 1981)	<i>The Effects of Noise Upon Human Hearing Sensitivity From 8000 to 20 000 Hz</i>	Membandingkan sensitivitas pendengaran frekuensi tinggi antara veteran militer serta untuk menilai audiometri dan perubahan ambang batas pendengaran di frekuensi tinggi.	Lokasi Portland	<ul style="list-style-type: none"> • Frekuensi rendah dan sedang pengujian konvensional • Frekuensi tinggi • Kriteria Medis 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji Kebisingan <i>Steady-state</i> • Kebisingan impulsif 	Studi ini menunjukkan bahwa veteran militer yang terpapar kebisingan terus-menerus mengalami penurunan kemampuan pendengaran pada frekuensi tinggi (13-20 kHz) Sebaliknya, veteran yang terpapar kebisingan impulsif mengalami penurunan sensitivitas pendengaran yang lebih bervariasi.

13	(Kurra & Dal, 2012)	<i>Sound insulation design by using noise maps</i>	Mengembangkan model yang dapat menentukan kinerja insulasi yang diperlukan untuk elemen eksternal bangunan dengan menggunakan peta kebisingan strategis	Lokasi Istanbul, Turkey	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat kebisingan lalu lintas • Zona Kebisingan • DnT,A,2 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengumpulan data • Simulasi 	Memperkenalkan model untuk menentukan kinerja insulasi yang diperlukan untuk elemen eksternal bangunan menggunakan peta kebisingan strategis, yang membantu dalam merancang spesifikasi bangunan dan kode insulasi sebelum fase konstruksi berdasarkan kebisingan kendaraan ICE.
----	---------------------	--	---	-----------------------------------	--	--	--

II.5.1 Potensi Pengembangan Penelitian

Berdasarkan hasil tinjauan pustaka dari beberapa referensi, terdapat beberapa topik yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi penelitian baru:

1. **Analisis Tingkat Kebisingan Gedung perkantoran Tugu Simbang Lima Kota Bandung:** Studi kasus diperlukan untuk mengetahui nilai tingkat kebisingan di salah satu gedung perkotaan. Penelitian lebih mendalam mengenai tingkat kebisingan di gedung perkantoran di area ini akan memberikan pemahaman yang lebih akurat tentang dampak kebisingan terhadap standar yang sudah ditetapkan.
2. **Perbandingan Simulasi Tingkat Kebisingan Ekuivalen Siang Hari dari EV dan ICE:** Banyak penelitian fokus pada kebisingan kendaraan bermesin pembakaran internal (ICE), sementara data tentang kebisingan kendaraan listrik (EV) masih terbatas khususnya di Indonesia. Penelitian ini berpotensi untuk memberikan wawasan baru mengenai perbedaan tingkat kebisingan antara EV dan ICE serta dampaknya terhadap lingkungan sekitar.
3. **Desain Material Akustik dan Modifikasi Standar untuk Lingkungan dengan Kepadatan Lalu Lintas EV:** Dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas yang melibatkan EV, diperlukan strategi desain material akustik yang dapat mengatasi karakteristik kebisingan EV. Penelitian ini dapat mengeksplorasi berbagai kombinasi material akustik yang efektif dalam mengurangi kebisingan di lingkungan perkotaan yang padat.