

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Candi Borobudur

Candi Borobudur adalah salah satu warisan budaya Indonesia yang terletak di Borobudur, Magelang, Jawa Tengah, Indonesia. Candi ini menjadi saksi bisu kejayaan Kerajaan Mataram Kuno dan Dinasti Syailendra sekitar pada abad ke – 8 hingga ke – 9 Masehi. Candi Borobudur tidak hanya dikenal sebagai situs arkeologi yang megah, tetapi juga sebagai pusat spiritual dan religi Buddha yang penting dan menarik peziarah dari berbagai belahan dunia (UNESCO, 1991).



Gambar 3. Candi Borobudur. *Sumber: dokumentasi pribadi, 2023*

Keunikan Candi Borobudur terletak pada arsitektur dan seni rupa yang luar biasa, mencerminkan keahlian dan dedikasi pembangunan saat itu. Struktur Candi Borobudur memiliki bentuk piramida berundak yang mengelilingi bukit dan terdiri dari sepuluh tingkat, dengan tiga tingkat yang mewakili kosmologi Buddha, yaitu Kamadhatu (dunia hasrat), Rupadhatu (dunia bentuk), dan Arupadhatu (dunia tanpa bentuk) (TWC Borobudur, 2022b). Setiap dinding candi dihiasi dengan Gambar relief yang sangat detail yang menceritakan berbagai kisah dari ajaran Buddha. Melalui relief tersebut, Candi Borobudur memberikan wawasan tentang kehidupan masyarakat pada masa itu.

Selain nilai historis dan artistiknya, Candi Borobudur juga memiliki makna religius yang mendalam. Sebagai situs ziarah, candi ini menjadi tempat bagi umat Buddha untuk melakukan peribadatan dan meditasi, dan merayakan hari – hari besar keagamaan seperti Waisak. Makna spiritual dari Candi Borobudur sendiri terwujud

dalam setiap elemen arsitektur yang dirancang untuk membawa umatnya dalam perjalanan simbolis menuju Nirvana.

2.1.1. Outstanding Universal Value Candi Borobudur

UNESCO telah mengakui Candi Borobudur sebagai salah satu Situs Warisan Dunia karena memiliki nilai universal yang luar biasa, sebagai berikut:

1. Kriteria (i): Kompleks Candi Borobudur dengan piramida bertingkat tanpa atap yang terdiri dari sepuluh teras bertumpuk dan kubah besar berbentuk lonceng di puncaknya adalah perpaduan harmonis antara stupa, candi, dan gunung yang merupakan mahakarya arsitektur dan seni monumental Buddha.
2. Kriteria (ii): Kompleks Candi Borobudur adalah contoh luar biasa dari seni dan arsitektur Indonesia antara awal abad ke – 8 dan akhir abad ke – 9 yang mempengaruhi kebangkitan arsitektur antara pertengahan abad ke – 13 dan awal abad ke – 16.
3. Kriteria (vi): Candi Borobudur berbentuk seperti bunga teratai, bunga suci Buddha, melambangkan refleksi luar biasa dari perpaduan antara pemujaan leluhur lokal dan konsep Buddhis untuk mencapai Nirvana. Sepuluh teras yang menaik dari struktur keseluruhan sesuai dengan tahap yang berurutan yang harus dicapai oleh Bodhisattva sebelum mencapai ke – Buddha – an.

2.1.2. Wisata Candi Borobudur

Candi Borobudur merupakan salah satu kawasan pariwisata budaya di Jawa Tengah dengan skala internasional yang sedang berkembang pesat (Andina & Aliyah, 2021). Kawasan Wisata Candi Borobudur ini telah diresmikan oleh pemerintah sebagai Kawasan Strategis Nasional (KSN) pada tahun 2008 melalui PP No.26. Sampai saat ini, Candi Borobudur menjadi salah satu destinasi wisata populer. Keindahan arsitektur dan relief yang mendetail dapat menarik jutaan pengunjung setiap tahunnya. Pengunjung dapat menikmati pemandangan yang menakjubkan dari puncak candi yang menghadap ke pegunungan dan lembah disekitarnya. Selain menikmati keindahan visual, pengunjung dapat mengikuti tur pemandu yang menjelaskan sejarah dan makna pada relief – relief di candi. Berbagai kegiatan wisata lain ditawarkan oleh Candi Borobudur yang dapat menambah daya tariknya sebagai tujuan wisata yang multifaset.

1. Tempat Rekreasi

Candi Borobudur menawarkan berbagai aktivitas menyenangkan bagi pengunjung. Selain menjelajahi kompleks candi, pengunjung dapat menikmati berbagai fasilitas rekreasi di sekitar kawasan tersebut, seperti taman – taman yang indah dan hijau, area piknik, dan wahana kereta yang mengajak pengunjung untuk mengelilingi taman wisata candi. Selain itu terdapat juga *mini zoo* yang memiliki beberapa hewan untuk dilihat secara umum oleh pengunjung. Tidak jarang juga acara seni dan budaya lokal sering diadakan di sekitar candi, sehingga dapat memberikan pengalaman rekreasi yang kaya akan budaya dan tradisi.

2. Tempat Religi

Candi Borobudur merupakan situs religi Buddha yang penting dan menjadi tempat ziarah bagi umat Buddha dari berbagai penjuru dunia. Setiap tahunnya, terutama saat Waisak, ribuan umat Buddha akan datang ke Borobudur untuk berdoa dan melakukan ritual keagamaan. Relief dan stupa yang ada di Candi Borobudur menggambarkan ajaran – ajaran Buddha dan kehidupan Sang Buddha, menjadikannya sebagai tempat meditasi dan refleksi spiritual yang mendalam. Dari berbagai hipotesis dan argumen lain yang mengungkapkan konsep Candi Borobudur ini menimbulkan sebuah diskusi yang dapat dilakukan lebih lanjut bahwa Candi Borobudur adalah sebuah tempat suci namun tidak untuk melakukan ritual ibadah atau sembahyang (Soekmono, 1976). Namun, menurut kisah Ki Mas Dana di Borobudur, terdapat konteks serupa dari catatan kamus Gericke dan Roorda (1901) yang menyatakan bahwa para petapa melakukan praktik untuk mencapai kekuatan spiritual yang lebih tinggi, dimana pemberontak pergi ke lokasi terpencil untuk mempersiapkan diri secara spiritual dan memperkuat tubuh secara internal (Ardiyansyah, 2022).

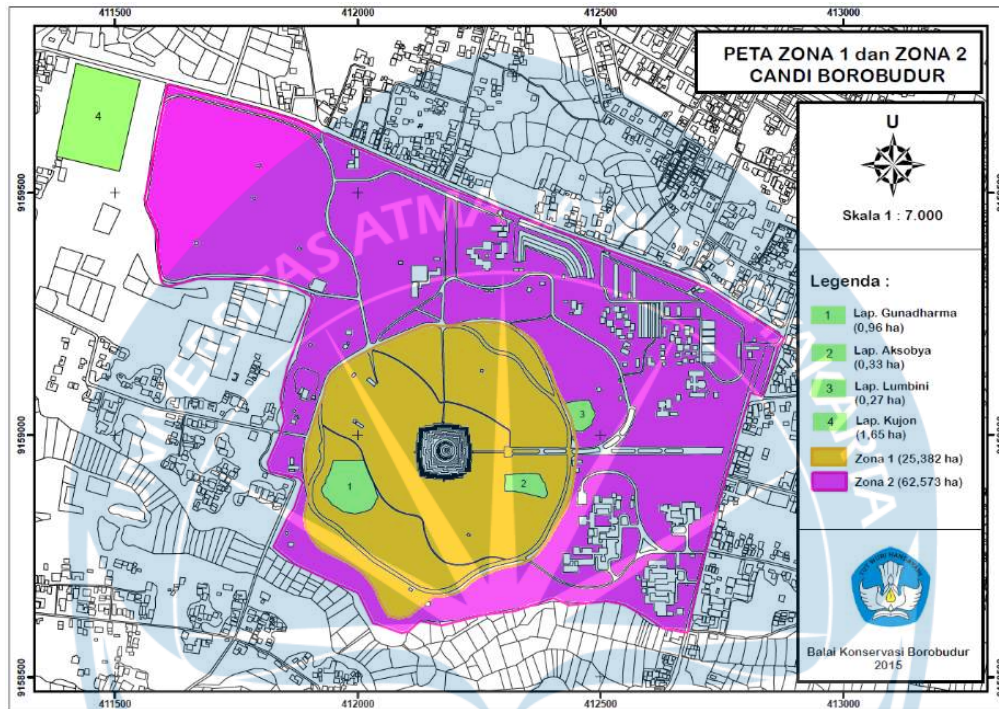
3. Tempat Edukasi

Candi Borobudur memiliki segudang informasi ilmu yang dapat dibagikan kepada siapa saja. Nilai dan sejarah yang dimiliki Candi Borobudur turut diberdayakan lewat tur pemandu dan Museum Karmawibhangga yang menyimpan berbagai artefak dan informasi edukatif lainnya tentang candi dan peradaban yang membangunnya.

2.1.3. Kawasan dan Lansekap Candi Borobudur

Penataan Kawasan Candi Borobudur terbagi menjadi 5 zona yang diatur oleh lembaga yang berbeda. Dua zona utama menjadi area yang dibatasi antara Kompleks

Candi Borobudur dengan Kawasan Borobudur. Zona 1 dilindungi sebagai zona konservasi arkeologi untuk mencegah perusakan lingkungan secara fisik. Candi Borobudur berada pada zona 1, yang kemudian dikelilingi oleh lapangan luas dan beberapa pepohonan yang terletak tidak terlalu jauh dari candi. Penataan ini membuat sebuah bukaan yang cukup lebar antara candi dengan pepohonan.



Gambar 4. Mapping zonasi Kompleks Candi Borobudur. *Sumber: Balai Konservasi Borobudur, 2015*

Zona 2 merupakan area taman yang cukup luas, difungsikan sebagai area pelestarian lingkungan sejarah serta menjadi pelambat gerakan pengunjung menuju Candi Borobudur (**Gambar 4**). Pada zona 2, kompleks dipenuhi dengan area hijau dan pepohonan tinggi sebagai pengisi Taman Wisata Candi. Zona 3 merupakan zona pengembangan yang berfungsi sebagai permukiman terbatas, area pertanian, dan jalur hijau. Sedangkan zona 4 dan 5 merupakan zona perlindungan kawasan bersejarah (*ZONASI - BorobudurPedia, n.d.*).



Gambar 5. Konfigurasi Kawasan Borobudur yang dikelilingi pegunungan dan gunung api. *Sumber: Landsat/Copernicus, 2021*

Lansekap Borobudur dikelilingi oleh pegunungan, gunung, sungai, dan bekas danau. Sisi selatan dibatasi oleh Pegunungan Menoreh, sisi barat – utara – timur dibatasi oleh Gunung api Sumbing, Gunung api Sundoro, Gunung Tidar, Gunung Merbabu, dan Gunung api Merapi. Aliran sungai di dataran Borobudur terbentuk dari lereng – lereng gunung api, yaitu Sungai Progo, Sungai Elo, Sungai Pabelan, Sungai Tangsi, dan Sungai Sileng (Wirasanti & Murwanto, 2020). Menurut cerita, punggung bukit tersebut menggambarkan Gunadharma yang menurut tradisi dipercaya menjaga ciptaannya selama berabad – abad. Melalui lansekap Borobudur yang terbentuk dari zaman dahulu dan masih ada hingga sekarang, menjadi sebuah kekayaan alam yang perlu dikonservasi karena menjadi satu komponen terikat dengan Candi Borobudur.



Gambar 6. Gambaran Candi Borobudur digambarkan oleh H.C. Cornelius. Sumber: *The Trustees of the British Museum*

Menurut hipotesis yang dikemukakan oleh Nieuwenkamp (1993), dataran Kedu dulunya adalah sebuah danau yang besar dan Candi Borobudur pada awalnya merupakan bunga teratai yang mengambang di permukaan danau. Gagasan tersebut didasari oleh penemuan bahwa denah dasar monumen menggambarkan roset dan kelopak teratai di sekitar hamparan bunga melingkar, sementara lokasinya berada di atas bukit menunjukkan teratai yang mengambang di udara (Gambar 6.).

Candi Borobudur dalam konteks bangunan suci, penerapan kosmologi Buddha adalah sebuah keniscayaan baik dalam pembangunan hingga pemilihan tempat. Kosmologi alam semesta Buddha yang diterapkan memperhitungkan perencanaan, desain tata ruang, struktur, dan arsitektur secara cermat sebagai faktor dalam menentukan lokasi candi. Keberadaan lingkungan alami Kawasan Candi Borobudur dapat dianalogikan dengan sistem alam semesta Buddhis dengan keberadaan gunung – gunung yang mengitari candi dan dianggap sebagai gunung yang dikuasai para dewa. Keadaan tersebut mempengaruhi budaya masyarakat yang hidup, membentuk kawasan Candi Borobudur sebagai kawasan pertanian dengan karakter pedesaan (Supandi, 2021).

Alam ataupun budaya akan selalu berubah. Perubahan dapat mengarah pada peningkatan atau penurunan kualitas alam dan kehidupan manusia. Kawasan Candi Borobudur juga turut mengalami perubahan fisik dan pergeseran budaya sejak

adanya keberadaan pemukiman. Hal tersebut turut merubah hubungan antara masyarakat dan lingkungannya. Berkembangnya industri pariwisata yang tumbuh di kawasan Candi Borobudur secara tidak langsung telah memengaruhi budaya masyarakatnya yang didominasi oleh perubahan tata guna lahan (Rahmi et al., 2012). Sehingga interaksi antara alam dan budaya masyarakat perlu dipertahankan.

2.2. Pengalaman Auditori

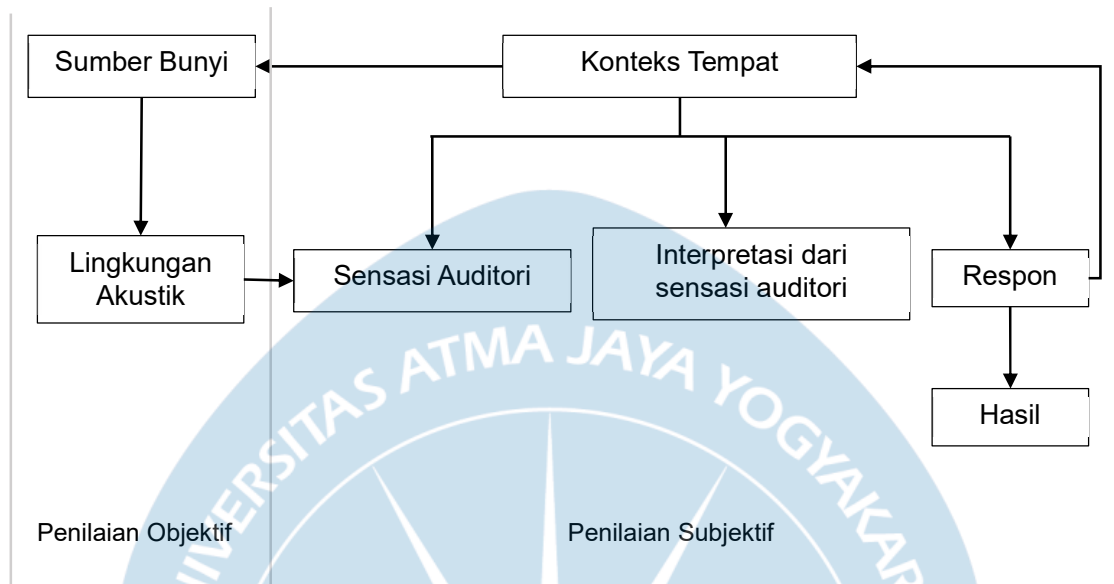
Pengalaman auditori adalah aspek mendasar dari bagaimana manusia memahami dan berinteraksi dengan lingkungannya yang memengaruhi respons kognitif, emosional, dan sosial manusia. Berbeda dengan informasi yang didapatkan secara visual, bunyi terus menyelimuti kita secara terus – menerus, menjadi stimulus sensorik yang kuat dan tak terelakkan. Pengalaman auditori bersifat sangat personal karena mampu membangkitkan kenangan atau perasaan yang kuat.

Pengalaman auditori merupakan hasil dari persepsi individu terhadap bunyi atau suara yang berada di suatu lingkungan. Pengalaman tersebut tidak hanya berdasar pada apa yang terdengar atau dimana suara tersebut didengar, namun kondisi sosial di lingkungan tersebut juga turut berkontribusi terhadap pemahaman pengamat (Flügge, 2018). *Soundscape* dapat secara langsung mempengaruhi pengalaman pengunjung jika kondisi bunyi yang diberikan konstan (He et al., 2019). Keragaman pengalaman auditori dapat mempengaruhi bagaimana seseorang menginterpretasikan dan terlibat di dalam ruang lingkungan sekitarnya. Sacks (2007) menjelaskan stimuli auditori memiliki jalur langsung ke pusat emosi manusia sehingga dapat menjadi pemicu yang kuat untuk merangsang memori dan emosi. Sehingga menjadi sebuah peran yang krusial dan penting dalam membentuk hubungan emosional, kenangan, dan persepsi keseluruhan di suatu tempat atau situasi.

2.3. Soundscape

Soundscape atau lingkungan akustik mencakup semua suara dalam lingkungan tertentu (Schafer, 1977). *Soundscape* dapat dipelajari dari berbagai perspektif, termasuk musikal, akustik, ekologis dan fungsional. Gagasan mengenai *soundscape* mengacu pada lingkungan akustik alami yang dihasilkan oleh vokalisasi hewan dan tumbuhan, dan lingkungan akustik buatan yang dihasilkan oleh suara buatan manusia seperti musik, ucapan, dan kebisingan mekanis. *Soundscape* terdiri dari tiga komponen utama, yaitu interaksi manusia, lingkungan akustik, dan persepsi.

Soundscape memiliki potensi untuk menunjukkan hubungan antara manusia dengan lingkungan sonik yang terjadi di sekitar mereka (Varney, 2011).



Gambar 7. Framework *soundscape* adaptasi dari ISO 12913 - 1. Sumber: Sudarsono et al. (2022)

Definisi *soundscape* mengacu pada pemahaman secara objektif dan subjektif terhadap aspek – aspek lingkungan akustik (**Gambar 7.**). Pemahaman secara objektif dapat diperoleh dari kondisi lingkungan akustik itu sendiri kemudian dirasakan dan dipahami oleh manusia melalui sensasi auditori yang mereka rasakan dan interpretasikan sehingga membentuk sebuah pemahaman konteks sebuah tempat atau lingkungan.

2.4.1. *Soundscape* di ruang publik

Salah satu aspek dari penelitian *soundscape* di ruang publik adalah pengaruh ekspektasi terhadap persepsi *soundscape*. Bruce dan Davies menyelidiki efek ekspektasi pada persepsi *soundscape* dan menemukan bahwa ekspektasi individu terhadap *soundscape* dapat secara mempengaruhi persepsi dan evaluasi individu secara signifikan terhadap lingkungan akustik (Bruce & Davies, 2014). Selain persepsi dan evaluasi, *soundscape* di ruang publik juga memiliki implikasi terhadap interaksi sosial dan kesejahteraan. Studi yang dilakukan Axelsson mengenai eksplorasi hubungan antara *soundscape* dan keberlanjutan sosial di sebuah taman kota menunjukkan *soundscape* yang positif ditandai dengan suara alami dan tingkat kebisingan rendah, berkontribusi dalam menciptakan rasa nyaman pada

kesejahteraan diri dan kohesi sosial di antara para pengunjung taman. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pertimbangan *soundscape* dalam pengelolaan perkotaan untuk mendorong interaksi sosial dan kesejahteraan pengguna (X. Zhang et al., 2018).

Adapun beberapa faktor dalam mengenali *soundscape* menurut Erfanian et al., (2019):

1. **Persepsi manusia:** *soundscape* sendiri merupakan persepsi manusia terhadap lingkungan akustik yang dirasakan dan dapat dipengaruhi oleh faktor seperti latar belakang individu, kesadaran, dan pengalaman
2. **Komponen akustik lingkungan:** *soundscape* terdiri dari komponen akustik yang meliputi suara alam, aktivitas manusia, dan ruang akustik dari objek dan struktur sekitar
3. **Hubungan antara manusia dan lingkungan:** suara menjadi salah satu bagian penting dari pengalaman individu dan interaksinya terhadap lingkungan
4. **Kesadaran lingkungan:** suara dapat memberikan informasi mengenai suatu lingkungan dan perilaku manusia di lingkungan tersebut, sehingga dapat mempengaruhi seseorang dalam memahami dan merasakan lingkungan

2.4.2. Soundscape di tempat wisata

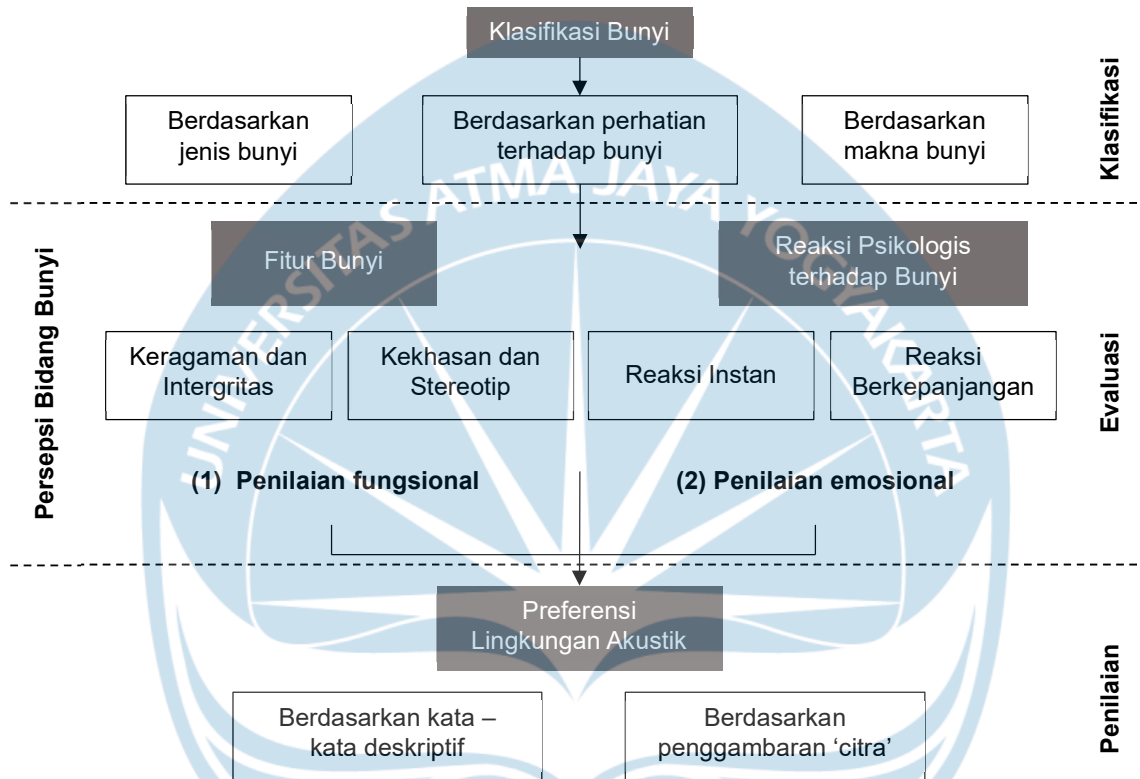
Soundscape di tempat wisata sering kali menjadi bagian penting dari pengalaman wisata. Berada pada tempat wisata alam seperti hutan, pantai, atau tempat lainnya yang memiliki *soundscape* alami seperti suara binatang, gemericik air, dan hembusan angin dapat memberikan suasana yang menenangkan. Berbeda dengan tempat wisata di kota. *Soundscape* yang dinamis dengan bunyi lalu lintas, percakapan manusia, dan aktivitas kota dapat menciptakan suasana yang meriah dan enerjik.

2.4.3. Soundscape di tempat sejarah

Soundscape di tempat sejarah, seperti cagar budaya, museum, atau situs arkeologi, seringkali menjadi bagian penting dari upaya untuk menciptakan suasana yang otentik dan menghidupkan masa lalu. *Soundscape* di tempat sejarah dapat berupa suara rekaman atau efek suara yang merepresentasikan kegiatan atau peristiwa sejarah, serta suara – suara lingkungan yang khas pada waktu lampau/saat itu.

2.4.4. Proses memahami *soundscape*

Berbeda dengan lingkungan akustik yang mengacu pada fenomena fisik, *soundscape* mengacu pada konstruksi persepi. *Soundscape* mempengaruhi seseorang melalui cara pandang dan cara menginterpretasikan suara di sekitar mereka (H. Zhang et al., 2021).



Gambar 8. Struktur *Perceptual Soundscape*. Sumber: Cao & Kang (2023)

Proses memahami *soundscape* melibatkan 3 tingkat, yaitu klasifikasi suara, penilaian suara, dan persepsi *soundscape*. Proses tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pengalaman pribadi, latar belakang budaya, dan ekspektasi. Adapun aspek persepsi suara yaitu sound classification, sound features, dan psychological reactions yang berkontribusi dalam pembentukan persepsi dan evaluasi *soundscape* (Cao & Kang, 2023).

2.4. Bunyi

Bunyi adalah fenomena fisik yang terjadi saat getaran mekanis merambat melalui medium elastis, seperti udara, air, atau benda padat dalam bentuk gelombang longitudinal. Bunyi terjadi ketika suatu objek bergetar, menciptakan perubahan

tekanan yang menyebar ke luar dari sumbernya. Saat gelombang ini mencapai telinga manusia, mereka menggetarkan gendang telinga dan kemudian diterjemahkan oleh otak sebagai suara yang dapat kita dengar. Howard & Angus (2017) menjelaskan bahwa bunyi tidak hanya fenomena fisik, namun juga persepsi subjektif yang bergantung pada interpretasi otak terhadap sinyal akustik.

Bunyi dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap persepsi manusia saat mengalami sebuah situasi. Teori mengenai persepsi nada menyatakan bahwa bagian yang berbeda dari membran basilar peka terhadap suara dengan frekuensi yang berbeda, sehingga nada suara dapat mempengaruhi persepsi seseorang terhadap suatu tempat (*Pitch Perception and Hearing Loss – General Psychology*, n.d.). Bunyi – bunyi yang dihasilkan oleh suatu lingkungan dapat membentuk sebuah persepsi mengenai tempat tersebut. Seperti mendengarkan deburan ombak di pinggir pantai, menstimulasi otak dan tubuh untuk rileks sehingga membuat pemikiran bahwa pantai merupakan tempat yang dapat memberikan ketenangan. Akan berbeda saat berada di tengah kota yang penuh kebisingan kendaraan yang berpotensi membuat stress. Bunyi dari suatu tempat juga dapat diasosiasikan dengan peristiwa budaya atau sejarah yang dapat mempengaruhi persepsi mengenai tempat tersebut, seperti suara lonceng berdentang yang khas di gereja membangkitkan rasa tradisi atau sejarahnya (Oxenham, 2018).

2.4.1. Intensitas Bunyi

Intensitas adalah salah satu aspek kunci dari bunyi yang menentukan seberapa keras atau lembut manusia memahami suara. Secara fisik, intensitas bunyi diukur dalam watt per meter persegi (W/m^2) yang menunjukkan jumlah energi yang dibawa oleh gelombang bunyi melalui area tertentu. Dalam akustik, intensitas bunyi sering dinyatakan dalam desibel (dB), skala logaritmik yang lebih sesuai dengan persepsi manusia tentang keras bunyi. Telinga manusia memiliki rentang dinamis untuk mendengar suara sepelan 0 dB (ambang pendengaran) hingga 120 dB (ambang rasa sakit) (Moore, 2018). Faktor lain yang memengaruhi intensitas adalah jarak dari sumber bunyi, sesuai dengan hukum kuadrat terbalik dimana intensitas bunyi berkurang empat kali lipat setiap kali jarak dari sumber dua kali lipat.

2.4.2. Frekuensi Bunyi

Frekuensi bunyi, diukur dalam Hertz (Hz), adalah jumlah getaran yang terjadi per – detik, yang dipersepsikan sebagai nada (pitch). Manusia umumnya dapat mendengar frekuensi antara 20 Hz (rendah) hingga 20.000 Hz (tinggi), meskipun rentang ini menyempit dengan bertambahnya usia. Sensitivitas pendengaran manusia tidak seragam di seluruh spektrum, berkisar pada 2.000 Hz – 5.000 Hz (Fastl & Zwicker, 2007). Nada musical terdiri dari frekuensi dasar dan *overtone*–nya, bersama – sama membentuk timbre atau warna suara yang memungkinkan manusia untuk membedakan instrumen musik meskipun dimainkan pada nada yang tidak sama.

2.4.3. Kebisingan

Kebisingan, dalam konteks akustik, didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan atau mengganggu. Berglund et al. (2020) menekankan bahwa kebisingan bukan hanya masalah fisik tetapi juga psikologis. Suara yang sama bisa dianggap kebisingan oleh satu orang tetapi tidak oleh yang lain, tergantung pada konteks dan preferensi individual. Kebisingan sering terdiri dari berbagai frekuensi dan intensitas yang bercampur tanpa pola yang jelas, seperti bunyi lalu lintas atau konstruksi. Penelitian menunjukkan bahwa paparan kebisingan kronis dapat menyebabkan masalah kesehatan serius, termasuk gangguan tidur, peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, dan penurunan kinerja kognitif. Di sisi lain, beberapa jenis kebisingan kadang – kadang digunakan untuk menyamarkan suara yang mengganggu atau membantu relaksasi (*white noise* atau *pink noise*).

2.5. Mengukur Bunyi

2.5.1. Intensitas bunyi

Berdasarkan SNI 7231:2009, tingkat tekanan bunyi diukur dengan alat *sound level meter* yang memiliki kelengkapan Leq A dengan rentang waktu tertentu pada pembobotan waktu S. Tekanan bunyi menyentuk membran mikropon pada alat, sinyal bunyi diubah menjadi sinyal listrik dilewatkan pada filter pembobotan (*weighting network*), sinyal dikuatkan oleh amplifier diteruskan pada layar hingga dapat terbaca tingkat intensitas bunyi yang terukur. Kelengkapan alat minimal memiliki (1) skala pembobotan A dan (2) kecepatan respon pada pembobotan waktu slow (S). Variasi SPL meter yang dapat digunakan dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Contoh alat SPL Meter. Sumber:

- (1) [Phonic PAA3 Handheld Audio Analyzer | SPL Sound Meter \(acousticalsurfaces.com\)](http://www.acousticalsurfaces.com/Phonic-PAA3-Handheld-Audio-Analyzer-SPL-Sound-Meter).
- (2) https://www.northerntool.com/shop/tools/product_200321293_200321293.
- (3) <http://www.homedepot.com/p/Extech-Instruments-Digital-Sound-Level-Meter-407730/203821728>

Idealnya pengukuran dilakukan dalam waktu 24 jam/hari pada rentang waktu yang berbeda untuk memperoleh data yang lebih rinci. Namun karena keterbatasan kemampuan alat ukur dan waktu perizinan, maka pengambilan data disederhanakan dalam rentang waktu 8 jam/hari dengan asumsi 16 jam sisanya adalah waktu tenang.

Pengukuran intensitas bunyi mengacu pada cara sederhana KEPMENLH No. 48/MenLH/11/1996, dengan waktu pengukuran selama 10 menit dan pembacaan data selama 5 detik. Data yang diperoleh selama 10 menit ada sebanyak 120 data dan kemudian dilakukan perhitungan data untuk mengetahui nilai kebisingan. Nilai kebisingan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$L_{eq(1\text{ menit})} = 10 \log \frac{1}{60} \left(\sum n_i \times 10^{\frac{L_i}{12}} \right), [1]$$

$$L_{eq(10\text{ menit})} = 10 \log \frac{1}{10} \left(\sum n_i \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right), [2]$$

L_{eq} = Equivalent Continuous Noise Level atau Tingkat Kebisingan Sinambung Setara

n_i = jumlah pengamatan

L_i = nilai tengah kelas 1 (dBA)

L_{eq} merupakan nilai tingkat kebisingan dari kebisingan yang berubah – ubah dalam periode waktu tertentu yang setara dengan tingkat kebisingan dari kebisingan ajeg (steady) pada selang waktu yang sama. Perhitungan data L_{eq} 1 menit dihitung dengan menggunakan rumus [1]. Rumus tersebut digunakan untuk menghitung setiap

menit data hingga memperoleh data L_{eq} 1 menit sampai 10 menit. Setelah memperoleh masing – masing nilai L_{eq} 1 menit, perhitungan L_{eq} 10 menit dilakukan menggunakan rumus [2].

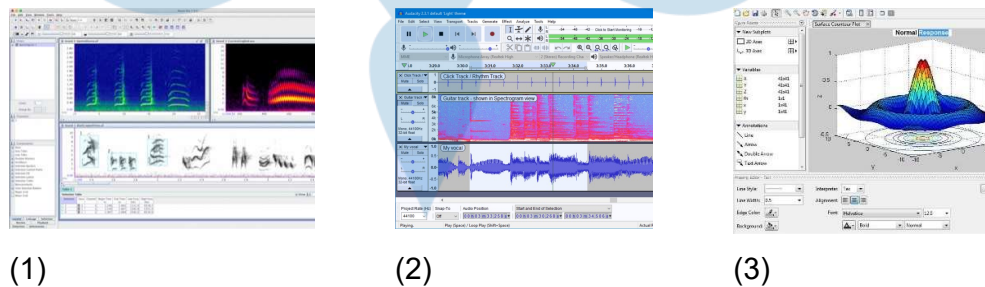
2.5.2. Pola bunyi

Mengukur pola bunyi menggunakan perekaman audio adalah salah satu teknik dalam akustik, musikologi, ekologi suara, dan analisis lingkungan. Pendekatan ini memungkinkan para peneliti untuk menangkap, me-visualisasikan, dan menganalisis karakteristik temporal dan spektral suara secara rinci. Perekaman audio memungkinkan analisis yang lebih kaya mengenai frekuensi, ritme, harmonik, dan dinamika.

Pemilihan dan penempatan mikrofon sangat penting. Untuk pengukuran lapangan, mikrofon omnidirectional dengan windscreen untuk menangkap suara dari segala arah dan meminimalkan *noise* angin. Kualitas perekaman direkomendasikan:

1. Sampling rate minimal 44.1 kHz (hingga 192 kHz untuk ultrasonik)
2. Kedalaman bit 24 – bit untuk rentang dinamis yang luas
3. Format file WAV atau FLAC untuk preservasi tanpa kompresi

Standar ISO 12913:2014 memberikan kerangka kerja untuk menganalisis *soundscape*, termasuk penggunaan rekaman audio untuk menekankan pentingnya konteks dan persepsi manusia. Standar ini mendorong penggunaan “deskriptor semantik” (nyaring, rendah, kasar) dan “deskriptor emosional” (menyenangkan, menenangkan) untuk menghubungkan pengukuran fisik dengan interpretasi.



Gambar 10. Contoh software untuk mengukur pola bunyi.

Sumber: (1) <https://ravensoundsoftware.com/software/raven-pro/>

(2) [Audacity® | Free Audio editor, recorder, music making and more! \(audacityteam.org\)](https://audacityteam.org/)

(3) <https://www.malavida.com/en/soft/matlab/linux/>

Berdasarkan kemampuan perangkat lunak, analisis pola bunyi dapat menggunakan *software* penunjang seperti Audacity, Raven, atau MATLAB untuk merepresentasikan:

1. *Waveform*: menampilkan amplitudo suara terhadap waktu guna untuk melihat *envelope (attack, delay, sustain release)* dan mengidentifikasi peristiwa transien. Suara impulsif seperti perkusi akan menunjukkan puncak tajam, sementara suara berkelanjutan seperti biola akan lebih bertahap.
2. *Spektrogram*: representasi 3D waktu – frekuensi – intensitas. Sumbu (x) adalah waktu dan sumbu (y) adalah frekuensi, sedangkan intensitas ditunjukkan oleh warna. Spektrogram digunakan untuk mengidentifikasi komponen frekuensi, perubahan frekuensi, dan mengukur *bandwidth* serta durasi bunyi.
3. *Power spectrum*: menunjukkan distribusi energi suara di seluruh frekuensi pada satu titik waktu.

2.6. Mengukur *Soundscape*

ISO 12913 – 2 menguraikan tiga metode untuk mengukur *soundscape* yaitu metode A (kuesioner pertanyaan tertutup), metode B (kuesioner pertanyaan tertutup dan pertanyaan terbuka), dan metode C (interview naratif). Setiap metode memiliki efektivitas yang berbeda dalam menilai aspek *soundscape* yang berbeda – beda (Jo & Jeon, 2021).

2.6.1. Metode A

Metode A adalah protokol pengumpulan data kuantitatif yang memungkinkan semua jawaban diungkapkan sebagai data numerik. Metode ini melibatkan kuesioner dengan tiga bagian, yaitu identifikasi sumber suara, kualitas afektif yang dirasakan, dan kualitas keseluruhan. Peserta atau responden dapat menilai setiap pertanyaan dengan 5 – poin skala Likert. Metode ini efektif untuk studi yang mengklasifikasikan ruang atau memeriksa kecenderungan umum di antara populasi besar.

2.6.2. Metode B

Metode B adalah protokol pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif yang menggabungkan data numerik dan karakter. Metode B juga menggunakan kuesioner namun mencakup pertanyaan terbuka untuk penilaian lingkungan suara, pengenalan dan peringkat sumber suara, dan komentar tambahan. Peserta dapat menilai pertanyaan menggunakan skala Likert 5 poin untuk beberapa bagian dan memberikan

tanggapan terbuka untuk bagian lainnya. Metode ini berguna untuk menghasilkan model prediksi persepsi dengan validasi statistik.

2.6.3. Metode C

Metode C adalah protokol pengumpulan data kualitatif yang mengungkapkan semua jawaban dalam bentuk lisan. Metode ini melibatkan wawancara naratif yang mempertimbangkan konteks tempat tinggal. Peserta dapat memberikan tanggapan bebas terhadap pertanyaan tentang sumber suara dan pemahaman mereka tentang lingkungan akustik. Metode ini direkomendasikan untuk studi yang memerlukan analisis mendalam tentang suatu ruang atau menargetkan populasi kecil.

2.7. Word Mining

Word mining atau *text mining* adalah metode yang digunakan dalam analisis *soundscape* untuk mengekstraksi informasi kualitatif dari data tekstual, seperti kuesioner atau transkrip wawancara. Metode word mining melibatkan beberapa tahapan:

1. Pengumpulan Data Tekstual yang relevan dengan *soundscape* seperti tanggapan terbuka dalam kuesioner atau transkrip wawancara.
2. Pra – Pemrosesan Teks Data dengan melakukan penghilangan kata – kata yang tidak relevan (stopwords), stemming (mengubah kata menjadi kata dasar), dan menghilangkan karakter khusus.
3. Ekstraksi Kata Kunci yang sering muncul dalam data teks, diidentifikasi dan diekstraksi menggunakan teknik seperti analisis frekuensi kata atau metode statistik lainnya
4. Analisis Kata Kunci yang diekstraksi untuk dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi pola, tren, atau asosiasi yang berkaitan dengan persepsi *soundscape*
5. Interpretasi dan Visualisasi hasil analisis kata kunci diinterpretasikan dalam konteks *soundscape* dan divisualisasikan menggunakan *wordcloud*.