

## ANALISIS KUALITAS BAKTERIOLOGIS UDARA DI PERMUKIMAN MASYARAKAT DUSUN LENDANG BATU SEKITAR TPA JUGIL KABUPATEN LOMBOK UTARA

YUSI RAMADANI, SUPHIA RAHMAWATI, NURHIDAYAH, WAHYUDIN

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia
  2. Program Studi Teknik Lingkungan, Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan Mataram
- Email: [suphia.rahmawati@uii.ac.id](mailto:suphia.rahmawati@uii.ac.id)

### ABSTRAK

*Kualitas udara tidak hanya ditentukan oleh parameter gas dan partikulat, tetapi juga oleh indikator mikrobiologi, karena bioaerosol yang mengandung bakteri dan jamur berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pernapasan. Aktivitas manusia dan dinamika lingkungan turut berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara. Penelitian ini bertujuan menilai kualitas bakteriologi udara di permukiman Dusun Lendang Batu yang berdekatan dengan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jugil, Kabupaten Lombok Utara, serta membandingkan kualitas udara dalam ruangan dan luar ruangan dengan standar kesehatan yang berlaku. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, dengan pengambilan sampel di tiga titik berbeda. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kualitas udara luar ruangan memiliki angka maksimum 6.710 CFU/m<sup>3</sup> pada titik kedua dan minimum 2.931 CFU/m<sup>3</sup> pada titik pertama. Sementara itu, udara dalam ruangan menunjukkan angka maksimum 3.567 CFU/m<sup>3</sup> pada titik pertama dan minimum 2.366 CFU/m<sup>3</sup> pada titik ketiga. Kedua hasil tersebut tidak memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam Kepmenkes No. 1405/MENKES/SK/XI/2004 dan Permenkes No. 1077/Menkes/Per/VIII/2011, yaitu 200–500 CFU/m<sup>3</sup>. Hasil uji korelasi Rank Spearman menunjukkan koefisien -0,500 dengan nilai Sig. 0,667 > 0,05. Hal ini menandakan tidak terdapat hubungan signifikan antara kualitas bakteriologis udara dalam dan luar ruangan.*

**Kata kunci:** bioaerosol, Dusun Lendang Batu, kualitas udara bakteriologi, settle plate, TPA Jugil.

### ABSTRACT

*Air quality is not only determined by gas and particulate parameters but also by microbiological indicators, as bioaerosols containing bacteria and fungi may cause respiratory health problems. Human activities and environmental dynamics contribute to the deterioration of air quality. This study aimed to assess the bacteriological air quality in the residential area of Dusun Lendang Batu, located near the Jugil Landfill in North Lombok Regency, and to compare indoor and outdoor air quality with applicable health standards. This research employed a descriptive quantitative approach, with sampling conducted at three different locations. The results showed that outdoor air quality had a maximum value of 6,710 CFU/m<sup>3</sup> at the second sampling point and a minimum value of 2,931 CFU/m<sup>3</sup> at the first point. Meanwhile, indoor air quality showed a maximum value of 3,567 CFU/m<sup>3</sup> at the first point and a minimum value of 2,366 CFU/m<sup>3</sup> at the third point. Both results exceeded the quality standards established by the Decree of the Minister of Health No. 1405/MENKES/SK/XI/2004 and the Regulation of the Minister of Health No. 1077/Menkes/Per/VIII/2011, which set the acceptable range at 200–500 CFU/m<sup>3</sup>. The Spearman Rank correlation test yielded a coefficient of -0.500 with a significance value of 0.667 (> 0.05), indicating that there is no significant relationship between indoor and outdoor bacteriological air quality.*

**Keywords:** bacteriological air quality, bioaerosols, Jugil landfill, Lendang Batu Hamlet, settle plate.

## 1. PENDAHULUAN

Udara merupakan elemen vital bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, berfungsi sebagai media respirasi sekaligus pelindung bumi dari perubahan iklim ekstrem (Manisolidis dkk., 2020). Namun, kualitas udara semakin terancam akibat meningkatnya aktivitas manusia, industrialisasi, serta dinamika lingkungan global.

Pencemaran udara memberikan dampak serius terhadap kesehatan masyarakat. Polusi udara dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk penyakit pernapasan seperti asma, bronkitis, infeksi saluran pernapasan atas (ISPA), hingga peningkatan risiko penyakit kardiovaskular dan kanker (Ye dkk., 2025). Paparan jangka panjang terhadap partikel halus  $PM_{2.5}$  dan  $PM_{10}$  bahkan dapat mengganggu keragaman mikrobioma usus, dengan anak laki-laki menunjukkan kerentanan lebih tinggi dibandingkan anak perempuan (Van Pee dkk., 2025). Menurut peraturan perundang-undangan di Indonesia, udara ambien adalah udara di lapisan troposfer permukaan bumi yang memengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, serta unsur lingkungan lainnya (Audrey R, 2022). Apabila kualitas udara menurun dan melampaui baku mutu yang ditetapkan, risiko gangguan kesehatan akan meningkat secara signifikan.

Penyebab pencemaran udara dapat berupa faktor fisik (debu dan partikel), kimia (gas beracun dari emisi kendaraan dan industri), maupun biologis berupa mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan jamur yang dapat bertahan hidup serta menyebar melalui udara (Afifah dkk., 2024). Di antara ketiga faktor tersebut, mikroorganisme patogen di udara sering menjadi ancaman yang kurang mendapat perhatian. Studi di unit perawatan luka bakar menunjukkan bahwa prosedur perawatan dapat memicu pelepasan partikel kulit dan patogen ke udara sehingga meningkatkan risiko infeksi nosokomial (Mellon dkk., 2025). Demikian pula di ruang operasi ortopedi, jumlah koloni mikroorganisme di udara meningkat seiring banyaknya staf medis dan aktivitas di dalam ruangan meskipun telah digunakan sistem ventilasi khusus (Böregård dkk., 2025). Permasalahan serupa juga ditemukan di lingkungan umum, misalnya bakteri patogen seperti *E. coli* dan *Salmonella* dari sungai tercemar yang berpotensi berpindah ke udara melalui aktivitas manusia (Yasmin dkk., 2023), serta tingginya angka bakteri udara di rumah sakit di Ethiopia (Getachew dkk. 2020).

Salah satu sumber utama mikroorganisme di udara pada lingkungan perkotaan dan perdesaan adalah tempat pembuangan sampah padat perkotaan merupakan sumber bioaerosol yang signifikan, yang meliputi bakteri, jamur, dan mikroorganisme lainnya yang dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia (Akpeimeh dkk., 2019a; G.S.J dkk., 2023; Zhang dkk., 2023). Proses pembusukan sampah organik di TPA menghasilkan bioaerosol yang mengandung bakteri patogen, yang kemudian dapat tersebar ke permukiman sekitar melalui angin dan aktivitas pengangkutan (Akpeimeh dkk., 2019b; Breza-Boruta, 2016; Kalani dkk., 2025). Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran serius bagi masyarakat yang tinggal di sekitar TPA, termasuk di Dusun Lendang Batu, Kabupaten Lombok Utara, yang setiap hari terpapar polusi udara akibat aktivitas TPA Jugil.

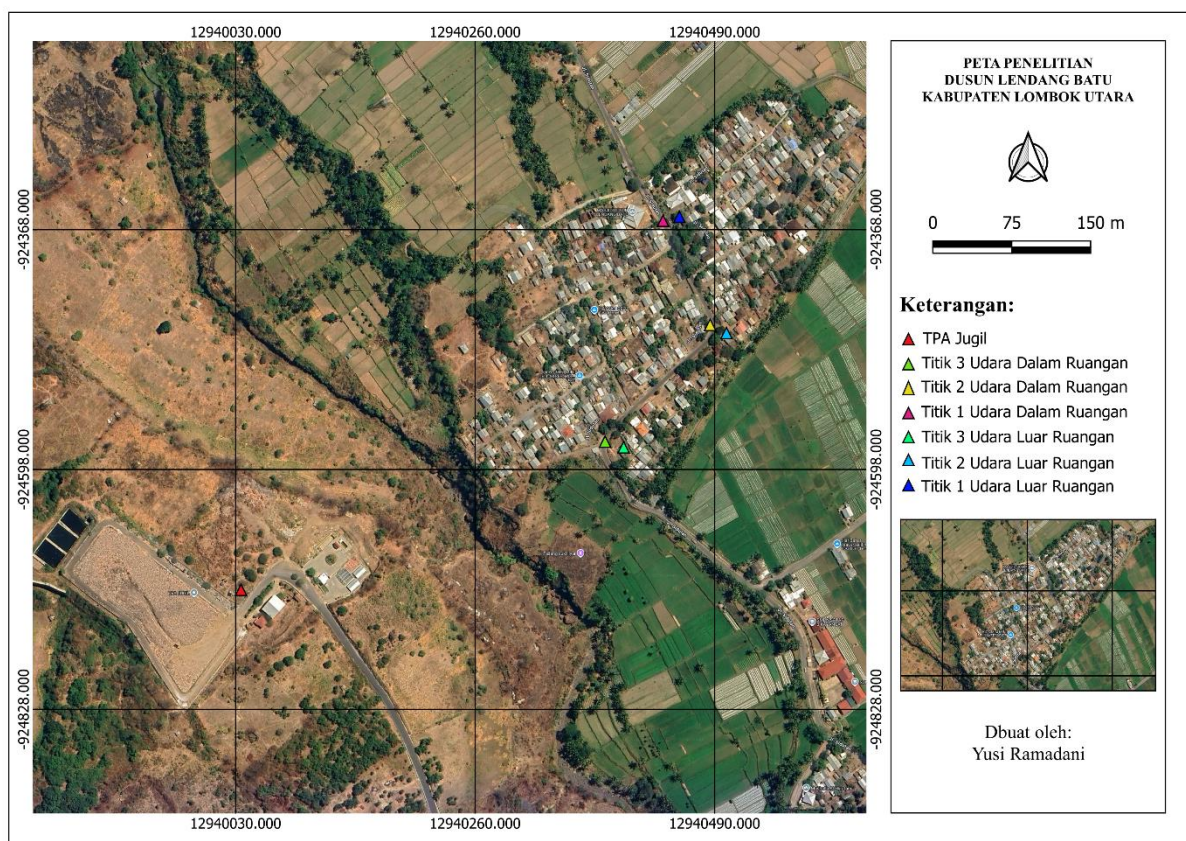
Oleh karena itu, kajian kualitas bakteriologis udara menjadi sangat penting, khususnya pada daerah permukiman di sekitar TPA. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas bakteriologis udara di permukiman masyarakat Dusun Lendang Batu sekitar TPA Jugil, Kabupaten Lombok Utara, dengan tujuan khusus: (1) Mengetahui apakah kualitas udara di wilayah tersebut memenuhi standar udara sehat sesuai Permenkes RI No. 1077/Menkes/Per/VIII/2011 dan Kepmenkes RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2002, serta (2) Membandingkan kualitas udara dalam ruangan dan luar ruangan pada permukiman

masyarakat Dusun Lendang Batu untuk menilai potensi risiko kesehatan lingkungan akibat paparan polutan udara.

Urgensi penelitian ini diperkuat oleh tingginya beban penyakit pernapasan akibat pencemaran udara, baik dari polutan kimia maupun mikroba. Data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lombok Utara tahun 2023 mencatat ISPA sebagai penyakit dengan jumlah kasus tertinggi, yaitu 17.512 kasus. Dengan lokasi Dusun Lendang Batu yang sangat berdekatan dengan TPA Jugil, masyarakat setempat berpotensi besar terpapar polusi udara yang mengandung mikroorganisme patogen. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan sebagai dasar ilmiah untuk menilai kualitas udara di permukiman masyarakat Dusun Lendang Batu sekitar TPA Jugil, Kabupaten Lombok Utara.

## 2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Lendang Batu, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Dusun ini terletak sangat dekat (< 300 meter) dengan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jugil dan menjadi permukiman utama yang setiap hari dilalui truk pengangkut sampah menuju TPA. Lokasi penelitian dan posisi relatif TPA Jugil terhadap permukiman digambarkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: QGIS, 2026)**

Pada gambar 1, proses pengambilan sampel udara dilakukan secara serentak pada udara luar ruangan dan udara dalam ruangan di tiga titik representatif yang dipilih menggunakan teknik *simple random sampling* berdasarkan kerangka sampling yang mempertimbangkan

jarak serta arah angin dominan dari TPA. Berdasarkan pola angin, titik 2 merupakan lokasi yang paling dipengaruhi oleh arah angin dominan, sedangkan titik 1 dan titik 3 menerima pengaruh yang relatif lebih rendah. Pada peta lokasi, warna label merah menunjukkan posisi TPA Jugil, warna label segitiga biru tua, biru muda, hijau kebiruan menandai titik sampel udara luar ruangan, sementara warna label segitiga hijau, kuning, ungu menandai titik sampel udara dalam ruangan.

Pada setiap titik luar ruangan tersebut, secara bersamaan dipilih satu rumah penduduk terdekat (jarak < 20 m) untuk mewakili sampel udara dalam ruangan. Dengan demikian, total terdapat enam lokasi pengambilan sampel: tiga luar ruangan dan tiga dalam ruangan.

Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik *pasif sedimentation* atau *settle plate method* dengan mengacu pada *Index of Microbial Air Contamination* (IMA) yang dikembangkan (Pasquarella dkk., 2000) serta sesuai standar nasional (SNI 19-0232-2005 dan Permenkes RI No. 1077/Menkes/Per/VIII/2011). Teknik ini dipilih karena sederhana, murah, dan banyak digunakan untuk memantau total bakteri udara di lingkungan permukiman. Adapun alat pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



**Gambar 2. pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik *pasif sedimentation* (Sumber: Google, 2026)**

Sebelum digunakan dalam proses pengambilan sampel, seluruh cawan petri terlebih dahulu disterilisasikan untuk memastikan tidak adanya kontaminasi awal. Penelitian ini menggunakan beberapa alat, yaitu *cool box*, autoclave, karet bulb, Bunsen, cawan petri, Erlenmeyer, dan inkubator, sedangkan bahan yang digunakan meliputi akuades, alkohol, *hand scoon*, label, serta media Nutrient Agar (NA). Setelah proses persiapan alat dan bahan, sebanyak 12 cawan petri berdiameter 9 cm yang telah diisi media NA digunakan untuk pengambilan sampel udara. Pengukuran dilakukan dalam dua kali ulangan (*duplo*) guna memastikan tingkat keakuratan hasil. Seluruh cawan petri tersebut kemudian dibagi merata ke tiga titik sampling, sehingga setiap titik memiliki empat cawan petri; dua ditempatkan di luar ruangan dan dua lainnya ditempatkan di dalam ruangan rumah penduduk. Pada setiap lokasi, cawan petri diletakkan pada ketinggian 1–1,5 meter dari lantai, yang mewakili zona pernapasan manusia, kemudian dibiarkan terbuka selama 30 menit agar partikel udara yang membawa mikroorganisme dapat mengendap secara alami melalui gaya gravitasi (*settle plate method*). Penggunaan media NA dipilih karena sifatnya yang non-selektif sehingga mampu mendukung pertumbuhan berbagai jenis bakteri aerob mesofil di lingkungan. Dengan demikian, hasil akhir pengukuran mencerminkan total bakteri udara (*total plate count*), sehingga memberikan gambaran umum mengenai kualitas mikrobiologis udara di masing-masing titik pengamatan.

Setelah paparan selesai, cawan Petri segera ditutup, diberi label, dimasukkan ke dalam *cool box*, dan dibawa ke laboratorium. Di laboratorium, semua cawan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam. Koloni bakteri yang tumbuh kemudian dihitung secara manual dan dikonversi ke dalam satuan CFU/m<sup>3</sup> menggunakan rumus standar *settle plate*:

$$X = \frac{\sum fx}{\sum f} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum y = \frac{CFU}{m^3} \times X \dots \dots \dots (2)$$

1 Koloni dihitung 35,32 CFU/m<sup>3</sup>

Keterangan:

- X = Hasil rata-rata koloni
- $\sum fx$  = Jumlah koloni dalam cawan petri
- $\sum f$  = Jumlah cawan petri
- $\sum y$  = Jumlah koloni dalam ruangan

Hasil perhitungan selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu udara dalam ruangan dan ambien sesuai Kepmenkes RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2004 dan Permenkes RI No. 1077/Menkes/Per/VIII/2011, yaitu maksimum 500 CFU/m<sup>3</sup> untuk total bakteri udara (Kadiri, 2016; Kemenkes, 2011).

Untuk mengetahui hubungan antara kualitas udara luar ruangan dan dalam ruangan, data dianalisis menggunakan perangkat lunak IBM SPSS versi 27. Uji normalitas menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal, sehingga digunakan uji korelasi non-parametrik Rank Spearman. Uji ini dipilih karena sesuai untuk jumlah sampel terbatas dan tidak mensyaratkan distribusi data normal.

Selain analisis korelasi, dilakukan pula uji hipotesis untuk mengetahui perbedaan kualitas udara antara lingkungan luar dan dalam ruangan. Karena data tidak berdistribusi normal, uji Mann–Whitney digunakan sebagai alternatif uji parametrik untuk menguji perbedaan median antar kelompok. Penggunaan kedua pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait hubungan dan perbedaan kualitas udara antara lingkungan luar dan dalam ruangan. Kekuatan hubungan diinterpretasikan berdasarkan tabel 1 sebagai berikut:

**Tabel 1. Kriteria Tingkat Kekuatan Korelasi Uji *Rank Spearman***

| <b>Nilai Koefisien</b> | <b>Interpretasi</b>    |
|------------------------|------------------------|
| 0,00 – 0,25            | Hubungan Sangat Lemah  |
| 0,26 – 0,50            | Hubungan Cukup         |
| 0,51 – 0,75            | Hubungan Hubungan Kuat |
| 0,76 – 0,99            | Hubungan Sangat Kuat   |
| 1,00                   | Hubungan Sempurna      |

Dengan rangkaian metode tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang akurat dan ilmiah mengenai tingkat kontaminasi bakteriologis udara di permukiman Dusun Lendang Batu serta sejauh mana aktivitas TPA Jugil berkontribusi terhadap kualitas udara yang dihirup masyarakat setiap hari.

### 3.HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Jumlah koloni Bakteri

Jumlah koloni bakteri yang terukur pada udara luar dan udara dalam ruangan menunjukkan bahwa seluruh titik pengamatan berada jauh di atas batas standar kualitas udara mikrobiologis menurut Permenkes (200–500 CFU/m<sup>3</sup>). Pada udara dalam ruangan, jumlah koloni tercatat sebesar 3.567 CFU/m<sup>3</sup> pada Titik I, 3.532 CFU/m<sup>3</sup> pada Titik II, dan 2.366 CFU/m<sup>3</sup> pada Titik III. Sementara itu, udara luar menunjukkan variasi yang lebih mencolok, yaitu 2.931 CFU/m<sup>3</sup> pada Titik I, meningkat tajam menjadi 6.710 CFU/m<sup>3</sup> pada Titik II, dan kembali turun menjadi 3.849 CFU/m<sup>3</sup> pada Titik III. Pola ini memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah koloni udara luar paling tinggi terjadi pada Titik II, yang dipengaruhi oleh arah angin dominan yang membawa paparan mikroorganisme dari TPA ke titik tersebut. Sebaliknya, pada udara dalam ruangan, nilai tertinggi justru terdapat pada Titik I, yang mengindikasikan bahwa aktivitas penghuni rumah seperti mobilitas dalam ruangan, ventilasi kurang optimal, atau kegiatan domestik lebih berpengaruh terhadap peningkatan jumlah bakteri dibandingkan jarak terhadap TPA. Dengan demikian, variasi koloni antar-titik mencerminkan bahwa sebaran bakteri udara dipengaruhi oleh kombinasi faktor eksternal seperti arah angin serta faktor internal seperti aktivitas rumah dan kualitas ventilasi.

Secara keseluruhan, perbandingan antara udara luar dan dalam ruangan menunjukkan bahwa kontaminasi bakteri di luar ruangan lebih tinggi dan cenderung dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti arah angin dan kedekatan relatif dengan TPA, sedangkan kualitas udara dalam ruangan lebih dipengaruhi oleh faktor internal masing-masing rumah. Penelitian ini tidak menggunakan titik sampling kontrol yang sepenuhnya bebas dari pengaruh operasional TPA karena keterbatasan wilayah permukiman dan kondisi geografis lokasi penelitian. Meskipun demikian, analisis perbandingan antar titik sampling memberikan gambaran spasial mengenai variasi kontaminasi bakteri udara di sekitar TPA. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas udara di kawasan tersebut dipengaruhi oleh kombinasi faktor lingkungan dan kondisi bangunan, sehingga upaya pengendalian risiko kesehatan perlu memperhatikan kedua aspek tersebut. Data jumlah bakteri udara pada setiap titik

pengamatan diperoleh dari hasil pengukuran berulang dan disajikan dalam bentuk nilai rata-rata. Gambaran lengkap mengenai jumlah koloni bakteri di udara luar dan dalam ruangan pada ketiga titik pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Jumlah Angka Bakteri Luar Ruangan dan Dalam Ruangan**

| Pengamatan | Bakteri Udara Luar Ruangan (CFU/m <sup>3</sup> ) | Bakteri Udara Dalam Ruangan (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ket. Standar 200-500 CFU/m <sup>3</sup> |
|------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Titik I    | 2.931                                            | 3.567                                             | Tidak Memenuhi Standar                  |
| Titik II   | 6.710                                            | 3.532                                             | Tidak Memenuhi Standar                  |
| Titik III  | 3.849                                            | 2.366                                             | Tidak Memenuhi Standar                  |

### 3.2 Warna Koloni Bakteri

Warna koloni merupakan parameter penting dalam analisis mikrobiologi karena berfungsi sebagai karakter fenotipik awal yang dapat memberikan informasi mengenai keberadaan pigmen spesifik pada bakteri. Pigmen ini tidak hanya berperan sebagai penanda identifikasi, tetapi juga mencerminkan kemampuan adaptasi bakteri terhadap tekanan lingkungan seperti paparan sinar ultraviolet, kekeringan, dan oksidasi. Oleh sebab itu, variasi warna koloni yang muncul pada media kultur dapat menjadi indikator keragaman mikroorganisme serta sumber kontaminasi yang memengaruhi kualitas udara di lingkungan sekitar. Koloni berwarna kuning keemasan atau jingga, misalnya, sering kali berkaitan dengan bakteri penghasil pigmen karotenoid seperti *Micrococcus luteus* atau *Staphylococcus aureus*, sedangkan koloni berwarna putih hingga krem umumnya menunjukkan bakteri non-pigmentatif seperti *Bacillus spp.* atau kelompok bakteri yang lebih umum ditemukan pada debu dan tanah (Sousa dkk., 2013; Zhao dkk., 2025). Dengan demikian, pengamatan warna koloni berfungsi sebagai tahap penyaringan awal sebelum dilakukan identifikasi lanjutan melalui uji biokimia atau molekuler, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Karakteristik Menurut Warna Koloni**

| Pengamatan | Warna |        |       |      |        |              |
|------------|-------|--------|-------|------|--------|--------------|
|            | Putih | Kuning | Kream | Pich | Orange | Putih Tulang |
| Titik I    | 76    | 24     | 56    | 4    | 3      | 3            |
| Titik II   | 29    | -      | 305   | 5    | 41     | -            |
| Titik III  | 21    | 15     | -     | 10   | 17     | 156          |

Berdasarkan hasil pengamatan sampel udara luar ruangan, variasi warna koloni menunjukkan distribusi yang berbeda pada tiap titik pengukuran. Titik I memperlihatkan dominasi koloni putih (76) dan krem (56), yang mengindikasikan keberadaan bakteri saprofit umum yang banyak ditemukan pada tanah, debu, dan lingkungan terbuka. Kehadiran koloni kuning dan orange dalam jumlah lebih rendah menunjukkan kemungkinan pengaruh paparan sinar matahari serta perpindahan mikroorganisme melalui angin. Pada titik II, warna krem mendominasi secara signifikan (305), disertai peningkatan koloni berwarna orange (41). Kondisi ini mengarah pada dugaan kuat bahwa titik tersebut mendapatkan paparan lebih besar dari sumber luar seperti TPA, mengingat bakteri berpigmen cenderung muncul pada lingkungan yang kaya bahan organik dan terpapar sinar UV. Titik III menunjukkan pola berbeda dengan dominasi koloni putih tulang (156) dan jumlah koloni orange serta pich yang lebih tinggi dibanding titik lainnya. Jumlah koloni berwarna putih tulang yang dominan dapat mengindikasikan keberadaan bakteri pembentuk spora seperti *Bacillus*, yang memiliki ketahanan tinggi terhadap kondisi lingkungan dan berpotensi tersebar melalui udara dari area TPA, terutama saat aktivitas pengelolaan sampah dan pergerakan angin meningkat. Sementara itu, koloni berwarna oranye dan peach

berpotensi berkaitan dengan mikroorganisme yang tumbuh pada bahan organik yang sedang mengalami proses dekomposisi di lingkungan sekitar, karakteristik koloni berdasarkan warna tersebut disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Karakteristik Menurut Warna Koloni**

| Pengamatan | Warna |        |       |      |        |
|------------|-------|--------|-------|------|--------|
|            | Putih | Kuning | Kream | Pich | Orange |
| Titik I    | 100   | 27     | 46    | 3    | 27     |
| Titik II   | 5     | 11     | 139   | 10   | 35     |
| Titik III  | 20    | 18     | 11    | 64   | 22     |

Sementara itu, sampel udara dalam ruangan menunjukkan pola warna yang relatif berbeda dari udara luar. Pada titik I dalam ruangan, dominasi warna putih (100) dan kream (46) menggambarkan karakteristik udara yang terutama dipengaruhi oleh aktivitas domestik seperti pergerakan manusia, debu rumah tangga, serta material interior. Titik II memperlihatkan jumlah koloni kream yang sangat tinggi (139) serta warna orange (35), yang kemungkinan besar berasal dari paparan udara luar melalui ventilasi atau celah bangunan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun berada di dalam ruangan, titik II memiliki tingkat pertukaran udara yang cukup besar sehingga memungkinkan masuknya bakteri berpigmen dari lingkungan sekitar. Titik III menampilkan karakter berbeda dengan dominasi warna pich (64), yang dapat menggambarkan keberadaan bakteri fermentatif atau kontaminasi dari aktivitas dapur dan area lembap di dalam rumah. Variasi warna dalam ruangan ini memperlihatkan bahwa aktivitas harian penghuni rumah, tingkat kebersihan, serta sirkulasi udara berperan penting dalam menentukan keragaman koloni yang terbentuk.

Jika dilakukan perbandingan antara ketiga titik udara luar ruangan, pola yang muncul menunjukkan bahwa area yang lebih dekat atau lebih terpapar arah angin dari TPA cenderung memiliki keragaman warna koloni yang lebih tinggi. Titik II dan Titik III memperlihatkan variasi warna yang lebih kompleks dibandingkan Titik I, terutama meningkatnya warna orange, pich, dan kream yang sangat dominan. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa TPA menghasilkan bioaerosol yang kaya akan bakteri berpigmen akibat proses pembusukan bahan organik, aktivitas kendaraan pengangkut sampah, serta pergerakan angin yang membawa partikel mikroorganisme (Akpeimeh dkk., 2019b; Iqbal dkk., 2024). Dengan demikian, pola warna yang muncul pada titik pengamatan luar ruangan dapat dianggap sebagai indikator visual dari tingkat paparan bioaerosol TPA terhadap lingkungan pemukiman.

Variasi warna tertentu yang meningkat pada titik yang lebih dekat dengan TPA juga dapat dikaitkan dengan sumber mikroorganisme spesifik. Warna orange dan kuning, misalnya, kerap dihasilkan oleh bakteri yang memiliki kemampuan bertahan pada kondisi luar ruangan dan pada proses pembusukan, sehingga kemunculannya dalam jumlah besar pada titik-titik yang lebih dekat dengan TPA menunjukkan hubungan langsung dengan aktivitas dekomposisi sampah. Warna kream yang sangat mendominasi pada titik II juga dapat dikaitkan dengan keberadaan kelompok bakteri *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas*, atau *Bacillus* yang biasa ditemukan pada bioaerosol TPA (Kim dkk., 2018; Nair, 2021). Sementara itu, warna pich yang meningkat pada titik III dalam ruangan dapat menunjukkan kontaminasi silang dari luar maupun pengaruh aktivitas domestik seperti dapur dan area penyimpanan bahan makanan. Hubungan antara warna koloni dan potensi sumbernya ini memperlihatkan bahwa setiap variasi warna bukan sekadar fenomena visual, tetapi mencerminkan dinamika mikroorganisme yang masuk dan menyebar pada lingkungan pemukiman (Yu dkk., 2023).

Secara keseluruhan, variasi warna koloni bakteri pada sampel udara luar dan dalam ruangan menggambarkan perbedaan sumber kontaminasi yang memengaruhi masing-masing lokasi. Udara luar ruangan cenderung menunjukkan keragaman warna yang lebih besar akibat paparan langsung terhadap angin, aktivitas TPA, debu jalan, serta pergerakan kendaraan. Sebaliknya, udara dalam ruangan menunjukkan pola warna yang lebih terkonsentrasi pada warna putih dan krem, meskipun tetap terdapat variasi warna lain akibat pertukaran udara dan aktivitas domestik. Konsistensi pola tersebut menunjukkan bahwa karakteristik warna koloni dapat digunakan sebagai indikator awal untuk memahami peran sumber kontaminasi lingkungan dalam memengaruhi kualitas udara di permukiman, terutama yang berada di sekitar TPA aktif.

### 3.3 Pewarnaan Gram

Hasil pengamatan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh titik pengamatan di lingkungan luar TPA didominasi oleh bakteri Gram positif, ditandai dengan munculnya koloni berwarna putih, kuning, krem, pich, orange, dan putih tulang. Variasi warna yang luas serta jumlah koloni yang sangat tinggi, seperti koloni krem pada Titik II yang mencapai 305+, mengindikasikan bahwa udara luar TPA sarat dengan partikel organik, debu, serta paparan lingkungan ekstrem. Kondisi ini menciptakan tekanan seleksi yang kuat, sehingga bakteri yang mampu bertahan adalah kelompok Gram positif yang memiliki lapisan peptidoglikan tebal dan ketahanan tinggi terhadap kekeringan, radiasi UV, dan fluktuasi suhu. Keberagaman dan intensitas koloni yang tercatat pada Tabel 5 memperkuat dugaan bahwa sumber bakteri dominan berasal dari lingkungan tanah, sampah organik, dan material yang terpapar langsung oleh cuaca.

**Tabel 5. Pewarnaan Gram Udara Luar Ruangan**

| Pengamatan | Pewarnaan Gram |        |       |      |        |              |
|------------|----------------|--------|-------|------|--------|--------------|
|            | Putih          | Kuning | Kream | Pich | Orange | Putih Tulang |
| Titik I    | 76+            | 24+    | 56+   | 4+   | 3+     | 3+           |
| Titik II   | 29+            | -      | 305+  | 5+   | 41+    | -            |
| Titik III  | 21+            | 15+    | -     | 10+  | 17+    | 156+         |

Sementara itu, Tabel 6 menunjukkan pola dominasi gram positif yang tetap kuat, namun dengan karakteristik koloni yang lebih stabil dan jumlah yang tidak sefluktuatif udara luar. Warna koloni yang muncul putih, kuning, krem, dan oranye masih menggambarkan keberadaan kelompok gram positif, tetapi distribusinya lebih merata antar titik pengamatan. Koloni krem pada Titik II yang mencapai 139+ menunjukkan bahwa aktivitas bakteri Gram positif tetap tinggi dalam ruangan, meskipun intensitasnya tidak seekstrem kondisi udara luar. Kondisi lingkungan dalam ruangan yang relatif terlindung dari paparan langsung sinar matahari, angin, dan variasi suhu ekstrem menciptakan iklim mikro yang lebih stabil, sehingga mendukung persistensi dan pertumbuhan bakteri gram positif. Selain itu, aktivitas penghuni, pergerakan udara yang terbatas, serta keberadaan permukaan seperti lantai, dinding, dan perabotan turut berkontribusi sebagai reservoir mikroorganisme. Bakteri komensal seperti *Staphylococcus* dan *Micrococcus* yang umumnya berasal dari kulit manusia, saluran pernapasan, serta debu domestik dapat terus bersirkulasi dalam ruang tertutup, sehingga mempertahankan dominasi Gram positif. Data pada Tabel 6 memperlihatkan bahwa meskipun lingkungan indoor lebih terkendali dibandingkan luar ruangan, kelompok gram positif tetap mendominasi karena daya adaptasinya yang tinggi terhadap kondisi kering

dan kemampuannya bertahan pada permukaan dalam waktu relatif lama, sehingga menjelaskan pola distribusi yang konsisten namun tidak terlalu fluktuatif.

**Tabel 6. Pewarnaan Gram Udara Dalam Ruangan**

| Pengamatan | Pewarnaan Gram |        |       |      |        |
|------------|----------------|--------|-------|------|--------|
|            | Putih          | Kuning | Kream | Pich | Orange |
| Titik I    | 100+           | 27+    | 46+   | 3+   | 27+    |
| Titik II   | 5+             | 11+    | 139+  | 10+  | 35+    |
| Titik III  | 20+            | 18+    | 11+   | 64+  | 22+    |

Jika kedua tabel dibandingkan secara langsung, terlihat bahwa Tabel 3 memperlihatkan variasi dan jumlah koloni jauh lebih besar dibanding Tabel 6, yang menunjukkan bahwa tekanan lingkungan luar TPA jauh lebih keras dan selektif. Sebaliknya, Tabel 6 menampilkan pola yang lebih stabil, menggambarkan sumber bakteri yang lebih konsisten dari aktivitas dalam ruangan. Secara keseluruhan, posisi kedua tabel ini memperkuat kesimpulan bahwa baik di lingkungan luar maupun dalam ruangan, Gram positif mendominasi karena kemampuan biologisnya untuk beradaptasi dan bertahan dalam berbagai kondisi, sejalan dengan temuan (Afifah dkk., 2024; Nurhidayah dkk., 2023).

### 3.4 Hubungan Bakteriologi Udara Dalam Dan Luar Ruangan

Untuk melihat sejauh mana kondisi bakteriologis udara dalam ruangan dipengaruhi oleh kualitas udara luar, dilakukan analisis statistik menggunakan uji Rank Spearman. Uji ini dipilih karena sesuai untuk data dengan jumlah sampel kecil serta tidak menuntut distribusi data yang normal. Melalui pendekatan ini, hubungan antara tingkat bakteri di kedua lingkungan dapat diamati secara lebih objektif, sehingga memberikan gambaran apakah kontaminasi bakteri dari area luar berpotensi masuk dan memengaruhi kondisi udara dalam ruangan. Hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 7, yang menunjukkan arah hubungan, kekuatan korelasi, serta tingkat signifikansinya

**Tabel 7. Hasil Uji *Rank Spearman* Bakteri Dalam Ruangan dan Luar Ruangan**

| Correlations               |                 | Bakteriologis Dalam Ruangan | Bakteriologis Luar Ruangan |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|
| Spearman's rho             | Correlation     | 1.000                       | -.500                      |
|                            | Coefficient     |                             |                            |
|                            | Sig. (2-tailed) | .                           | .667                       |
|                            | N               | 3                           | 3                          |
|                            | Correlation     | -.500                       | 1.000                      |
|                            | Coefficient     |                             |                            |
| Bakteriologis Luar Ruangan | Sig. (2-tailed) | .667                        | .                          |
|                            | N               | 3                           | 3                          |

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 7, nilai koefisien korelasi Spearman antara bakteriologis udara dalam ruangan dan udara luar ruangan adalah  $-0,500$ . Nilai korelasi negatif ini menunjukkan adanya kecenderungan bahwa peningkatan jumlah bakteri di udara luar tidak selaras dengan peningkatan bakteri di dalam ruangan, melainkan bergerak berlawanan arah. Meskipun demikian, nilai signifikansi (*Sig. 2-tailed*) sebesar  $0,667$  menunjukkan bahwa hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, pola hubungan yang terdeteksi tidak cukup kuat untuk disimpulkan sebagai hubungan yang bermakna. Temuan ini menunjukkan bahwa variasi bakteriologis udara dalam ruangan tidak semata-mata ditentukan oleh kondisi udara luar di sekitar bangunan, melainkan lebih

dipengaruhi oleh faktor internal ruangan seperti aktivitas manusia, sistem ventilasi, serta karakteristik dan struktur bangunan. Dengan demikian, kualitas udara dalam ruangan cenderung memiliki karakteristik tersendiri dan tidak selalu mencerminkan kondisi bakteriologis udara di luar bangunan.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil sampling, pengolahan, dan analisis data, kualitas udara luar ruangan menunjukkan angka maksimum 6.710 CFU/m<sup>3</sup> pada titik kedua dan minimum 2.931 CFU/m<sup>3</sup> pada titik pertama. Nilai ini melebihi standar Kepmenkes No. 1405/MENKES/SKXI/2004 (200–500 CFU/m<sup>3</sup>), sehingga tidak memenuhi baku mutu. Pada udara dalam ruangan, diperoleh angka maksimum 3.567 CFU/m<sup>3</sup> pada titik pertama dan minimum 2.366 CFU/m<sup>3</sup> pada titik ketiga, yang juga melampaui standar Permenkes No. 1077/MENKES/Per/VIII/2011 (200–500 CFU/m<sup>3</sup>). Hasil uji statistik menunjukkan koefisien korelasi sebesar -0,500 dengan nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,667 (>0,05). Hasil penelitian ini mengimplikasikan bahwa upaya pengendalian kualitas udara dalam ruangan di kawasan sekitar TPA tidak dapat hanya bergantung pada perbaikan kualitas udara luar. Meskipun udara luar menunjukkan tingkat kontaminasi bakteri yang tinggi, hubungan yang tidak signifikan secara statistik dengan udara dalam ruangan menunjukkan bahwa faktor internal bangunan memegang peranan penting. Oleh karena itu, langkah pengendalian perlu difokuskan pada peningkatan ventilasi alami maupun buatan, pengaturan aktivitas penghuni, serta perbaikan desain dan pemeliharaan bangunan. Selain itu, temuan bahwa seluruh titik pengamatan melampaui baku mutu yang ditetapkan menunjukkan perlunya intervensi pada skala lingkungan, khususnya pengelolaan operasional TPA dan penataan zona permukiman di sekitarnya. Pemerintah daerah dan pemangku kepentingan terkait perlu memperkuat pengawasan kualitas udara serta menerapkan strategi mitigasi risiko kesehatan masyarakat yang mempertimbangkan baik faktor lingkungan eksternal maupun kondisi internal bangunan.

#### **PERSANTUNAN**

Penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada masyarakat Dusun Lendang Batu yang telah berpartisipasi aktif dan mendukung penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak pengelola TPA Jugil atas izin serta fasilitas dalam pengambilan sampel. Tidak lupa, penulis menghargai bimbingan dan arahan dosen pembimbing yang sangat berharga sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas bantuan moral maupun teknis selama penelitian. Dukungan dan kerja sama seluruh pihak sangat berarti dalam penyelesaian penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Afifah, S. H., Apriliana, E., Setiawan, G., & Berawi, K. N. (2024). Aktivitas Antibakteri Epigallocatechin Gallate ( EGCG ) Teh Hijau pada Bakteri Gram Positif dan Bakteri Gram Negatif. *Medula*, 14(12), 2330–2335.
- Akpeimeh, G. F., Fletcher, L. A., & Evans, B. E. (2019a). Exposure to bioaerosols at open dumpsites: A case study of bioaerosols exposure from activities at Olusosun open dumpsite, Lagos Nigeria. *Waste Management*, 89, 37–47.

- <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.058>
- Akpeimeh, G. F., Fletcher, L. A., & Evans, B. E. (2019b). Exposure to bioaerosols at open dumpsites: A case study of bioaerosols exposure from activities at Olusosun open dumpsite, Lagos Nigeria. *Waste Management*, 89, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.058>
- Audrey R, F. U. N. (2022). Regulasi Kendaraan Listrik di Indonesia Sebagai Upaya Pengurangan Emisi Gas. *Jurnal Hukum To-Ra: Hukum Untuk Mengatur Dan Melindungi Masyarakat*, 8(2), 201–208. <https://doi.org/10.55809/tora.v8i2.126>
- Böregård, I. L., Bringman, S., Leo Swenne, C., & von Vogelsang, A. C. (2025). Conditions for air cleanliness in a unidirectional airflow ventilation during orthopaedic joint replacement procedures. *Journal of Hospital Infection*, 162, 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2025.05.004>
- Breza-Boruta, B. (2016). The assessment of airborne bacterial and fungal contamination emitted by a municipal landfill site in Northern Poland. *Atmospheric Pollution Research*, 7(6), 1043–1052. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.06.011>
- G.S.J, S., Ramakodi, M. P., & T.V.B.P.S, R. (2023). Review of bioaerosols from different sources and their health impacts. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(11). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11935-x>
- Getachew, H., Derbie, A., & Mekonnen, D. (2020). Surfaces and air bacteriology of selected wards at a referral hospital, Northwest Ethiopia: A cross-sectional study. *International Journal of Infectious Diseases*, 101, 44–45. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.09.149>
- Iqbal, M. A., Siddiqua, S. A., Faruk, M. O., Md. Towfiqul Islam, A. R., & Salam, M. A. (2024). Systematic review and meta-analysis of the potential threats to respiratory health from microbial Bioaerosol exposures. *Environmental Pollution*, 341, 122972. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122972>
- Kadiri, T. P. P. P. S. P. S. H.-S. P. S. P. S. H. U. (2016). Pedoman Penulisan Skripsi Program Studi Hukum-S1. 1–23.
- Kalani, S., Islam, M. S., Li, J., Rawlins, J., Ward, V. C. A., & Mekonnen, T. H. (2025). Scalable antimicrobial air filters: polypropylene/rose bengal melt-blown nonwoven filters. *Chemosphere*, 384(June), 144514. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144514>
- Kemenkes, R. I. (2011). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077. MENKES PERV.
- Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2018). Airborne bioaerosols and their impact on human health. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 67, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.08.027>
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8(February), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Mellon, G., Mahjoub, N., Dudoignon, E., Dépret, F., Gabassi, A., Osinski, N., Mimoun, M., Mercier-Delarue, S., Plaud, B., Ghelfenstein-Ferreira, T., Caméléna, F., Goff, J. Le, & Salmona, M. (2025). Assessment of air infectious contamination during wound care in a burn intensive care unit using shotgun metagenomics. *American Journal of Infection Control*, xxxx, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2025.08.003>
- Nair, A. T. (2021). Bioaerosols in the landfill environment: an overview of microbial diversity and potential health hazards. *Aerobiologia*, 37(2), 185–203. <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09693-9>
- Nurhidayah, N., Mulhidin, M., & Nurhidayatullah, N. (2023). Bacteriological analysis of air quality in the community settlement around waste disposal sites Kebon Kongok, West Lombok. *Jurnal Pijar Mipa*, 18(4), 608–613. <https://doi.org/10.29303/jpm.v18i4.5104>
- Pasquarella, C., Pitzurra, O., & Savino, A. (2000). The index of microbial air contamination.

- Journal of Hospital Infection, 46(4), 241–256.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1053/jhin.2000.0820>
- Sousa, A. M., Machado, I., Nicolau, A., & Pereira, M. O. (2013). Improvements on colony morphology identification towards bacterial profiling. *Journal of Microbiological Methods*, 95(3), 327–335. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mimet.2013.09.020>
- Van Pee, T., Engelen, L., De Boevre, M., Derrien, M., Hogervorst, J., Pero-Gascon, R., Plusquin, M., Poma, G., Vich I Vila, A., Covaci, A., Vanhaecke, L., De Saeger, S., Raes, J., & Nawrot, T. S. (2025). Sex differences in the association between long-term ambient particulate air pollution and the intestinal microbiome composition of children. *Environment International*, 199(April), 109457. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109457>
- Yasmin, F., Hossain, T., Shahrukh, S., Hossain, M. E., & Sultana, G. N. N. (2023). Evaluation of seasonal changes in physicochemical and bacteriological parameters of Gomti River in Bangladesh. *Environmental and Sustainability Indicators*, 17(December 2022), 100224. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100224>
- Ye, Q., Chen, J., Ji, Y. T., Lu, X. Y., Deng, J. le, Li, N., Wei, W., Hou, R. J., Li, Z. Y., Xiang, J. B., Gao, X., Shen, X., & Yang, C. G. (2025). Independent and Interactive Effects of Air Pollutants, Meteorological Factors, and Green Space on Tuberculosis Incidence in Shanghai. *Biomedical and Environmental Sciences: BES*, 38(7), 792–809. <https://doi.org/10.3967/bes2025.041>
- Yu, X., Han, Y., Liu, J., Cao, Y., Wang, Y., Wang, Z., Lyu, J., Zhou, Z., Yan, Y., & Zhang, Y. (2023). Distribution characteristics and potential risks of bioaerosols during scattered farming. *IScience*, 26(12), 108378. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.108378>
- Zhang, T., Chen, Y., Cai, Y., Yu, Y., Liu, J., Shen, X., Li, G., & An, T. (2023). Abundance and cultivable bioaerosol transport from a municipal solid waste landfill area and its risks. *Environmental Pollution*, 320, 121038. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121038>
- Zhao, Y., Xiong, M., Huang, Y., Ho, K., Cao, J., & Cui, L. (2025). A review of airborne microorganism transmission and control in household indoor air. *Particuology*, 97, 143–153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.partic.2024.12.008>