

Keragaman dan Resistensi Antibiotik Isolat Bakteri Tanah di Dalam dan Luar TPU Bonoloyo, Surakarta Jawa Tengah

Diversity and Resistance to Antibiotic Isolates of Soil Bacteria Inside and Outside Bonoloyo Cemetery, Surakarta, Central Java

Yusnita Rahmawati, Erma Musbita Tyastuti, Yasir Sidiq, Triastuti Rahayu*

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Surakarta 57162, Indonesia

*E-mail: tr124@ums.ac.id

Received: 20 Mei 2023; Accepted: 30 Juni 2023; Published: 30 Juni 2023

Abstrak

Pemakaman sebagai situs penguraian jasad dan kemungkinan besar mengandung bakteri yang memiliki resistensi antibiotik. Namun, data terkait fenomena tersebut terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keragaman bakteri di dalam dan di luar kuburan serta mengkaji resistensi bakteri terhadap antibiotik. Pertama, sampel diambil dari tiga titik berbeda di dalam dan di luar pemakaman umum Bonoloyo di Surakarta, Jawa Tengah. Kemudian bakteri diisolasi dengan metode spread plate pada media NA dan diamati dengan pewarnaan Gram setelah 48 jam inkubasi. Juga, resistensi bakteri terhadap cefepime, bacitracine, dan ampicillin diperiksa. Hasilnya, populasi bakteri di dalam dan di luar area pemakaman masing-masing adalah $3,4 \times 10^6$ dan $4,6 \times 10^6$ CFU/gram, dengan keragaman 38% dan 34%, sedangkan 28% isolat terkumpul dari kedua area tersebut. Hasil pengamatan morfologi menunjukkan bahwa 15 dan 21 isolat masing-masing berbentuk bulat dan tidak beraturan, berwarna putih sampai kuning dengan elevasi mendatar (16 isolat) dan mendatar (19 isolat). Pewarnaan Gram menunjukkan 48 isolat kokus dan 2 isolat basil, dengan 23 isolat Gram negatif dan 27 isolat Gram positif. Isolat bakteri menunjukkan resistensi terhadap cefepime (50%-50%) dan terhadap basitrasin (52%-43%) masing-masing dari kedua area pemakaman, sedangkan resistensi terhadap ampicillin relatif rendah (33%-21%). Jumlah populasi bakteri dan keragaman bakteri di dalam dan di luar areal pemakaman tidak berbeda nyata. Isolat-isolat bakteri yang berasal dari tanah TPU menunjukkan resistensinya terhadap antibiotik (ampicillin, bacitracin, cefepime) dan resistensi bakteri asal tanah di dalam pemakaman lebih banyak dibandingkan dengan bakteri yang berasal dari tanah di luar pemakaman.

Kata Kunci: Keragaman bakteri, Resistensi antibiotik, Tempat pemakaman umum (TPU)

Abstract

A cemetery acts as an active decomposition site and contains bacteria which most likely have antibiotic resistance. However, related data to the phenomenon is limited. This study aimed to compare the diversity of bacteria inside and outside the cemetery and examine bacterial antibiotic resistance. First, samples were collected from three different spots inside and outside the Bonoloyo public cemetery in Surakarta, Central Java. Then, the bacteria were isolated by spread plate method on NA medium and were observed using Gram staining after 48 hours of incubation. Also, bacterial resistance against cefepime, bacitracine, and ampicillin were examined. As the results, bacterial populations inside and outside the cemetery area are 3.4×10^6 and 4.6×10^6 CFU/gram, respectively, with a diversity of 38% and 34%, while 28% of isolates are collected from both areas. The result of morphological observation showed that 15 and 21 isolates are respectively round and irregular, white to yellow colour with raised (16 isolates) and flat (19 isolates) elevation. Gram staining showed 48 isolates are coccus and 2 are bacilli, with 23 isolates of Gram negative and 27 isolates of Gram positive. Bacterial isolates showed resistance against cefepime (50%-50%) and against bacitracine (52%-43%) each from both areas of the cemetery, while resistance against ampicillin was relatively low (33%-21%). The number of bacterial populations and bacterial diversity inside and outside the cemetery area are not significantly different. In fact, the resistance of the soil bacteria population collected from cemetery soil are higher than that collected from soil outside the cemetery.

Keywords: Bacterial Diversity, Antibiotic Resistance, Cemetery

PENDAHULUAN

Tempat Pemakaman Umum (TPU) adalah areal tanah yang disediakan untuk pemakaman jenazah bagi setiap orang tanpa membedakan agama dan golongan yang diatur dalam Peraturan No. 9 Tahun 1987 BAB I Pasal 1 ayat a (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1987). Begitu manusia meninggal, proses pembusukan akan segera dimulai. Proses pembusukan mayat terdiri dari lima fase yaitu autolisis, penggembungan, pembusukan aktif, pembusukan tahap lanjut, dan pembusukan tulang yang berlangsung selama 8-12 tahun (Dent et al., 2004). Pembusukan mayat menghasilkan gas dan bahan organik. Gas yang dihasilkan berupa gas metana, CO₂, H₂S, dan N₂, sedangkan bahan organik berupa asam lemak, amonia, asam amino, senyawa amonium, metan, merkaptan, sulfur, dan nitrat (Fineza et al., 2014). Selain itu, juga akan dihasilkan rembesan produk pembusukan yang mengandung bakteri, virus dan bahan kimia organik maupun anorganik (Üçisik and Rushbrook, 1998) (Üçisik and Rushbrook, 1998)

Bahan-bahan organik hasil pembusukan mayat akan memperkaya mineral tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme tanah termasuk bakteri. Hasil penelitian (Putra et al., 2023), mendapatkan total bakteri tanah rizosfer di area TPU sebanyak $1,0 \times 10^7$ CFU/g. Jumlah ini lebih banyak dibanding total bakteri rizosfer di luar area TPU, misalnya dari rizosfer tanaman kemiri sunan sebanyak $7,6 \times 10^5$ CFU/g (Amaria et al., 2019), rizosfer tanaman karet sebanyak $2,7 \times 10^4$ CFU/g (Gofar et al., 2014), dan rizosfer tanaman caisim sebanyak $4,3 \times 10^4$ CFU/g (Hindersah et al., 2018). Kemelimpahan bakteri rizosfer di TPU tersebut menunjukkan bahwa dekomposisi jenazah berpengaruh terhadap mineral tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri (Utomo et al., 2018).

Bakteri yang terkandung dalam rembesan hasil pembusukan mayat berpotensi

menimbulkan penyakit pada manusia. Penelitian di area pemakaman Afrika Selatan melaporkan terdapat potensi bakteri patogen penyebab sakit tuberkulosis, pertusis, influenza, toksoplasmosis, kolera, Alzheimer, Parkinson, amoebiasis, dan *myocarditis* (Abia et al., 2019). Beberapa genus bakteri dan fungi patogen seperti *Bacillus* spp., *Enterococcus* spp., *Escherichia* spp., *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Staphylococcus* spp., *Penicillium* spp., dan *Aspergillus* spp. terdeteksi di tanah pemakaman Polandia dengan persentase patogen paling umum adalah *Enterococcus* spp. (80,6%) dan *Bacillus* spp. (77,4%), sedangkan *Penicillium* spp. dan *Aspergillus* spp. masing-masing dengan persentase sebesar 51% dan 6,4% (Całkosiński et al., 2015). Laporan ini menjadi informasi penting untuk menjadi perhatian karena di Surakarta khususnya, lokasi pemukiman penduduk sangat berdekatan dengan area TPU. Di Indonesia, penelitian terkait analisis potensi patogen di area TPU masih sangat terbatas karena laporan yang ditemukan baru menganalisis kualitas air tanah dan air minum di sekitar tanah makam menggunakan pendekatan *culture dependent* (Rahmadi et al., 2014)

Potensi bakteri patogen di area TPU akan menjadi lebih parah apabila ternyata bakteri tersebut juga mempunyai sifat resisten terhadap antibiotik. Resistensi antibiotik bakteri patogen telah menjadi masalah di seluruh dunia. Terjadinya resistensi antibiotik tersebut disebabkan pemakaian antibiotik yang tidak tepat baik untuk pengobatan pada manusia maupun hewan (Indana and Effendi, 2020). Menurut data statistik, konsumsi antibiotik secara global pada tahun 2000 - 2010 meningkat sekitar 36%. Negara utama penyumbang peningkatan konsumsi antibiotik dari 63 negara yaitu 76% terdiri dari Rusia, Brazil, China, India dan Afrika Selatan (Van Boeckel et al., 2014). Menurut organisasi kesehatan dunia (WHO), resistensi antibiotik pada tahun 2050 diperkirakan dapat meningkatkan kematian 700 ribu hingga 10

juta per tahun (Begum and Shilpi, 2022). Indonesia termasuk dalam lima negara dengan perkiraan peningkatan persentase konsumsi antimikroba tertinggi pada tahun 2030 (WHO Indonesia, 2022). Salah satu bakteri yang telah resisten terhadap beberapa antibiotik yaitu *Enterobacter agglomerans* penyebab infeksi nosokomial yang menginfeksi hewan dan manusia. Bakteri ini banyak ditemukan di air, tanah, bahan makanan dan limbah sayuran. Sumber infeksi yang terjadi dapat melalui saluran kemih, saluran pencernaan, kulit, dari tangan perawat, stetoskop dan endoskopi (Wulansari et al., 2020). Pada tahun 2012, diperoleh data bahwa *Staphylococcus aureus* dari RSUD Dr. Moewardi Solo menunjukkan resistensinya terhadap amoksisilin 93,75% dan tetrasiklin 87,5%. Bahkan *Acinetobacter baumannii* menunjukkan resistensi mencapai 100% terhadap amoksisilin, siprofloksasin, gentamisin, dan sefotaksim (Chudlori dkk., 2012). Kecenderungan resistensi bakteri terhadap antibiotik yang sudah ada harus diiringi dengan penemuan antibiotik baru seperti dari *Streptomyces* (Ambarwati et al., 2023) tetapi memerlukan usaha dan biaya yang besar.

Berdasarkan penelusuran referensi, di Indonesia masih belum ditemukan penelitian tentang keragaman bakteri di TPU beserta uji resistensinya terhadap beberapa antibiotik walaupun di beberapa Negara lain sudah melaporkan seperti di Polandia (Całkosinski et al., 2015), Afrika Selatan, Australia (Zychowski and Bryndal, 2015), Latvia (Kazarina et al., 2019), dan Brazil (Fineza et al., 2014). Iklim di Indonesia sangat berbeda dengan negara-negara tersebut karena Indonesia merupakan negara beriklim tropika basah yang dapat mempengaruhi laju pencucian air lindi yang lebih tinggi sehingga kandungan organik tanah dan mikroba meningkat (Utomo et al., 2018). Indonesia memiliki musim hujan dan kemarau, sedangkan Polandia memiliki musim semi, musim panas, musim dingin, dan musim gugur. Selain itu juga perbedaan cara pemakaman juga akan ikut berpengaruh. Di

Indonesia, jenazah Muslim dikubur dengan kain kafan sebagai pembungkus kemudian dimasukkan ke liang kubur. Jenazah Kristen Katolik dikubur dengan pakaian dan dimasukkan ke dalam peti kemudian dimasukkan ke dalam liang kubur, sedangkan di luar negeri seperti Polandia dengan menggunakan peti dan juga dengan cara krematorium. Dengan perbedaan cara pemakaman dapat menyebabkan perbedaan proses penguraian jenazah. Hal tersebut akan menyebabkan perbedaan keragaman bakteri tanah pemakaman.

Lokasi yang menjadi titik pengambilan sampel adalah tanah di dalam dan luar area TPU Bonoloyo, Surakarta, Jawa Tengah. TPU ini terluas di Surakarta, tanahnya berkontur, dan dalam pengelolaannya dibedakan antara blok makam tua dan makam baru. Tujuan penelitian ini membandingkan keragaman bakteri yang berada di dalam dan luar area TPU dan resistensinya terhadap antibiotik. Data penelitian ini dapat menjadi rujukan dalam penataan tata ruang kota, peningkatan informasi terkait kesehatan masyarakat, dan kebijakan dalam penggunaan antibiotik.

METODE PENELITIAN

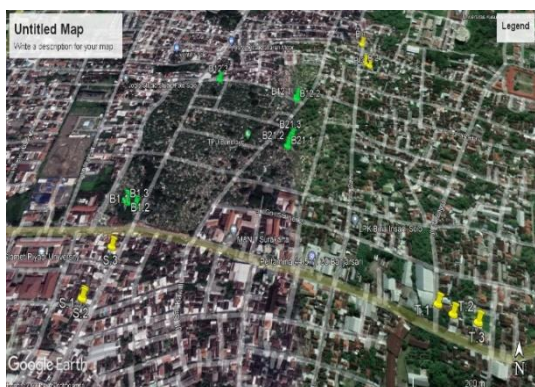
Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi untuk mendapat data keragaman bakteri dari TPU dan resistensinya terhadap antibiotik. Lokasi pengambilan sampel tanah di TPU Bonoloyo, Surakarta, sedangkan pengamatan keragaman bakteri dan uji resistensi antibiotik dilakukan di laboratorium mikrobiologi Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Surakarta. Kegiatan penelitian dilaksanakan tanggal 9 Januari – 7 Februari 2023.

Alat yang digunakan dalam pembuatan media, pengamatan populasi dan keanekaragaman bakteri yaitu koloni counter (Funke gerber), hot plate (Cimarec+), sprayer, cawan petri, oven (Maspion, oven inkubator (Memmert), vorteks, erlenmeyer (Pyrex), mikropipet (Socorex 10-100), timbangan digital (Durasclae DAB-E223), autoklaf (GEA LS-35LJ), laminar air flow (LAF), shaker, blue tip, mikroskop, dan gelas obyek.

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu pada media yang meliputi *nutrient agar* (Merck), *nutrient broth*, sampel tanah di dalam dan luar area TPU, alkohol 70%, satu set pewarna Gram, mallachit, kertas merang, spirtus, *antibiotic disc ampicillin* (Liofilchem), *antibiotic disc bacitracin* (Oxoid), *antibiotic disc cefepime* (Liofilchem), dan *blank antibiotic disc* (Marcherey-Nagel).

Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil di dalam (*inside* / I) dan luar (*outside* / O) TPU Bonoloyo dengan kisaran jarak 400 m – 1 km dari TPU. Sampel tanah diambil pada kedalaman 10 cm, masing-masing dari tiga titik sampling di dalam dan luar TPU. Tiga titik sampling di dalam TPU berlokasi pada blok 1, blok 12, dan blok 21, sedangkan sampel tanah di luar TPU berlokasi di sebelah utara, selatan dan timur dari TPU (**Gambar 1**). Sampel tanah dari setiap titik berasal dari tiga titik berdekatan yang dibuat komposit.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah (Ket : titik warna kuning berlokasi di luar TPU, warna hijau berlokasi di dalam

Keragaman Isolat Bakteri

Pada penelitian ini setelah dilakukan isolasi bakteri, dilanjutkan dengan pengamatan morfologi koloni dan pewarnaan Gram. Isolasi bakteri dilakukan dengan metode *spread plate* (Damayanti, 2020) pada pengenceran 10^{-5} dan 10^{-6} . Koloni bakteri yang terbentuk diamati morfologinya yang meliputi warna, bentuk, elevasi dan tepi. Morfologi koloni bakteri yang berbeda dilanjutkan pewarnaan Gram sesuai prosedur

standar (Cappuccino and Sherman, 2014). Sel bakteri diamati di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 1.000x. Bakteri yang selnya teramati berwarna merah dikelompokkan sebagai bakteri Gram negatif, dan yang berwarna ungu dikelompokkan sebagai bakteri Gram positif. Selain warna sel, diamati juga susunan selnya.

Resistensi Antibiotik

Uji resistensi antibiotik dilakukan menggunakan metode difusi agar (Christian and Irawati, 2019). Bakteri yang digunakan adalah bakteri yang didapat dari sampel tanah TPU. Inokulasi bakteri dilakukan dengan metode *spread plate* dari kultur cair yang sudah diinkubasi selama 16 jam. Disc antibiotik yang digunakan adalah A = *blank* (Macherey-Nagel), B = Ampicillin (Liofilchem), C = Bacitracin (Oxoid), dan D = Cefepime (Liofilchem). Petri untuk uji resistensi antibiotik diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C . Hasilnya dapat dibaca dengan memperhatikan zona bening berdasarkan diameter pada pedoman CLSI 2015 (Amatul-Samahah et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mendapatkan data populasi bakteri di dalam dan luar TPU, keragaman bakteri, dan resistensinya terhadap tiga antibiotik yang diujikan.

Populasi Bakteri

Populasi bakteri tanah di dalam dan di luar TPU Bonoloyo tidak menunjukkan perbedaan nyata, masing-masing sebanyak $3,4 \times 10^6$ CFU/g dan $4,6 \times 10^6$ CFU/g (**Tabel 1**).

Berdasarkan uji normalitas, didapatkan hasil keseluruhan bahwa signifikansi seluruh populasi $> 0,05$ yang menunjukkan data berdistribusi normal ($p > 0,05$). Hasil dari *Analysis of Variances* (ANOVA) menunjukkan nilai probabilitas atau signifikansi adalah $0,631 > 0,05$ (H_0 diterima). Hal ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan populasi bakteri yang signifikan di dalam dan di luar TPU.

Tidak adanya perbedaan populasi bakteri di dalam dan luar TPU secara nyata mungkin

Tabel 1. Populasi Bakteri Tanah TPU Bonoloyo Surakarta

Pengenceran	Populasi bakteri tanah TPU (CFU/g)					
	Dalam Pemakaman			Luar Pemakaman		
	B 1	B 12	B 21	W	E	S
10 ⁻⁵	1,1 x 10 ⁶	1,5 x 10 ⁶	9 x 10 ⁵	8 x 10 ⁵	8 x 10 ⁵	9 x 10 ⁵
10 ⁻⁶	2 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁷	4 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁷	6 x 10 ⁶	6 x 10 ⁶
Total	1,6 x 10 ⁶	6,3 x 10 ⁶	2,5 x 10 ⁶	6,9 x 10 ⁶	3,4 x 10 ⁶	3,5 x 10 ⁶
Rerata	3,4 x 10 ⁶			4,6 x 10 ⁶		

Ket : B: Blok; W : West; E : East; S : South

disebabkan karena kedalaman pengambilan sampel hanya 10 cm padahal jenazah dikubur di kedalaman minimal 1,5 m sehingga hasil pembusukan jenazah yang berupa mineral-mineral lebih terkonsentrasi pada kedalaman tersebut. Mineral tanah akan tersebar luas dari titik pembusukan jenazah bersamaan dengan aliran air dalam tanah padahal air tanah di dalam TPU Bonoloyo sekitar 1,5 - 2 m dan di luar TPU sekitar 12 m. Apabila dibandingkan dengan tanah di tempat lain, populasi bakteri di area TPU terlihat lebih tinggi dibandingkan luar TPU, seperti tanah pegunungan pada kedalaman 10 cm yaitu sebesar 7,36 x 10⁵ CFU/g (Sahara, 2019). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi; pertumbuhan mikroorganisme tanah yaitu bahan organik, kelembaban tanah, temperatur tanah, aerasi tanah dan keadaan alami pertumbuhan tanaman (Sahara, 2019). Perubahan kondisi cuaca dan iklim serta ketersediaan air dan nutrisi yang bervariasi, zat perusak mempengaruhi perkembangan berbagai mikroba di komunitas tanah (Köhler et al., 2020).

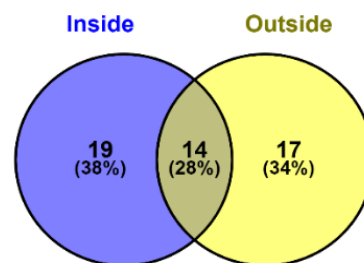
Keragaman Bakteri

Isolat bakteri tanah di dalam (*inside/I*) dan luar (*outside/O*) TPU diamati dan diperoleh 50 isolat berbeda. Sebanyak 19 isolat (38%) bakteri ditemukan di dalam TPU, 17 isolat (34%) dari luar TPU, dan 14 isolat (28%) ditemukan baik di dalam maupun di luar TPU (Gambar 2).

Keragaman bakteri di dalam pemakaman lebih banyak dibandingkan dengan bakteri di luar pemakaman (**Gambar 2**). Perbedaan tersebut dimungkinkan karena adanya pengaruh biotik yang meliputi pH, sedimen

yang dapat menopang kekayaan spesies, keberadaan biomateri, serta ekosistem (Caputo et al., 2019).

Hasil pengamatan morfologi koloni, diperoleh 5 isolat berbentuk akar, 16 isolat berbentuk bulat, 21 isolat tak teratur, 4 isolat titik, dan 4 isolat berbenang. Elevasi koloni timbul rata teramati pada 16 isolat, rata pada 19 isolat, membukit dan mencembung masing-masing pada 1 isolat, dan melengkung pada 3 isolat. Tepi koloni didominasi utuh (18 isolat), berbelah (13 isolat), berbenang (9 isolat), keriting (3 isolat), berombak (7 isolat). Dari 50 isolat kebanyakan berwarna putih, akan tetapi juga terdapat isolat yang berwarna kuning, krem, pink, transparan, kuning kunyit, oranye, dan abu-abu. Hasil pewarnaan Gram menunjukkan 48 isolat berbentuk kokus dan 2 isolat berbentuk basil, sebanyak 23 isolat



Gambar 2. Keragaman Bakteri Tanah yang ditemukan di Dalam dan Luar Area TPU Bonoloyo Surakarta

menunjukkan gram negatif dan 27 isolat antibiotik (**Gambar 3**), kemudian menunjukkan positif (**Tabel 2**). dibandingkan dengan pedoman CLSI 2015

Tabel 2. Morfologi Koloni dan Pewarnaan Gram Isolat Bakteri Tanah di Dalam dan Luar TPU Bonoloyo

Isolat	Karakteristik						Asal Bakteri
	Warna koloni	Bentuk koloni	Elevasi koloni	Tepi koloni	Bentuk sel	Gram	
B1	Putih	Akar	Timbul datar	Berbenang	Kokus	-	Inside
B2	Putih	Bulat	Timbul datar	Keriting	Kokus	-	Inside
B3	Krem	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	+	Inside, outside
B4	Putih	Bulat	Timbul datar	Keriting	Basil	+	Inside
B5	Putih	Titik	Melengkung	Utuh	Basil	+	Inside, outside
B6	Putih	Berbenang	Rata	Berbenang	Kokus	+	Inside, outside
B7	Putih	Berbenang	Rata	Berbenang	Kokus	+	Inside, outside
B8	Putih	Berbenang	Rata	Berbenang	Kokus	+	Outside
B9	Putih	Berbenang	Rata	Berbenang	Kokus	+	Inside, outside
B10	Putih	Akar	Rata	Berbenang	Kokus	+	Outside
B11	Putih	Tak teratur	Rata	berbelah	Kokus	+	Inside, outside
B12	Putih	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	+	Inside, outside
B13	Abu-abu	Tak teratur	Rata	Berombak	Kokus	+	Outside
B14	Transparan	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	-	Outside
B15	Transparan	Tak teratur	Mencembung	Berbelah	Kokus	+	Outside
B16	Putih	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	-	Inside, outside
B17	Putih	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	+	Outside
B18	Putih	Akar	Timbul datar	Berbenang	Kokus	+	Inside, outside
B19	Kuning bening	Titik	Rata	Utuh	Kokus	-	Inside
B20	Pink keputihan	Bulat	Rata	Utuh	Kokus	+	Inside
B21	Kuning kunyit	Bulat	Melengkung	Utuh	Kokus	+	Inside
B22	Kuning bening	Titik	Melengkung	Utuh	Kokus	+	Inside, Outside
B23	Putih	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	-	Inside, outside
B24	Transparan	Bulat	Rata	Utuh	Kokus	+	Inside
B25	Transparan	Tak teratur	Rata	Keriting			Inside
B26	Kuning transparan	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	-	Outside
B27	Kuning	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	-	Outside
B28	Putih	Akar	Rata	Berbenang	Kokus	-	Outside
B29	Putih	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	-	Inside, outside
B30	Putih	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	-	Outside
B31	Putih	Tak teratur	Rata	Berombak	Kokus	-	Outside
B32	Putih	Tak teratur	Rata	Berombak	Kokus	-	Inside
B33	Transparan	Bulat	Rata	Utuh	Kokus	+	Inside
B34	Putih	Tak teratur	Rata	Berombak	Kokus	+	Inside
B35	Putih	Tak teratur	Rata	Berombak	Kokus	-	Inside
B36	Putih krem	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	-	Inside
B37	Putih	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	+	Inside
B38	Putih	Tak teratur	Timbul datar	Berbelah			Inside
B39	Kuning krem	Bulat	Rata	Utuh	Kokus	-	Inside
B40	Kuning lemon	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	+	Inside
B41	Putih	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	+	Outside
B42	Putih	Akar	Rata	Berbenang	Kokus	-	Inside, outside
B43	Oranye	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	-	Outside
B44	Putih	Tak teratur	Timbul datar	Berombak	Kokus	+	Inside, outside
B45	Putih	Tak teratur	Timbul datar	Berombak	Kokus	-	Outside
B46	Putih kekuningan	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	+	Outside
B47	Putih kekuningan	Bulat	Membukit	Utuh	Kokus	-	Outside
B48	Transparan	Bulat	Timbul datar	Utuh	Kokus	-	Inside
B49	Kuning	Titik	Timbul datar	Utuh	Kokus	-	Inside
B50	Putih	Tak teratur	Rata	Berbelah	Kokus	-	Outside

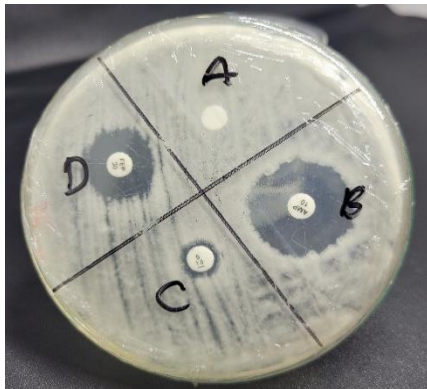
Resistensi Antibiotik

Penentuan resistensi isolat bakteri terhadap antibiotik dengan mengukur zona bening yang terbentuk di sekitar disc

(Amatul-Samahah et al., 2020) sehingga dapat dikategorikan menjadi ‘sensitive’, ‘susceptible’, dan ‘resistance’. Hasil uji resistensi antibiotik isolat bakteri tanah di

dalam dan luar TPU terhadap tiga jenis antibiotik ditampilkan pada **Tabel 3**.

Dari ketiga antibiotik yang digunakan, ternyata isolat bakteri tanah TPU telah menunjukkan sifat resisten terhadap cefepime (50%-50%) dan bacitracine (52%-43%) masing-masing dari dalam dan luar TPU, sedangkan terhadap ampicillin persentasenya relatif masih sedikit (33%-21%). Secara umum, persentase isolat bakteri yang resisten



Gambar 3. Hasil Uji Resistensi Isolate Bakteri terhadap Antibiotik Blank (Kontrol) (A), Ampicillin (B), Bacitracine (C), dan Cefepime (D)

terhadap ketiga antibiotik uji lebih banyak yang berasal dari dalam TPU dibandingkan dengan yang berasal dari luar (**Tabel 3**).

Persen resistensi ini lebih tinggi dibanding bakteri dari peternakan yang diperoleh data 32,5% isolat resisten terhadap ampicillin (Indana and Effendi, 2020), bakteri penyebab pneumonia tidak resisten terhadap antibiotik (Yayan et al., 2016), bakteri pada sampah sisa makanan di pesawat tidak resisten terhadap antibiotik (Riasari et al., 2020), bakteri *V. harveyi*, *V. parahemolyticus* memiliki presentase 66,7% resisten terhadap

Tabel 3. Hasil Uji Resistensi Antibiotik

Antibiotik uji	Kategori (%)					
	Susceptible		Intermediate		Resistance	
	I	O	I	O	I	O
Ampicillin	19	25	12	10	33	21
Cefepime	8	4	6	2	50	50
Bacitracine	12	10	0	0	52	43

Ket = I : Inside (dalam TPU); O : Outside (luar TPU)

antibiotik bacitracin (Amatul-Samahah et al., 2020).

Ampicillin sering diresepkan oleh dokter kepada pasien untuk mengobati infeksi oleh bakteri, seperti di salah satu RS Jawa Tengah yang terdata bahwa ampicillin diberikan kepada pasien sepsis rawat inap sebesar 41,67% (Nugraheni et al., 2021). Berdasarkan *sensitivity chart*, ampicillin efektif digunakan untuk mengobati penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri gram positif dan negatif tetapi lebih efektif pada gram positif, cefepime efektif digunakan untuk mengobati penyakit yang disebabkan oleh bakteri gram positif dan negatif, sedangkan bacitracin efektif digunakan pada bakteri gram positif. Dari hasil uji resistensi antibiotik tersebut, masyarakat disarankan untuk menjaga kebersihan ketika berziarah ke pemakaman. Selain itu, masyarakat perlu ditingkatkan pengetahuannya terkait penggunaan antibiotik secara tepat agar kejadian resistensi bakteri terhadap antibiotik dapat dikurangi.

KESIMPULAN

Populasi bakteri dan keragaman bakteri di dalam dan di luar area tempat pemakaman umum (TPU) Bonoloyo, Surakarta, Jawa Tengah tidak berbeda nyata. Isolat-isolat bakteri yang berasal dari tanah TPU menunjukkan resistensinya terhadap antibiotik (ampicillin, bacitracin, cefepime) dan resistensi bakteri yang berasal dari tanah di dalam pemakaman lebih banyak dibandingkan dengan bakteri yang berasal dari tanah di luar pemakaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada :

1. Universitas Muhammadiyah Surakarta yang sudah memberikan dana penelitian skim Penelitian Unggulan Program Studi (PUPS) Nomor : 110.30/A.3-III/LRI/VI/2022
2. Kepala Dinas Perumahan Kota Surakarta, yang sudah memberi ijin untuk mengambil sampe tanah TPU Bonoloyo
3. Bapak Nuryadin, yang sudah mendampingi proses sampling di area TPU.

Daftar Pustaka

- Ambarwati, A., Santoso, B., Sofyan, A. 2023. Phylogenetic Analysis of Streptomyces Producing Antimicrobial Agent Isolated from Kukup Beach Sand, Yogyakarta, Indonesia. Biodiversitas. Volume 24, Number 4, Pages: 2374-2383.
- Abia, A.L.K., Alisoltani, A., Ubomba-Jaswa, E., Dippenaar, M.A., 2019. Microbial life beyond the grave: 16S rRNA gene-based metagenomic analysis of bacteria diversity and their functional profiles in cemetery environments. Science of The Total Environment 655, 831–841.
- Amaria, W., Kasim, N.N., Munif, A., 2019. Kelimpahan Populasi Bakteri Filosfer, Rizosfer, dan Endofit Tanaman Kemiri Sunan (Reutalis trisperma (Blanco) Airy Shaw), Serta Potensinya Sebagai Agens Biokontrol. Journal TABARO 3, 305–307.
- Amatul-Samahah, M.A., Muthukrishnan, S., Omar, W.H.H.W., Ikhsan, N.F.M., Ina-Salwany, M.Y., 2020. Vibrio sp. associated with acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) found in penaeid shrimp pond from east cost of peninsular Malaysia. JEB 41, 1160–1170.
- Begum, A., Shilpi, R.Y., 2022. Analysis of antibiotic resistance of bacteria in the soil of Sundarbans mangrove forest, Bangladesh. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences 9, 98–104.
- Całkosiński, I., Płoneczka-Janeczko, K., Ostapska, M., Dudek, K., Gamian, A., Rypuła, K., 2015. Microbiological Analysis of Necrosols Collected from Urban Cemeteries in Poland. BioMed Research International 2015, 1–7.
- Cappuccino, J.G., Sherman, N., 2014. Microbiology. Pearson, Lake Ave.
- Caputo, D., Rattansingh, J., Hernandez, V., Nash, B., 2019. An analysis of soil microhabitats in Revolutionary War, Civil War, and modern graveyards on Long Island, NY 2, 1–5.
- Chudlori, B. Kuswandi, M., dan Indrayudha, P. 2012. Pola Kuman dan Resistensinya terhadap Antibiotika dari Spesimen Pus di RSUD Dr. Moewardi Tahun 2012. Pharmakon, Vol. 13, No. 2.
- Christian, S., Irawati, W., 2019. Uji Resistensi Isolat Khamir Yang Diisolasi Dari Limbah Industri Di Rungkut, Surabaya, Indonesia. Bioeksperimen 5, 1–10.
- Dent, B.B., Forbes, S.L., Stuart, B.H., 2004. Review of human decomposition processes in soil. Environmental Geology 45, 576–585.
- Fineza, A.G., Marques, E.A.G., Bastos, R.K.X., Betim, L.S., 2014. Impacts on the Groundwater Quality Within a Cemetery Area in Southeast Brazil. S&R 37, 161–169.
- Gofar, N., Munawar, M., Widjajanti, H., Mulya, A.P., 2014. Eksplorasi Bakteri Antagonis Asal Jaringan dan Rizosfer Tanaman Karet Untuk Menekan Pertumbuhan Bakteri Proteolitik Pada Bahan Olahan Karet (Bokar). J, Tanah, Lingk, 16, 61.
- Hindersah, R., Rachman, W., Fitriatin, B.N., Nursyamsi, D., 2018. Populasi Bakteri Dan Jamur Pada Rizosfer Caisim (Brassica juncea L.) Yang Ditanam Di Tanah Dikontaminasi Insektisida Organoklorin Setelah Aplikasi Konsorsia Mikroba Dan Kompos. Agrologia 3.
- Indana, K., Effendi, M.H., 2020. Uji Resistensi Antibiotik Ampicillin Pada Bakteri Escherichia Coli Yang Di Isolasi Dari Beberapa Peternakan Di Surabaya 3.

- Kazarina, A., Gerhards, G., Petersone-Gordina, E., Kimsis, J., Pole, I., Zole, E., Leonova, V., Ranka, R., 2019. Analysis of the bacterial communities in ancient human bones and burial soil samples: Tracing the impact of environmental bacteria. *Journal of Archaeological Science* 109, 104989.
- Köhler, J.M., Beetz, N., Günther, P.M., Möller, F., Schüller, T., Cao, J., 2020. Microbial community types and signature-like soil bacterial patterns from fortified prehistoric hills of Thuringia (Germany). *COMMUNITY ECOLOGY* 21, 107–120.
- Nugraheni, A.Y., Utami, M.S.P., Saputro, A.Y., 2021. Evaluasi Ketepatan Antibiotik pada Pasien Sepsis Evaluation of Antibiotic Therapy in Sepsis Patients. . ISSN 18.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1987. Tentang Penyediaan dan Penggunaan Tanah Untuk Keperluan Tempat Pemakaman.
- Putra, S.S., Rahayu, T., Tyastuti, E.M., 2023. Isolation and Characterization of Cambodian Tree Rhizospheric Bacteria (*Plumeria acuminata*) at Pracimaloyo TPU as a producer of IAA. *Bioeduscience* 7.
- Rahmadi, G., Wijatna, A.B., Satrio, 2014. Aplikasi Teknologi Isotop Alam untuk Analisis Pola Aliran Airtanah sebagai Studi Awal Pencemaran Airtanah yang Disebabkan Tempat Pemakaman Umum Kauman Kecamatan Demak. *TEKNOFISIKA* 3, 46–51.
- Riasari, J.R., Sudarwanto, M.B., Indrawati, A., Latif, H., Krisnan, N.R., Pisestiyani, H., 2020. Resistensi Enterobacteriaceae Terhadap Antibiotik Asal Sisa Makanan dari Sampah Pesawat di Bandara Internasional Soekarno Hatta. *Acta Vet Indones* 8, 47–54.
- Sahara, N., 2019. Populasi Fungi dan Bakteri Tanah Di Hutan Pegunungan dan Dataran Rendah Di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah.
- Üçisik, A.S., Rushbrook, P., 1998. The Impact of Cemeteries On The Environment And Public Health.
- Utomo, M., Sabrina, T., Sudarsono, Lumbanraja, J., Rusman, B., Wawan, 2018. Ilmu Tanah. Prenada Media, Jakarta.
- Van Boeckel, T.P., Gandra, S., Ashok, A., Caudron, Q., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Laxminarayan, R., 2014. Global antibiotic consumption 2000 to 2010: an analysis of national pharmaceutical sales data. *The Lancet Infectious Diseases* 14, 742–750.
- WHO Indonesia, 2022. Sekarang Saatnya Beraksi Menangkal Resistensi Antimikroba. WHO Indonesia. URL <https://www.who.int/indonesia/id/news/detail/12-10-2022-time-to-act-to-curb-antimicrobial-resistance-now> (accessed 4.26.23).
- Wulansari, T., Sagita, D., Pratama, S., 2020. Uji Resistensi Antibiotik Terhadap Kultur Bakteri *Enterobacter agglomerans* di Ruang Intensive Care Unit (ICU) Rumah Sakit X Kota Jambi. *Journal of Healthcare Technology and Medicine, Journal of Healthcare Technology and Medicine* 6, 237–247.
- Yayan, J., Ghebremedhin, B., Rasche, K., 2016. Cefepime shows good efficacy and no antibiotic resistance in pneumonia caused by *Serratia marcescens* and *Proteus mirabilis* – an observational study. *BMC Pharmacol Toxicol* 17, 10.
- Zychowski, J., Bryndal, T., 2015. Impact of cemeteries on groundwater contamination by bacteria and viruses – a review. *Journal of Water and Health* 13, 285–301.