

SPASIAL TB. PARU BTA(+) PADA PUSKESMAS HC.KEDATON KECAMATAN KEDATON BANDAR LAMPUNG

Helina Helmy¹, Adam Irwansyah Fauzi², Enro Sujiton³

¹ Department Of Environmental Sanitation, Tanjung Karang Health Polytechnic, Bandar Lampung 35145, Indonesia

² Department Of Geomatics Engineering, Faculty Of Regional And Infrastructure Technology, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

²Research And Innovation Center For Geospatial Information Science, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

³Department Of Environmental Sanitation, Tanjung Karang Health Polytechnic, Bandar Lampung 35145, Indonesia

Korespondensi penulis: helinahelmy@yahoo.com

Abstract.

Mycobacterium tuberculosis is characterized by a thick, mycolic acid-rich cell wall that confers hydrophobicity, chemical resistance, and environmental stability, making cell wall biosynthesis inhibitors a major therapeutic target. Tuberculosis is not only a medical condition but also a social disease linked to high population density, malnutrition, and limited healthcare access. In 2023, Kedaton District was identified as the most densely populated area in Bandar Lampung, increasing the likelihood of pulmonary TB smear-positive (TB.Paru BTA+) transmission. Aerosol spread is highly distance-dependent: direct exposure within 0–1 meter poses very high risk, and WHO reports indicate that exposure <1 meter for ≥15 minutes in enclosed spaces significantly elevates infection risk, extending up to 5–10 meters without ventilation. This study employed spatial analysis to measure inter-household distances among 75 TB.Paru BTA(+) patients using Euclidean distance and smartphone-based field surveys. The method proved suitable for small-scale studies with high data accuracy, though resource-intensive for larger populations. Findings revealed some households only 3 meters apart, but this observation was not yet statistically significant to confirm transmission dynamics.

Keywords: Aerosol, population density, slum, *Mycobacterium tuberculosis*, spatial analysis.

Abstrak

Mycobacterium tuberculosis bakteri dengan sifat: dinding selnya tebal karena mengandung mycolic acids, hidrofobik tidak suka air sehingga tidak tembus air, tahan dengan bahan kimia dan lebih stabil dilingkungan kering, sehingga diarahkan pada inhibitor biosintesis dinding sel untuk mengatasi resistensi. Bukan hanya masalah medis, tapi juga penyakit sosial: kepadatan penduduk tinggi., Gizi buruk., Akses layanan kesehatan terbatas. Kecamatan Kedaton yang paling terpadat penduduknya dari dua puluh satu kecamatan di Bandar Lampung tahun 2023. Meningkatnya kepadatan penduduk, maka kontak antar warga meningkat sehingga potensi penularan penyakit menular seperti TB.ParuBTA(+) juga meningkat. Karena penularan melalui aerosol maka jarak sangat diperhitungkan yaitu 0–1 meter (jarak napas langsung): risiko sangat tinggi. Ketika pasien TB aktif batuk atau bicara, droplet nuklei langsung terhirup oleh orang di dekatnya. Studi WHO menyebutkan bahwa paparan dalam jarak <1 meter selama ≥15 menit dapat meningkatkan risiko infeksi, terutama dalam ruangan tertutup. Hingga 5–10 meter dalam ruangan tertutup tanpa ventilasi. Dengan menggunakan Spasial peneliti bertujuan ditemuka jarak antar rumah penderita TB.Paru BTA(+) melalui titik koordinat. Jumlah sampel penderita TB.Paru BTA (+) =75. Euclidean distance digunakan untuk mengukur jarak dua titik. Metode yang digunakan pengukuran langsung (Survei Lapangan) dengan Smartphone untuk mendapatkan titik-titik koordinat. Cocok untuk penelitian kecil dengan jumlah sampel terbatas dan data sangat akurat. Kekurangan: memakan waktu dan tenaga jika rumah banyak. Secara spasial ditemukan ada rumah yang berjarak 3 meter, tetapi belum mewakili angka signifikan untuk menunjukkan penyebaran TB.Paru BTA (+) melalui batuk yang disebarkan oleh aerosol.

Kata kunci: Aerosol, kepadatan penduduk, kumuh , *Mycobacterium tuberculosis*, spasial.

1. LATAR BELAKANG

Penemuan kasus TB.Paru jaman dulu antara lain batuk berdarah, berkeringat malam, dan demam tinggi, juga bau dengan cara dahaknya dibakar, sehingga hasil yang diperoleh cepat tetapi tidak spesifik, diagnosis kasus terlambat. Setelah *Mycobacterium tuberculosis* ditemukan oleh Robert Koch selanjutnya dilakukan identifikasi organisme tahan asam, terutama *Mycobacteria* untuk melihat basil tahan asam (AFB) di sediaan dahak (IsJiang, 2022) (Zhang, 2022) dengan Metode kultur pertumbuhan bakteri. Perbedaan dengan metode modern adalah akurasinya tinggi, menggunakan teknologi PCR,AI,digital, untuk cakupan massal dan skrining. Kelemahan untuk deteksi resentesi hanya bisa metode modern yaitu Gen Xpert. Teknologi diagnostik modern (GenXpert, AI rontgen, WGS) hanya membantu menemukan kasus lebih cepat, tetapi tidak langsung menyembuhkan. Karena ketergantungan pada antibiotik yang ada dan siklus resistansi terus berulang. Kata modern ditinjau dari kesehatan artinya menggunakan teknologi modern yang berbasis riset. Alasan mengapa penyakit tuberculosis semakin meluas dan belum bisa ditaklukan menurut sifat biologi *Mycobacterium tuberculosis*: dinding sel, mycolic acids, dormansi, dan persistensi bakteri: (Soares, 2022), dinding selnya tebal karena mengandung mycolic acids, hydrofobik tidak suka air sehingga tidak tembus air, tahan dengan bahan kimia dan lebih stabil dilingkungan kering, sehingga diarahkan pada (Wingfield, 2014) inhibitor biosintesis dinding sel untuk mengatasi resistensi. menurut infeksi laten (Davoudi-Kiakalayeh, 2017). Ditinjau faktor sosial dan ekonomi TB.Paru bukan hanya masalah medis, tapi juga penyakit sosial: Kepadatan penduduk tinggi., Gizi buruk., Akses layanan kesehatan terbatas. Pengobatan sering tidak dilanjutkan karena masalah biaya atau jarak. Menurut badan pusat statistik Bandar lampung menyatakan bahwa Kecamatan Kedaton yang paling terpadat penduduknya dari dua puluh satu kecamatan di Bandar lampung tahun 2023. Meningkatnya kepadatan penduduk, maka kontak antar warga meningkat sehingga potensi penularan penyakit menular seperti TB.ParuBTA(+) juga meningkat. Kepadatan penduduk setiap tahun meningkat maka kontak dekat lebih sering terjadi, meningkatkan peluang bakteri *Mycobacterium tuberculosis* berpindah lewat udara (droplet). Pertumbuhan kasus TB paru (growth rate of TB) dan populasi (jumlah penduduk per area) terbukti bersifat signifikan

secara statistik di wilayah tersebut. Kedaton dan Panjang, yang dicirikan oleh populasi tinggi dan pertumbuhannya tinggi. (Liyew, 2024). (Helmy, 2022) Penularan TB.Paru BTA(+)melalui aerosol maka jarak sangat diperhitungkan yaitu 0–1 meter (jarak napas langsung): risiko sangat tinggi. Ketika pasien TB aktif batuk atau bicara, droplet nuklei langsung terhirup oleh orang di dekatnya. Studi WHO menyebutkan bahwa paparan dalam jarak <1meter selama ≥ 15 menit dapat meningkatkan risiko infeksi, terutama dalam ruangan tertutup. Hingga 5–10meter dalam ruangan tertutup tanpa ventilasi. Droplet nuklei sangat kecil dan bisa melayang di udara selama beberapa jam. Studi di ruang isolasi rumah sakit menunjukkan droplet dengan *M. tuberculosis* dapat bertahan di udara, bergerak mengikuti arus ventilasi alami atau mekanik sejauh > 5meter. Di ruang tertutup tanpa ventilasi, partikel TB dapat tetap terdispersi hingga beberapa jam dan jarak >6 meter. Menurut (Fennelly, 2020). Menunjukkan bahwa aerosol TB dapat melayang lebih dari 2 jam dan menyebar >3–5meter tergantung sirkulasi udara. Hasil penelitian (Escombe, 2007) mendokumentasikan penularan TB melalui udara dalam ruang rumah sakit, di mana pasien di tempat tidur 3–6meter jauhnya tetap bisa terinfeksi. (Liu, 2017)menyatakan bahwa terjadi peningkatan signifikan paparan aerosol ketika seseorang berada dalam jarak *sekitar* $\leq 1,5$ meter dari sumber infeksi. Menurut (Carpenter, 2024.) Rumah dengan lebih dari dua orang per kamar dan ventilasi buruk dengan jarak berjajar (row housing) dan ventilasi saling terhubung mempercepat penyebaran. Dengan menggunakan Spasial bagaimana jarak antar rumah dengan melalui titik koordinat.

2. KAJIAN TEORITIS

Penemuan kasus TB.Paru jaman dulu agak terlambat tetapi. Setelah *Mycobacterium tuberculosis* ditemukan oleh Robert Koch selanjutnya dilakukan identifikasi. Berkembanglah metode kultur. Perbedaan dengan metode modern adalah akurasinya tinggi. Metode modern PCR, AI,digital, untuk cakupan massal dan skrining.. (GenXpert, AI rontgen, WGS) hanya membantu menemukan kasus lebih cepat, tetapi tidak langsung menyembuhkan. Karena ketergantungan pada antibiotik yang ada dan siklus resistansi terus berulang. Meluasnya penyakit tubercolusis juga sifat biologi *Mycobacterium tuberculosis*: dinding sel, mycolic acids, dormansi, dan persistensi bakteri, (Soares, 2022) dinding selnya tebal karena mengandung mycolic

acids, hydrofobik tidak suka air sehingga tidak tembus air, tahan dengan bahan kimia dan lebih stabil dilingkungan kering, sehingga diarahkan pada : (Wingfield, 2014) inhibitor biosintesis dinding sel untuk mengatasi resistensi. menurut infeksi laten (Davoudi-Kiakalayeh, 2017). Ditinjau faktor sosial dan ekonomi TB.Paru bukan hanya masalah medis, tapi juga penyakit sosial: Kepadatan penduduk tinggi., Gizi buruk., Akses layanan kesehatan terbatas. Pengobatan sering tidak dilanjutkan karena masalah biaya atau jarak. Meningkatnya kepadatan penduduk, maka peluang positip bakteri *Mycobacterium tuberculosis* berpindah lewat udara (droplet). (Martinez, 2017). Pencegahan tetap fokus pada ventilasi, masker, etika batuk, dan pengobatan TB aktif. Penularan utama melalui udara dari batuk pasien TB Aerosol / droplet nuclei Karena penularan melalui aerosol maka jarak sangat diperhitungkan yaitu 0–1 meter (jarak napas langsung): risiko sangat tinggi. Ketika pasien TB aktif batuk atau bicara, droplet nuclei langsung terhirup oleh orang di dekatnya. Studi WHO menyebutkan bahwa paparan dalam jarak <1 meter selama ≥ 15 menit dapat meningkatkan risiko infeksi, terutama dalam ruangan tertutup. Hingga 5–10 meter dalam ruangan tertutup tanpa ventilasi. Droplet nuklei sangat kecil dan bisa melayang di udara selama beberapa jam. Studi di ruang isolasi rumah sakit menunjukkan droplet dengan *M. tuberculosis* dapat bertahan di udara dan bergerak mengikuti arus ventilasi alami atau mekanik sejauh 5 meter atau lebih. Di ruang tertutup tanpa ventilasi, partikel TB dapat tetap terdispersi hingga beberapa jam dan jarak >6 meter. menunjukkan bahwa aerosol TB dapat melayang lebih dari 2 jam dan menyebar >3–5 meter tergantung sirkulasi udara. Menurut (Martinez, 2017) menunjukkan bahwa aerosol TB dapat melayang lebih dari 2 jam dan menyebar >3–5 meter tergantung sirkulasi udara. Hasil penelitian (Escombe, 2007) mendokumentasikan penularan TB melalui udara dalam ruang rumah sakit, di mana pasien di tempat tidur 3–6 meter jauhnya tetap bisa terinfeksi. (Sari, 2022) memperlihatkan bahwa terjadi peningkatan signifikan paparan aerosol ketika seseorang berada dalam jarak *sekitar* $\leq 1,5$ meter dari sumber infeksi. Rumah dengan lebih dari dua orang per kamar dan ventilasi buruk menunjukkan insiden TB lebih tinggi Studi menyebut bahwa rumah dengan jarak berjajar (row housing) dan ventilasi saling terhubung mempercepat penyebaran.

3. METODE PENELITIAN

Di Wilayah kerja Puskesmas HC Kedaton Kecamatan Kedaton Bandar Lampung, Populasi dan sampel: semua penderita TB.Paru BTA (+) = 75 sampel. Pelaksanaan penelitian ini meliputi tiga yaitu tahap persiapan, pra pengolahan dan pengolahan data. Persiapan yang dilakukan dalam penelitian berupa pengumpulan data primer dan sekunder. Adapun data Primer yang diperoleh berupa titik koordinat kasus penderita tuberkulosis paru. sedangkan data sekunder yang diperoleh yaitu Kawasan kumuh, Kawasan industri dan luas kecamatan kedaton. Proses import data dilakukan terhadap data lapang yang telah dikumpulkan dengan menginput data yang telah diperoleh menggunakan perangkat lunak *Microsoft excel 365* dan *ArcGIS 10.8*. Skala kecil (desa, kelurahan, ≤ 50 rumah) menggunakan alat GPS dan Excel/QGIS disebut Euclidean distance. Euclidean distance adalah perhitungan untuk mengukur jarak dua titik dalam euclidean space mempelajari hubungan antara sudut dan jarak, (Mustofa, 2020) dalam matematika untuk mengukur dua titik dalam satu dimensi, memberikan hasil seperti perhitungan pythagoras. Metode yang digunakan Pengukuran Langsung (Survei Lapangan) dengan Smartphone. Cocok untuk penelitian kecil dengan jumlah sampel terbatas. Kelebihan: data sangat akurat. Kekurangan: memakan waktu dan tenaga jika rumah banyak. Setelah itu jarak bisa dihitung dengan rumus Euclidean atau menggunakan software GIS. Rumus manual (Euclidean distance. Contoh di bawah ini: Jika kita punya dua rumah dengan koordinat: rumah A: (X_1, Y_1) , rumah B: (X_2, Y_2) , maka jaraknya:

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Contoh:

- Rumah A: (100, 200)
- Rumah B: (103, 204)

Skala

$$d = \sqrt{(103 - 100)^2 + (204 - 200)^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5 \text{ meter}$$

Untuk penelitian epidemiologi spasial dan kesehatan lingkungan dapat dilakukan Pengukuran Langsung (Survei Lapangan), juga Geographic Information System (GIS). Untuk analisis statistik spasial setelah mendapatkan koordinat rumah, jarak bisa dihitung otomatis dengan analisis spasial, karena Skala kecil (desa, kelurahan, ≤ 50

rumah) digunakan Euclidean distance. Skala besar (ratusan rumah/kota) dengan GIS (QGIS/ArcGIS) dan analisis spasial (Nearest Neighbor, KDE. Ingin peta visual dengan citra satelit (Google Earth Pro/ArcGIS Online). Langkah Teknis di QGIS dalam penelitian ini adalah: Melakukan kunjungan kerumah rumah penderita TB.Paru untuk mendapat titik koordinat rumah penderita TB.Paru BTA(+). Peneliti diarahkan bersama dengan kader TB.Paru untuk kunjungan kerumah-rumah. Yang penting dalam kunjungan ini etika dalam bertanya, dan merahasiakan identitas penderita TB.Paru BTA(+). Kendala di lapangan adalah ketidak terbukaan pasien, jarak rumah yang sangat jauh, sehingga membutuhkan waktu sehari hari dan berminggu minggu, untuk mendatangi rumah penderita TB.Paru BTA(+). Peran kader sangat membantu peneliti, karena sering terjadi kesalahan alamat,tetapi kader TB.paru BTA(+) sangat ingat pasien pasien TB.Paru BTA(+). Data tersimpan dalam bentuk Latitude, Longitude, kemudian disimpan dalam excel format CSV. Dilanjutkan dengan Import data ke QGis, dan di simpan sebagai Shapefile atau GeoPackage. Penelitian ini untuk menghitung jarak antar rumah dengan membuat Buffer dengan jarak 3 meter dari titik dan hasilnya berupa poligon lingkaran dengan radius 3 m. Generate Near Table / digunakan untuk mencari titik lain dalam jarak 3 m dari titik referensi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar di bawah ini menjelaskan ada kelurahan yang kepadatannya tinggi dan sangat padat. Menurut (Helmy, 2022) kepadatan penduduk dapat memperburuk angka TB.Paru BTA (+) di area tertentu, tergantung kondisi lokal, dengan pendekatan GWPR, bisa menunjukkan kepadatan penduduk berpengaruh kuat terhadap TB. Paru. Kepadatan tidak selalu berpengaruh seragam (bukan hanya efek rata-rata nasional tetapi dapat juga bergantung konteks lokal (ventilasi rumah, kemiskinan, akses kesehatan).

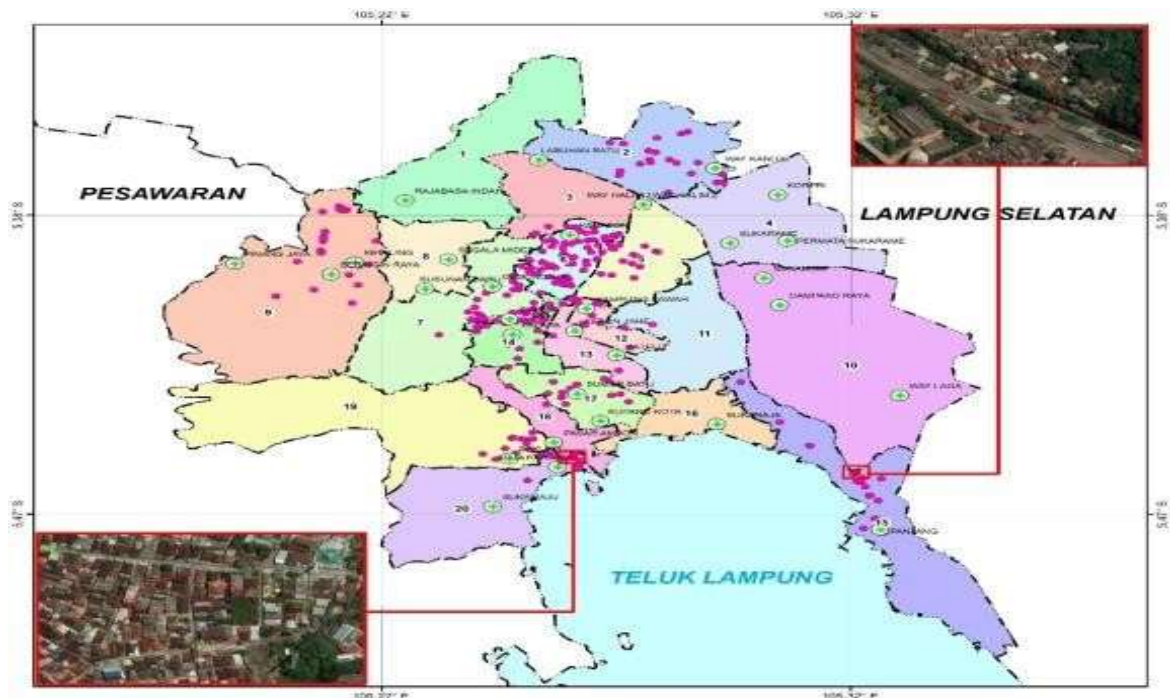


Gambar 1 distribusi kepadatan penduduk Kecamatan kedaton Bandar Lampung

Keterangan kelurahan kedaton, Sidodadi, Surabaya, Penengahan ---- (Rendah)

Kelurahan Sukamenanti baru dan Penengahan Raya ----- (Tinggi)
Kelurahan Sukamenanti ----- (sangat Padat)

Studi ekologi biasanya memakai kepadatan penduduk (makro). Studi rumah tangga/kasus-kontrol biasanya memakai kepadatan hunian (mikro). Tinjauan ekologi lintas-negara/daerah: kepadatan penduduk lebih tinggi berasosiasi dengan peningkatan insidens TB Paru, urbanisasi dan migrasi. Menurut Jiang dkk., 2022, analisis spatio-temporal bacteriologically positive, termasuk BTA+ Klaster utama kasus TB positif bakteri berkembang daerah di area layanan kesehatan maju, kota berkepadatan tinggi (Jiang, 2022), pemukiman padat, pendapatan, sumber daya medis, paparan sinar matahari (Chen, 2013), juga akses layanan berhubungan dengan TB.Paru BTA(+) (Soares, 2022), dan diperjelas bahwa kemiskinan juga permukiman padat mekanisme musim, paparan, dan transmisi (Wingfield, 2014). Kepadatan penduduk yang tinggi dengan mengetahui jarak antar rumah tiap kelurahan yang dilakukan dalam penelitian ini secara spasial



Gambar 2 Ditemukan Spasial jarak antar rumah 3 meter pada cakupan wilayah kerja Puskesmas HC Kedaton Bandar Lampung

Smartphone alat yang digunakan untuk pengambilan titik koordinat. Tiitik koordinat, perhitungan jarak dapat dihitung dengan menggunakan metode euclidean. Hasil peta yang diperoleh ditemukan rumah berjarak 3 meter, tetapi belum mewakili 10%, karena Untuk populasi kurang dari 100 orang: Pengambilan sampel dilakukan secara keseluruhan (100% populasi). Untuk populasi lebih dari 100 orang: Pengambilan sampel dapat dilakukan dengan persentase tertentu, termasuk 10-15% atau 20-25% dari jumlah total populasi. Berarti 10% dari populasi adalah salah satu metode pengambilan sampel yang disarankan oleh Arikunto untuk populasi besar. Telah ditemukan jarak antar rumah 3 meter, Menurut (Moonan, 2020) yang membicarakan pasien TB dalam rumah (index case) dengan tetangga terdekat serta tetangga selanjutnya. Hasilnya meskipun Tidak disebutkan jarak fisik spesifik seperti 3 meter, namun menyiratkan transmisi yang mungkin terjadi antar rumah terdekat. Pendapat lain menyatakan bahwa penularan melalui kontak erat, bukan sekadar jarak antar rumah (Martinez, 2017) yang diperkuat dengan hasil penelitian_(Acuña-Villaorduña, 2018)___Meningkatnya risiko

Kelurahan Sukamenanti Baru merupakan daerah kumuh dibandingkan dengan kelurahan lainnya. Daerah kumuh ditandai oleh hunian padat, rumah tidak layak, sanitasi buruk, air bersih sulit, drainase jelek, dan minim fasilitas. Kondisi ini sangat berkaitan dengan tingginya angka penyakit menular termasuk Tuberkulosis Paru. Luas Kelurahan Sukamenanti Baru ± 30 hektar, 2 Lingkungan, 11 RT, jumlah penduduk ± 3.756 jiwa. Karakteristik daerah kumuh: Drainase dan jalan tidak memadai menyebabkan genangan, kelembaban, sanitasi buruk, kepadatan hunian, akses layanan kesehatan sulit menyebabkan meningkatkan risiko penularan dan memperburuk pengendalian TB Paru. Dipertegas oleh penelitian (Lee, 2022) bahwa rumah-yang tidak memadai secara umum (kualitas fisik, ventilasi, kepadatan, pencahayaan, kelembapan) berkaitan secara signifikan dengan kejadian TB Paru, juga posisi sosial (Arulmohi, 2017), Menurut (Nurjana, 2019) perilaku orang tua, imunisasi, riwayat keluarga yang buruk pada Balita yang tinggal di daerah kumuh, (Sari, 2022), kepadatan, ventilasi buruk, kelembaban, pencahayaan, sanitasi yang kurang baik dan perumahan tidak memadai memiliki risiko TB lebih tinggi. Droplet yang mengandung *Mycobacterium*

tuberculosis lebih lama bertahan di udara maka risiko penularan antar anggota keluarga atau tetangga sangat tinggi. Banyak orang tinggal dalam ruang sempit, ventilasi buruk, sirkulasi udara minim, akibat kepadatan hunian (Sari, 2022). Kepadatan hunian, kelembaban, ventilasi, pencahayaan, lantai, dinding, perilaku penghuni (alat makan & penggunaan barang bersama) Walau sebagian besar komponen memenuhi syarat, masih banyak rumah penderita TB yang kondisi ventilasi, pencahayaan, kelembabannya buruk dan ada perilaku yang memperburuk risiko penularan seperti penggunaan alat makan dan barang bersama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Meningkatnya kepadatan penduduk, maka kontak antar warga meningkat sehingga potensi penularan penyakit menular seperti TB.Paru BTA(+) juga meningkat. Menurut badan pusat statistik Bandar lampung menyatakan bahwa Kecamatan Kedaton yang paling terpadat penduduknya dari dua puluh satu kecamatan di Bandar lampung tahun 2023. Meningkatnya kepadatan penduduk, maka kontak antar warga meningkat sehingga potensi penularan penyakit menular seperti TB.Paru BTA(+) juga meningkat seperti kelurahan Surabaya dan Kedaton. Sehingga meningkatkan peluang bakteri *Mycobacterium tuberculosis* berpindah lewat udara (droplet). Analisis spasial menunjukkan Wilayah Puskesmas HC.Kedaton ditemukan jarak antar rumah 3meter, tetapi belum mampu membuktikan karena belum mencapai signifikan. Rumah dengan lebih dari dua orang per kamar dan ventilasi buruk dengan jarak berjajar (row housing) dan ventilasi saling terhubung mempercepat penyebaran. Untuk tindak lanjut menggunakan spasial untuk pemetaan ventilasi rumah, laju aliran udara, fokus pada rumah yang berjarak sesuai dengan melayangnya aerosol /nuklei.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, baik kepada pendukung fasilitas, Poltekkes Kemenkes Tanjungkarang, sehingga artikel ini dapat dipublikasikan diawali dengan penelitian mandiri yang diadakan di Poltekkes Kemenkes Tanjungkarang

REFERENCES

- Acuña-Villaorduña, C. (2018). Intensity of exposure to pulmonary tuberculosis determines risk of tuberculosis infection and disease. *European Respiratory Journal*, 51(1).
- Arulmohi, M. (2017). Prediction Model of Tuberculosis Transmission Based on Its Risk Factors and Socioeconomic Position in Indonesia. *Indian Journal of Community Medicine*, 42(1), 147-50.
- Carpenter, D. (2024.). The Effect of Population Density on The Risk of Tuberculosis in Densely Populated Environments. *Journal of Diverse Medical Research*, 259-264.
- Centers for Disease Control and Prevention, A. G. (2020). A Neighbor-Based Approach to Identify Tuberculosis Exposure, the Kopanyo Study - Volume 26, Number 5—May 2020 - Emerging Infectious Diseases journal - CDC. *Emerging Infectious Diseases*, 26.
- Chen, W. (2013). Pulmonary Tuberculosis Incidence and Risk Factors in Rural Areas of China: A Cohort Study. *PLoS ONE*, 8(3), 1-7.
- Davoudi-Kiakalayeh, A. (2017). Alloimmunization in thalassemia patients: New insight for healthcare. *International Journal of Preventive Medicine*, 1-7.
- Escombe, A. R. (2007). Natural ventilation for the prevention of airborne contagion. *PLoS Medicine*, 0309-0317.
- Escombe, A. R. (2007). Natural ventilation for the prevention of airborne contagion. *PLoS Medicine*, 0309-0317.
- Fennelly, K. (2020). Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *The Lancet Respiratory Medicine*, 914-924.
- Helmy, H. (2022). Investigating Spatial Patterns of Pulmonary Tuberculosis and Main Related Factors in Bandar Lampung, Indonesia Using Geographically Weighted Poisson Regression. *Tropical Medicine and Infectious Disease*.
- Huang, C. C. (2022). Spatial scale of tuberculosis transmission in Lima, Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1-6.
- IsJiang, H. (2022). Distribution of bacteriologically positive and bacteriologically negative pulmonary tuberculosis in Northwest China: spatiotemporal analysis. *Scientific Reports*, 1-11.
- Jiang, H. (2022). Distribution of bacteriologically positive and bacteriologically negative pulmonary tuberculosis in Northwest China: spatiotemporal analysis. *Scientific Reports*, 1-11.

- Lee, J. Y. (2022). Inadequate housing and pulmonary tuberculosis: a systematic review. *BMC Public Health*, 22(1), 1-12.
- Lee, J. Y. (2022). Inadequate housing and pulmonary tuberculosis: a systematic review. *BMC Public Health*, 22(1), 1-12.
- Liu, L. (2017). Short-range airborne transmission of expiratory droplets between two people. *indoor Air*, 452-462.
- Liyew, A. M. (2024). Ecological-level factors associated with tuberculosis incidence and mortality: A systematic review and meta-analysis. *PLOS Global Public Health*, 1-22.
- Martinez, L. (2017). Transmission of Mycobacterium Tuberculosis in Households and the Community: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Epidemiology*, 185(12), 1327-1339.
- Moonan, P. K. (2020). A neighbor-based approach to identify tuberculosis exposure, the Kopanyo study. *Emerging Infectious Diseases*, 1010-1013.
- Mustofa, Z. (2020). Algoritma Clustering K-Medoids Pada E-Government Bidang Information and Communication Technology Dalam Penentuan Status Edgi. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 9, 1-10.
- Nurjana, M. A. (2019). Risiko tuberculosis paru pada balita di daerah kumuh Indonesia. *Pros Poltekkes Kemenkes Palu*, 2019, 1(1), 18-29.
- Sari, D. (2022). Gambaran Sanitasi Dan Perilaku Penghuni Rumah Penderita Tuberkulosis Di Wilayah Kerja Puskesmas Kedaton Kota Bandar Lampung Tahun 2021. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 138.
- Soares, P. (2022). Ecological factors associated with areas of high tuberculosis diagnosis delay. *Public Health*, 32-39.
- Wingfield, T. (2014). The seasonality of tuberculosis, sunlight, vitamin D, and household crowding. *Journal of Infectious Diseases*, 774-783.
- Zhang, Q. (2022). An Ecological Study of Tuberculosis Incidence in China, From 2002 to 2018. *Frontiers in Public Health*, 1-8.
- Zhang, Q. (2022). An Ecological Study of Tuberculosis Incidence in China, From 2002 to 2018. *Frontiers in Public Health*, 1-8.