

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat” (Permenkes Nomor 3 Tahun 2020). Rumah Sakit memiliki fungsi yang utama yaitu mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat baik fisik, kimia, biologi, maupun sosial yang memungkinkan setiap orang mencapai derajat kesehatan setinggi-tingginya yang dituntut untuk menjaga keselamatan pasien utamanya terkait dengan infeksi (Permenkes 2018) (Tungjai and Kubaha 2017) (Permenkes RI 2019). Infeksi nosokomial atau infeksi terkait perawatan kesehatan terjadi pada pasien dalam perawatan medis. Dari setiap 100 pasien yang dirawat di rumah sakit, tujuh di negara maju dan sepuluh di negara berkembang dapat tertular infeksi nosokomial. Infeksi nosokomial adalah masalah keamanan utama bagi penyedia layanan kesehatan dan pasien. Dengan meningkatnya infeksi, terjadi peningkatan masa tinggal pasien di rumah sakit. Hal ini menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam biaya pengobatan untuk pasien.

Penanganan infeksi ini seringkali membutuhkan rawat inap yang lama, pemeriksaan tambahan, intervensi bedah dan pengobatan antimikroba, yang semuanya menambah biaya perawatan kesehatan. Empat jenis infeksi nosokomial yang paling umum meliputi: infeksi aliran darah primer (IADP), infeksi saluran kemih (ISK) terkait kateter, infeksi daerah operasi (IDO) dan Pneumonia terkait ventilator (VAP). Patogen yang bertanggung jawab atas infeksi nosokomial adalah bakteri, virus, dan jamur. Prevalensi infeksi yang disebabkan oleh Mikroorganisme ini bervariasi di antara populasi pasien yang berbeda, keadaan tempat perawatan kesehatan, fasilitas yang berbeda, dan negara yang berbeda. Secara keseluruhan, bakteri adalah patogen yang paling umum, diikuti oleh jamur dan virus.

Infeksi nosokomial atau infeksi yang didapat di rumah sakit (HAI) adalah penyebab utama morbiditas dan mortalitas di Amerika. HAIs merupakan infeksi pada pasien di rumah sakit atau tempat pelayanan kesehatan lain yang belum tampak atau tidak sedang masa inkubasi pada saat pasien pertama kali masuk atau yang terjadi selama pasien dirawat di rumah sakit lebih dari 48 jam, yang tidak muncul pada saat masuk rumah sakit. Termasuk juga infeksi yang didapatkan pasien selama masa perawatan di rumah sakit atau fasilitas kesehatan yang baru muncul setelah pasien telah keluar, maupun juga infeksi pada staff rumah sakit, (WHO 2010). Data terkini tentang Infeksi Terkait Pelayanan Kesehatan (HAIs) mengungkapkan wawasan signifikan tentang tingkat kejadiannya di berbagai fasilitas pelayanan kesehatan. Statistik ini menggarisbawahi tantangan kesehatan masyarakat yang terus-menerus terjadi di lingkungan rumah sakit, terutama di unit perawatan intensif dan unit khusus.

Tempat infeksi yang paling umum dalam penelitian ini adalah infeksi saluran kemih, yang menyumbang 36% dari HAI, infeksi luka operasi (20%), pneumonia (11%), dan infeksi aliran darah (11%) (Tolabi et al., 2019). Di antara kematian yang terkait adalah 35,967 pneumonia, 30,665 infeksi aliran darah, 13,088 infeksi saluran kemih, 8205 infeksi lokasi operasi, dan 11,062 infeksi lainnya (Peters et al., 2019). Meskipun HAI merupakan masalah kesehatan yang penting di seluruh dunia, hal ini terutama menjadi masalah di negara-negara berkembang. Tingkat infeksi nosokomial berkisar dari 1% di Eropa Utara, khususnya Belanda, yang menerapkan tindakan pengendalian infeksi yang sangat agresif, hingga > 40% di beberapa bagian Asia, Amerika Selatan, dan Afrika sub-Sahara. Di antara negara-negara industri dan maju, Organisasi Kesehatan Dunia menemukan 8,7% dari seluruh pasien rumah sakit mengalami infeksi nosokomial. Studi prevalensi HAI tahunan menunjukkan bahwa di antara 100 pasien yang masuk, Yunani memiliki 9,1%, Spanyol 7%, Norwegia 5,1%, dan Slovenia 4,6%. Tidak mengherankan jika prevalensi HAI tertinggi terjadi di ICU dan rangkaian perawatan bedah akut dan ortopedi. Usia tua, berbagai morbiditas atau keparahan penyakit, dan penurunan imunitas meningkatkan kerentanan pasien. (Vincent et al., 2020).

Sebuah tinjauan sistematis dan meta-analisis oleh (Alemu et al., 2020) melaporkan prevalensi HAI yang tinggi di Ethiopia, memperkirakan angka antara 7,8% dan 20,5% di berbagai fasilitas perawatan kesehatan. Studi ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak akan peningkatan tindakan pencegahan infeksi yang disesuaikan dengan kondisi dan praktik lokal di lingkungan perawatan kesehatan. Demikian pula, tinjauan sistematis yang ekstensif oleh Aloufi et al. di Arab Saudi menemukan bahwa infeksi saluran kemih terkait kateter (ISK-K) mewakili 39% dari HAI, sementara infeksi aliran darah terkait saluran pusat (CLABSI) merupakan 23,3% dari total kasus yang ditinjau (Aloufi et al., 2024). Data mereka menunjukkan bahwa tingkat yang mengkhawatirkan ini menyoroti tantangan berkelanjutan yang dihadapi oleh fasilitas perawatan kesehatan dalam mengelola infeksi ini secara efektif.

HAIs adalah tantangan utama bagi keselamatan pasien. Diperkirakan pada tahun 2020, total 1.7 juta HAIs diantaranya sebanyak 33.269 HAI di antara bayi baru lahir di pembibitan berisiko tinggi, 19.059 di antara bayi baru lahir di pembibitan bayi yang sehat, 417.946 di antara orang dewasa dan anak-anak di ICU, dan 1.266.851 di antara orang dewasa dan anak-anak di luar ICU (Vincent et al., 2020). Banyaknya aktivitas, pasien, staf di dalam rumah sakit, berbagai peralatan atau transfer pasien dari satu unit ke unit lainnya (misalnya bayi baru lahir, pasien luka bakar, perawatan intensif care / ICU) dapat meningkatkan peluang paparan ke flora mikroba dari pasien lain sehingga berpotensi menyebabkan HAIs terutama terkait SSI (Surgical site infections) (Kumar et al., 2021). HAIs menyebabkan 1,4 juta kematian setiap hari di seluruh dunia (WHO, 2005). Presentase HAIs di rumah sakit dunia mencapai 9% (variasi 3–21%) atau lebih 1,4 juta pasien rawat inap di rumah sakit seluruh dunia mendapatkan infeksi ini. Suatu penelitian yang dilakukan oleh WHO menunjukkan bahwa sekitar 8,7% dari 55 rumah sakit dari 14 negara yang berasal dari Eropa, Timur Tengah, Asia Tenggara dan Pasifik menunjukkan adanya HAIs dan untuk Asia Tenggara sebanyak 10,0% (WHO, 2002) (Araç et al., 2019).

Studi terbaru menunjukkan bahwa sekitar 3% hingga 21% pasien rawat inap mengalami HAIs, dengan rata-rata kejadian keseluruhan sekitar 9% seperti yang dilaporkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO). Statistik ini mencerminkan kebutuhan mendesak akan tindakan pengendalian infeksi yang efektif karena rumah sakit terus memerangi infeksi ini (Wahyudi et al., 2022). Secara lebih spesifik, sebuah studi yang dilakukan di Turki menyoroti statistik yang mengkhawatirkan: Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit (CDC) mencatat bahwa 45% HAIs terkait dengan unit perawatan umum, 41% dengan Unit Perawatan Intensif (ICU), dan 8% dengan Unit Perawatan Intensif Neonatal (NICU). Angka-angka tersebut menekankan kerentanan pasien di area berisiko tinggi ini dan pentingnya kebersihan yang ketat dan protokol pencegahan (Hariyati & Zamroni, 2023).

Salah satu penyebab terjadinya infeksi rumah sakit adalah karena kondisi lingkungan rumah sakit yang tidak memenuhi syarat sehingga menyebabkan tingginya angka kuman udara ruang. Kondisi lingkungan meliputi polusi udara, kepadatan ruang, kelembaban, kebersihan dalam ruangan, musim, dan suhu (Basaran & Anay Yilbas, 2020). Mikroorganisme yang ada di dalam ruangan disebut bioaerosol (Iswadi et al., 2014). Bioaerosol adalah partikel debu yang terdiri dari makhluk hidup atau sisa yang berasal dari makhluk hidup terutama berupa jamur dan bakteri (Knowlton et al., 2018). *S. aureus* dan *E. coli* dikonfirmasi sebagai organisme dominan yang ditemukan di rumah sakit diantara penyebab utama HAIs (Tagoe et al., 2011). Kualitas udara dalam ruangan Rumah Sakit yang buruk dapat menyebabkan HAIs (Verde et al. 2015) karena terdapat berbagai macam populasi mikroba seperti bakteri dan jamur, Salah satu parameter untuk mengevaluasi kualitas lingkungan dalam ruang adalah bioaerosol (Yousefzadeh et al., 2022).

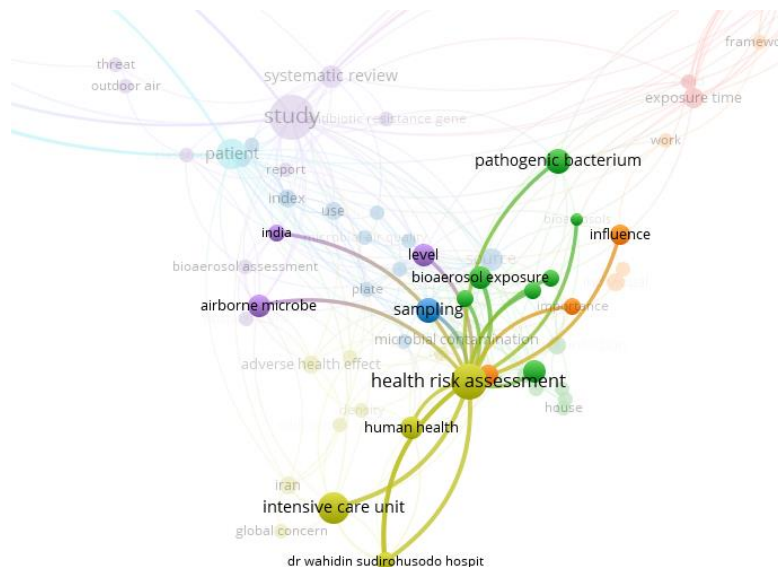
Partikel tersuspensi mengandung zat biologis dan non-biologis yang dapat diangkut melalui aliran udara (Goudarzi et al. 2016; Sepahvand dkk. 2016). Bioaerosol didefinisikan sebagai aerosol atau gas lain yang mengandung komponen hidup atau partikel yang dilepaskan dari organisme hidup. Ukuran bioaerosol bervariasi dari 0,001 μm hingga sekitar 100 μm (Kim et al. 2018). Dalam klasifikasi umum berdasarkan sifat bioaerosol, bioaerosol dapat dibagi menjadi tiga kategori berikut: a) virus dan parasit b) organisme hidup termasuk bakteri dan jamur c) bagian Mikroorganisme atau produk turunannya seperti spora, serbuk sari tanaman, endotoksin dan alergen hewan (Fröhlich-Nowoisky et al. 2016; Kim dkk. 2018). Tingkat bioaerosol dalam ruangan ditemukan setidaknya sepuluh kali lipat lebih tinggi daripada di luar

ruangan (Wei et al. 2015). Media bioaerosol mikroba di udara yaitu udara ambien dan udara dalam ruang. Adapun rute paparannya dapat melalui ingesti/menelan, kontak langsung dan inhalasi/menghirup (EPA 2012). Inhalasi adalah jalur paparan utama dari polusi bioaerosol (Y. Li et al. 2013). Paparan bioaerosol yang melebihi nilai ambang batas yang dipersyaratkan merupakan salah satu penyebab utama infeksi di Rumah Sakit dan dapat menyebabkan penyakit tidak menular, penyakit menular, termasuk infeksi nosokomial (Hospital Acquired Infections), efek toksik akut, kanker dan bahkan bisa berujung kecacatan hingga kematian, terkhusus untuk orang yang memiliki gangguan sistem imun (Tolabi et al. 2019) (R. Jones and Beauchant 2014) (Yoo et al. 2017) (Bolookat et al. 2018). Tingkat kerentanan pada anak-anak dua kali lebih tinggi bila dibandingkan dengan orang dewasa terkait polusi oleh bioaerosol (Totaro et al., 2019).

Jamur dan bakteri merupakan sejumlah besar Mikroorganisme di lingkungan rumah sakit. Tingkat dan variasi pencemaran biologis di lingkungan rumah sakit bergantung pada berbagai faktor seperti jumlah dan aktivitas pengunjung, pasien, desain ruangan rumah sakit, metode desinfeksi, kandungan debu di udara dan lain sebagainya (Aala et al. 2017; Saadoun dkk. 2008). Saat ini, penularan virus dan bakteri patogen diketahui sebagai jalur penting terjadinya berbagai infeksi nosokomial. Menurut penelitian, 10% infeksi nosokomial adalah infeksi yang ditularkan melalui udara dan 16% infeksi di unit perawatan intensif (ICU) disebabkan oleh penularan patogen melalui udara (Onmek et al., 2020). Beberapa penelitian terbaru menunjukkan hal itu hingga 10-20% dari semua infeksi nosokomial endemik dapat ditularkan melalui infeksi yang ditularkan melalui udara. Selain itu, 11% dari seluruh kematian di negara-negara berpendapatan rendah disebabkan oleh infeksi saluran pernapasan bawah akibat polusi udara dalam ruangan (Wu et al., 2023).

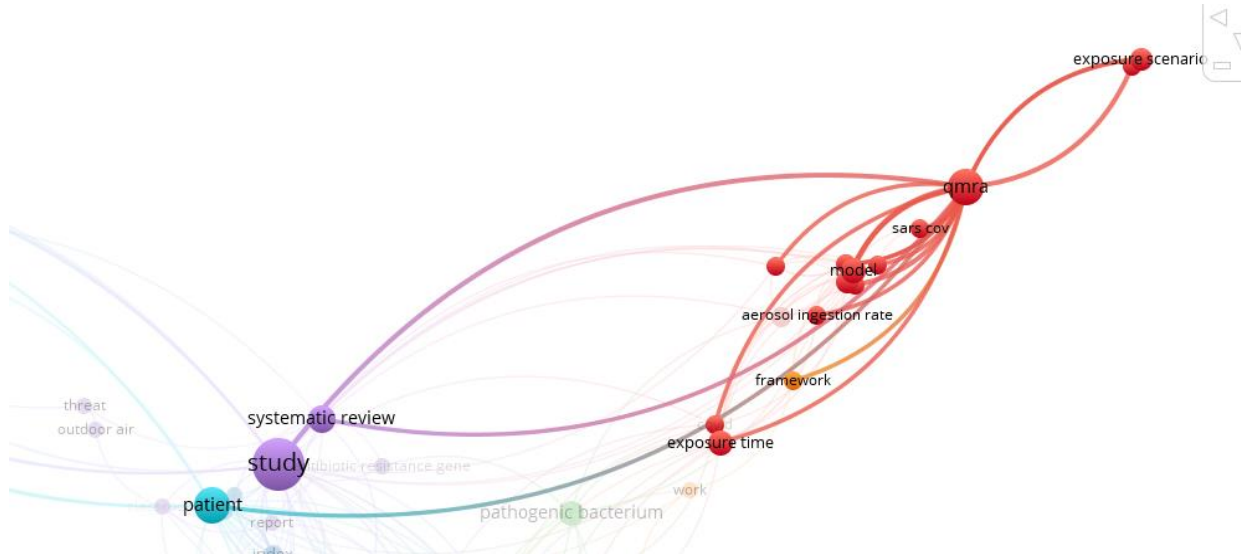
Isolat mikroba meliputi enam bakteri yaitu *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Klebsiella* sp., *Serratia mersences*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus pyogenes* untuk isolat bakteri. Sedangkan isolat jamur termasuk *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp, *Candida*, *Fusarium albicans* dan *Alternaria* sp. (Awosika, Olajubu, and Amusa 2012). Banyaknya infeksi kulit dan jaringan lunak oleh jamur *Zygomycetes* seperti spesies *Rhizopus*, *Absidia*, *Mucor*, dan *Cunninghamella* dilaporkan di seluruh dunia terutama pada pasien immunocompromised yang sebagian besar di rawat di perawatan intensive care (60%) dan infeksi ini sering dikaitkan dengan penyakit diseminata (disseminated disease) (Guégan et al. 2016), (Burke and Lopez 2017). Flora mikroba dapat mencemari benda, perangkat, dan bahan yang selanjutnya kontak dengan tubuh pasien yang rentan terutama pasien immunocompromised (Atata et al. 2010). Dinamika HAIs pada ruang ICU diperkirakan berasal dari sumber patogen flora endogen pasien sebanyak 40-60%, infeksi silang melalui tangan yang terkontaminasi sebanyak 20-40%, perubahan flora oleh antibiotik sebanyak 20-25%, kontaminasi oleh lingkungan, makanan, udara, personil dan sumber lainnya sebanyak 20% (Demuyser et al., 2019).

Penilaian risiko mikroba kuantitatif (QMRA) adalah aplikasi model matematika paparan dan dosis untuk memprediksi kemungkinan hasil buruk akibat paparan patogen (Gurian 2017). QMRA adalah pendekatan pemodelan yang mengintegrasikan data terkait paparan mikroba dan hubungan efek kesehatan manusia dengan tujuan mengkaji dampak potensial/risiko kesehatan dari paparan Mikroorganisme yang berbahaya (Whelan et al. 2017). Penilaian risiko dikelompokkan dalam dua kelompok besar yaitu retrospektif dan prospektif. Tujuan retrospektif berlaku untuk bahaya mikroba yang terjadi secara tidak merata atau jarang dan epidemi. Tujuan prospektif yaitu penilaian risiko berlaku untuk potensi bahaya mikroba di mana efek kesehatan manusia yang merugikan tidak ditetapkan (EPA, 2012). Penelitian yang dilakukan Owildan, 2019 didapatkan hasil Analisis risiko Bioaerosol melaporkan bahwa risiko HAIs pada ICU lebih tinggi dibandingkan NICU, dan populasi laki-laki lebih berisiko daripada perempuan, dimana ditemukan pada ICU bakteri *Staphylococcus haemolyticus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus cereus/thuringiensis/mycoides*, *Spingomonas paucimobilis*, *Acinetobacter baumannii*, *Geobacillus sterothermophilus*, *Staphylococcus gallinarum*, *Cronobacter sakazaki* dan jamur *Absidia* spp. Sedangkan ruang NICU ditemukan bakteri *Staphylococcus haemolyticus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus cereus/thuringiensis/mycoides*, *Spingomonas paucimobilis*, *Acinetobacter lwoffii*, *Kocuria rosea*,



visualisasi jaringan yang dihasilkan oleh perangkat lunak VOSviewer, yang menunjukkan hubungan antara kata kunci berdasarkan frekuensi kemunculan bersama dalam literatur ilmiah.

Saat dilakukan sorotan pada kata “Health Risk Assesment”, hasil ini mengindikasikan bahwa penelitian berfokus pada risiko paparan mikroba di udara (bioaerosol) dan implikasinya terhadap kesehatan manusia, terutama di lingkungan rumah sakit. Proses pengambilan sampel dan penilaian risiko merupakan elemen kunci dalam upaya mitigasi dan pemahaman ancaman patogen di udara. Penelitian mengenai penilaian risiko kesehatan telah dilakukan di RS Wahidin Sudirohusodo, namun belum terlihat adanya garis yang menghubungkan dengan QMRA. Pada saat Saat sorotan ditujukan ke kata “QMRA”, hasil visualisasi ini menunjukkan bahwa dalam studi bioaerosol dan kontaminasi mikroba, pendekatan pemodelan kuantitatif seperti QMRA menjadi alat utama untuk menilai skenario paparan dan risiko kesehatan.



Adapun saat melakukan sorotan pada kata “dr Wahidin Sudirohusodo hospit” visualisasi ini menegaskan bahwa penelitian yang dianalisis berfokus pada penilaian risiko kesehatan dalam konteks unit perawatan intensif, dengan implikasi langsung terhadap kesehatan manusia, namun tidak ada garis yang menghubungkan ke QMRA. visualisasi jaringan yang dihasilkan oleh perangkat lunak VOSviewer, yang menunjukkan hubungan antara kata kunci berdasarkan frekuensi kemunculan bersama dalam literatur ilmiah disajikan dalam gambar berikut :



Berdasarkan pernyataan dan bukti-bukti terkait topik penelitian yang telah dikemukakan diatas maka, penulis termotivasi untuk melakukan penelitian mengenai kualitas udara bioaerosol terkait bakteri dan jamur di udara dalam ruang perawatan ICU dan Kamar Operasi di Rumah Sakit rujukan bertaraf Internasional yang telah menyandang predikat akreditasi internasional dari JCI (Joint Commission International). Selain itu, penulis bisa menggali informasi yang mendalam terkait kualitas udara bioaerosol dalam ruang yaitu pencemaran bakteri dan jamur di udara ,Analisis risiko QMRA yang berguna sebagai metode analisis data dalam upaya pencegahan yang efektif dan efisien untuk mengontrol kejadian HAIs.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana Korelasi Antara Jenis dan jumlah bakteri dan jamur terhadap Dampak Risiko Kesehatan Akibat Polusi Aerosol Mikroorganisme di *Intensive Care Unit* RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar ?

1.3 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Melihat bagaimana korelasi antara jenis dan jumlah bakteri dan jamur terhadap Dampak Risiko Kesehatan Akibat Polusi Aerosol Mikroorganisme di *Intensive Care Unit* RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar

1.4.2 Tujuan Khusus

- Untuk menganalisis total bioaerosol dalam ruang *Intensive Care Unit* di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar.
- Untuk mengidentifikasi jenis bioaerosol terkait jenis bakteri dan jamur di udara dalam ruang *Intensive Care Unit* di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar.
- Untuk menganalisis Parameter Fisik Risiko Polusi Bioaerosol terkait bakteri dan jamur di udara di *Intensive Care Unit* RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar .
- Untuk menganalisis risiko QMRA terkait identifikasi bahaya, penilaian paparan, dosis respon, karakterisasi risiko, manajemen risiko, dan komunikasi risiko polusi Bioaerosol di *Intensive Care Unit* RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar.

1.4 Kegunaan Penelitian

1.4.1 Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan keilmuan tentang risiko QMRA terkait identifikasi bahaya, penilaian paparan, dosis respon, karakterisasi risiko, manajemen risiko, dan komunikasi risiko polusi Bioaerosol dalam *Intensive Care Unit*, mengembangkan keilmuan tentang perhitungan total Bioaerosol terutama dalam *Intensive Care Unit*, mengembangkan keilmuan tentang jenis Bioaerosol terkait jenis bakteri dan jamur di udara dalam *Intensive Care Unit* serta pengetahuan tentang Parameter Fisik Risiko Polusi Bioaerosol terkait bakteri dan jamur di udara dalam *Intensive Care Unit*.

1.4.2 Institusi

Penelitian ini berfungsi untuk menambah wawasan bagi mahasiswa ilmu kesehatan khususnya fakultas kesehatan masyarakat terkait Penilaian Risiko Kesehatan akibat Polusi Bioaerosol Mikroorganisme Dalam Ruangan *Intensive Care Unit* serta diperlukan keterlibatan berbagai sektor baik di bidang kesehatan maupun stake holder utamanya Rumah Sakit sehingga diharapkan menjadi wadah kolaborasi antara disiplin ilmu dalam penelitian. Adapun hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi catatan kebijakan sebagai bentuk rekomendasi terkait Polusi Aerosol Mikroorganisme Dalam Ruangan *Intensive* bagi Rumah sakit

1.4.3 Praktis

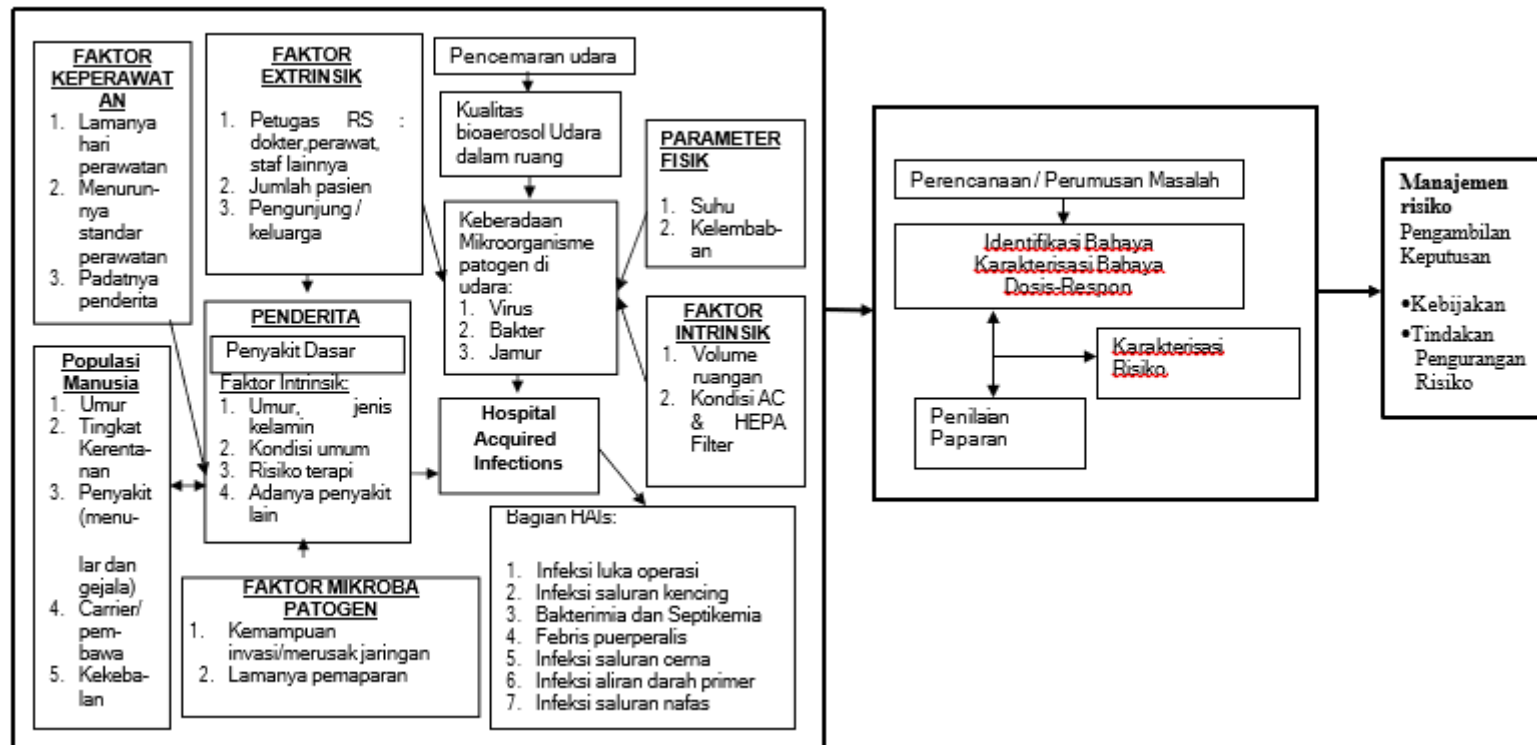
Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam kebijakan yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan pasien dan petugas kesehatan serta pengendalian infeksi pelayanan Kesehatan dalam

Penilaian Risiko Kesehatan akibat Polusi Bioaerosol Mikroorganisme Dalam Ruangan Intensive dilingkup Rumah Sakit.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di *Intensive Care Unit* ICU (*Intensive Care Unit*) di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar. Penelitian akan mengambil sample udara Aerosol di tiga titik di ruang di masing-masing ruangan, tiga kali dalam sehari yaitu di shift pagi, shift siang dan shift malam, selama 3 kali dalam seminggu. Menilai Kuantitas dan identifikasi kuman Bakteri dan Jamur. Selanjutnya menghitung analisis Risik

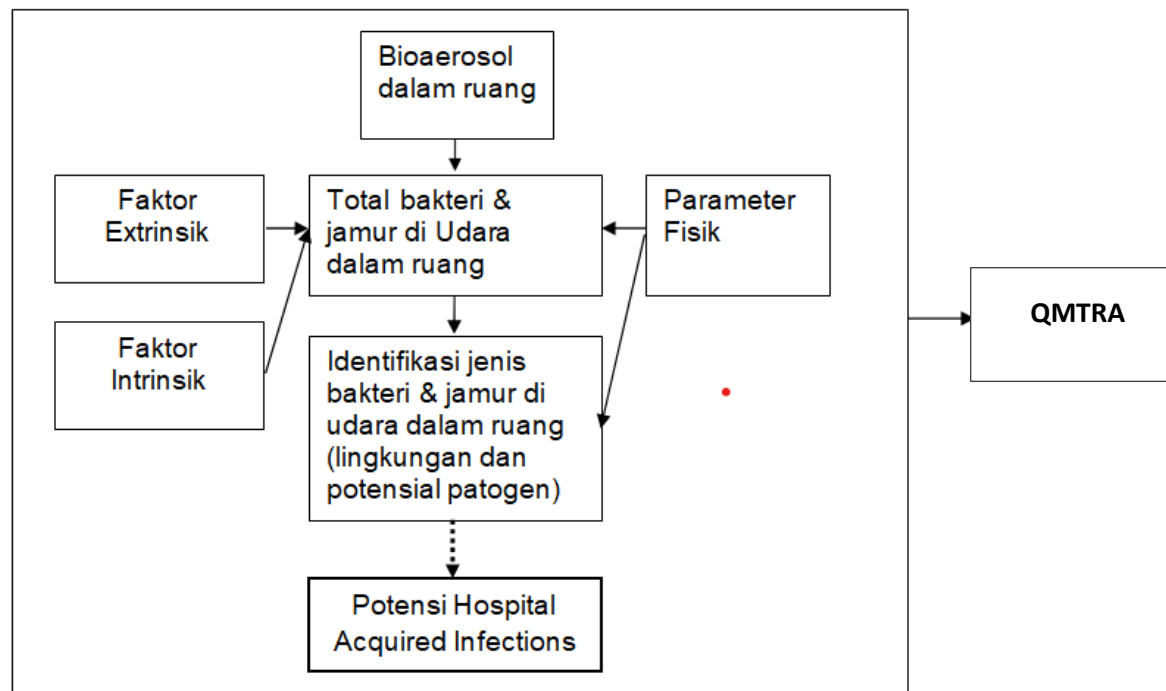
1.6 Kerangka Teori Penelitian



Gambar 1.1 Kerangka Teori

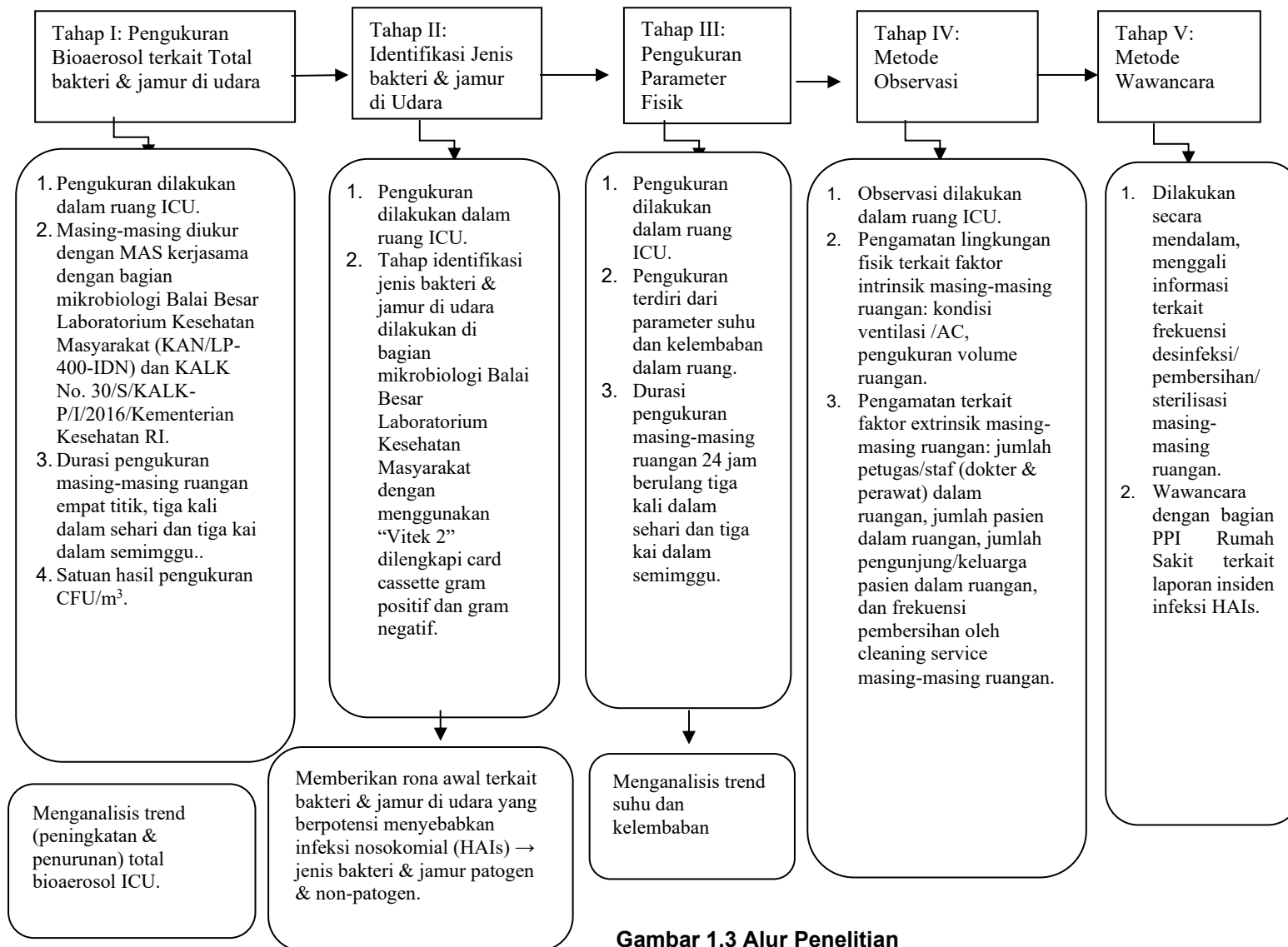
Adaptasi (Darmadi, 2008 hal.21& 123-130), (Septiari, 2012 hal. 4-23), (EPA, 2012 hal.119 & 103), (Stermann, 2000 hal. 111 & 122-127)

1.7 Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 1.2 Kerangka Konsep

1.8 Alur Penelitian



Gambar 1.3 Alur Penelitian

BAB II TOPIK PENELITIAN I

2.1 Abstrak

Latar Belakang: Kualitas udara dalam ruangan, khususnya di ruang intensif rumah sakit, sangat penting untuk kesehatan pasien dan staf medis. Bakteri aerosol dapat menjadi salah satu penyebab infeksi nosokomial, sehingga pemantauan bakteri dalam lingkungan rumah sakit menjadi krusial. Peningkatan kasus infeksi yang didapat di rumah sakit (HAI) menjadi perhatian utama dalam praktik kesehatan, terutama di ruang perawatan intensif. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas udara di ruang perawatan intensif melalui analisis konsentrasi dan jenis bakteri aerosol serta mengkaji pengaruh kelembaban terhadap tingkat pencemaran bakteri sebagai upaya pencegahan infeksi nosokomial. **Metode:** Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran kualitatif dan kuantitatif menggunakan alat pemantau mikroba di udara, di mana sampel diambil dari empat titik berbeda yang dilakukan pada sembilan kali pengukuran pada tiga hari berbeda dalam ruang perawatan intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo. Melalui metode ini, konsentrasi mikrobial serta jenis bakteri yang terdeteksi dalam bioaerosol dianalisis menggunakan teknik kultur dan identifikasi spesies. **Hasil:** Hasil analisis menunjukkan bahwa semua titik pengukuran tidak memenuhi syarat berdasarkan standar bakteri yang ditetapkan. Hasil uji Pearson Correlations menunjukkan bahwa hanya parameter kelembaban yang memiliki nilai signifikan, dengan $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$. Hal ini berarti bahwa kelembaban memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi bakteri aerosol di ruang intensif. Selain itu, nilai r hitung menunjukkan arah pengaruh positif, yang mengindikasikan bahwa peningkatan kelembaban berhubungan dengan peningkatan jumlah bakteri aerosol. **Kesimpulan:** Pencemaran bakteri aerosol pada ruang intensif pada semua titik penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi bakteri aerosol di seluruh titik pengukuran tidak memenuhi standar bakteri yang ditetapkan. Temuan ini mengindikasikan bahwa kualitas udara di lokasi penelitian berpotensi menimbulkan risiko kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian kualitas udara melalui perbaikan sistem ventilasi, penerapan standar kebersihan, dan pemantauan rutin guna meminimalisir paparan bakteri aerosol di lingkungan tersebut.

Kata Kunci: bakteri aerosol, ruang intensif, infeksi nosokomial.

2.2 Pendahuluan

Undang-undang RI Nomor 44 Tahun 2009, rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat. Kualitas udara merupakan faktor utama yang sangat mempengaruhi kesehatan manusia. Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga memberikan daya dukung bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal. Manusia tidak dapat bertahan hidup tanpa udara lebih dari 3 menit. Kualitas udara dalam ruangan (indoor air quality) mengacu kepada kualitas udara dan di sekitar ruangan, terutama yang berkaitan dengan kesehatan dan kenyamanan penghuni (Rahayu et al., 2019).

Rumah sakit sebagai tempat pelayanan kesehatan yang didalamnya terjadi banyak interaksi berbagai komponen dapat menyebabkan terjadinya infeksi nosokomial. Salah satu vektor penyebabnya adalah udara. Aktivitas manusia yang semakin meningkat dapat menjadi penyebab pencemaran udara (Rosyad et al., 2023). Udara adalah komponen lingkungan penting bagi kehidupan manusia, dengan peran vital dalam mempertahankan kehidupan di Bumi. Namun, masalah pencemaran udara, baik di dalam maupun di luar ruangan, menjadi perhatian besar karena dampak seriusnya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Astawa et al., 2024).

Lingkungan rumah sakit yang kurang baik akan memungkinkan terjadinya penularan penyakit yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat dalam lingkungan rumah sakit tersebut. Oleh karena itu, pelayanan sanitasi rumah sakit perlu diselenggarakan dalam rangka menciptakan kondisi lingkungan rumah sakit yang nyaman dan bersih, sehingga dapat mendukung usaha penyembuhan penderita dan dapat mencegah terjadinya penularan infeksi nosokomial di lingkungan rumah sakit (Parobe, 2019)(Parobe, 2019). Kualitas udara di ruang perawatan rumah sakit adalah isu yang sangat penting untuk menjaga kesehatan pasien dan staf. Penelitian menunjukkan bahwa kualitas mikrobiologi udara di ruang perawatan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kelembaban, suhu, dan pencahayaan, serta keberadaan mikroorganisme patogen. Misalnya, penelitian oleh Zulfa et al. menunjukkan bahwa pengelolaan yang tepat terhadap faktor-faktor ini dapat membantu menurunkan jumlah bakteri di udara, yang sangat penting untuk kenyamanan pasien dan mencegah infeksi nosocomial (Zulfa & Syam, 2022).

Infeksi nosokomial dapat disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, atau parasit yang berasal dari dalam tubuh penderita sendiri maupun berasal dari sumber eksogin, yaitu dari lingkungan, dari alat-alat kesehatan (jarum suntik, pelarut obat suntik), alat bantu pernapasan, kateter vena, alat transfusi dan perlengkapan rumah sakit lainnya (meja, kursi, tempat tidur) yang tercemar. Selain itu sumber infeksi penting lainnya adalah petugas rumah sakit (dokter, dokter gigi, perawat, bidan, dan petugas perawatan lainnya), dari penderita lain yang sedang dirawat di rumah sakit, atau dari keluarga penderita yang berkunjung ke rumah sakit (Parobe, 2019).

Kualitas udara dalam ruang dipengaruhi oleh beberapa faktor tertentu seperti parameter fisik, paparan bahan kimia serta kontaminasi biologis. Angka kuman di udara juga mempunyai hubungan antara jumlah pengunjung. Sesuai Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 Tentang Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit, batasan indeks angka kuman menurut fungsi ruang atau unit khususnya pada ruang intensive 0- 200 CFU/m³ . Jika indeks angka kuman kurang dari 200-500 CFU/m³ maka udara bebas dari kuman patogen dan sebaliknya, jika angka kuman lebih dari 200-500 CFU/m³ maka udara tersebut positif mengandung kuman patogen. Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 7 Tahun 2019 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit disebutkan bahwa standar suhu menurut fungsi ruang khususnya rawat inap 22-23°C, kelembaban 40-60% (Pala'ngan et al., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, dan kepadatan penghuni berkontribusi pada jumlah bakteri di udara (Apriyani et al., 2020). Pencemaran udara di ruang perawatan rumah sakit, terutama di ruang intensif seperti Intensive Care Unit (ICU), merupakan isu penting yang berdampak langsung pada kesehatan pasien. Berbagai studi menunjukkan bahwa kualitas udara yang buruk dan keberadaan mikroorganisme di udara berkontribusi signifikan terhadap risiko infeksi nosokomial, terutama bagi pasien dengan sistem kekebalan yang lemah (Djasfar & Pradika, 2023). Bakteri aerosol di lingkungan rumah sakit merupakan masalah serius yang berkontribusi pada infeksi terkait perawatan kesehatan. Berbagai studi menunjukkan bahwa mikroba di udara dapat berasal dari banyak sumber termasuk pasien, tenaga medis, pengunjung, dan perlengkapan di rumah sakit (Sivagnanasundaram et al., 2019). Penelitian di ruang perawatan Rumah Sakit Umum Daerah Abepura menunjukkan angka kuman yang cukup tinggi pada lingkungan ICU, yaitu 930 CFU/m³. Hal ini memperlihatkan tantangan yang dihadapi rumah sakit dalam mengelola kualitas udara, terutama pada unit pasien yang lebih rentan (Parobe, 2019).

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif menggunakan sampel diambil dari tiga titik berbeda yang dilakukan pada sembilan kali pengukuran pada tiga hari berbeda dalam ruang perawatan intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo. Adapun untuk melihat hubungan antara suhu dan kelembaban terhadap keberadaan aerosol microbial digunakan metode observasional analitik dengan desain cross sectional.

2.3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di ruang perawatan intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo. Pengambilan sampel dilakukan di tiga titik berbeda tiga kali dalam sehari dan tiga kali selama seminggu. Untuk mengevaluasi dan menentukan kontaminan mikroba di udara di udara, sampler satu tahap Andersen (Quick Take-30, SKC, USA) digunakan. Dalam perhitungan sampel dilakukan di BTKL adapun proses identifikasi jenis bakteri dan jamur dilakukan di Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

2.3.3 Populasi dan Sampel

Populasi lingkungan dalam penelitian ini adalah udara aerosol yang berada pada ruang perawatan intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo. Sampel Lingkungan mengambil udara Aerosol di ruang ICU di tiga titik, tiga kali dalam sehari (shift pagi, siang, malam), selama tiga kali dalam seminggu. Mengidentifikasi jumlah dan jenis bakteri dan jamur, mengukur suhu, dan kelembapan.

2.3.4 Metode Pengambilan Sampel Lingkungan

a. Alat dan Bahan

- 1) MAS
- 2) Media PCA (Plate)

b. Prosedur Pengerjaan

- 1) Nyalakan alat MAS
- 2) Masukkan media ke dalam alat dan buka penutup plat, kemudian tutup plat.
- 3) Klik start pada alat, biarkan sampai selesai selama 2,5 menit.
- 4) Setelah selesai, tutup kembali media plat.
- 5) Lakukanlah inkubasi di dalam incubator.

2.3.5 Metode Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data dikumpulkan melalui pengambilan sampel udara di ruang perawatan intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik berbeda pada ruang intensif tersebut dimana pada masing-masing titik dilakukan selama tiga hari dengan tiga pengukuran pada tiap harinya (pagi pukul 08.00, sore pukul : 15.00, dan malam pukul :20.00). Sampel pagi pada pukul 08.00 pagi menangkap beban mikroba setelah periode aktivitas rendah selama malam hari ketika lebih sedikit orang yang hadir untuk mengganggu partikel yang mengendap, Pengambilan sampel pada pukul 15.00 sore, selama jam-jam puncak aktivitas, memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi efek peningkatan pergerakan dan prosedur manusia pada konsentrasi aerosol pada waktu ini sering kali bertepatan dengan kegiatan perawatan pasien rutin, seperti kunjungan perawat dan pemberian obat, yang dapat menghasilkan aerosol dan menyebabkan peningkatan jumlah bakteri, dan waktu pengambilan sampel larut malam pada pukul 20.00 malam memfasilitasi penilaian dinamika aerosol saat rumah sakit bersiap untuk mengakhiri hari. Waktu ini memungkinkan untuk menyelidiki bagaimana persistensi aerosol berubah dengan berkurangnya aktivitas dan aliran udara, memberikan wawasan tentang potensi beban bakteri yang tersisa setelah seharian beroperasi.

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari dokumen resmi, laporan, atau jurnal penelitian yang relevan, serta standar baku mutu udara yang ditetapkan oleh pemerintah, seperti Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang "Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah sakit", dimana angka total bioaerosol di udara untuk ruangan intensive care yang dipersyaratkan yaitu, 0–200 CFU/m³. Data sekunder ini digunakan sebagai acuan pembandingan terhadap hasil pengukuran konsentrasi bakteri aerosol, serta untuk mendapatkan informasi tambahan tentang kondisi lingkungan dan potensi risiko kesehatan.

c. Pengolahan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan membersihkan data dari kesalahan pengukuran dan input, kemudian dianalisis. Analisis dilakukan secara deskriptif untuk menghitung rata-rata, median, serta variasi konsentrasi bakteri aerosol di masing-masing titik penelitian. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah sakit untuk menentukan apakah tingkat pencemaran melebihi ambang batas aman. Selain itu, data kualitatif dari observasi lapangan dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang mungkin mempengaruhi keberadaan bakteri aerosol pada ruang perawatan intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo. Dalam melihat pengaruh suhu dan kelembaban terhadap keberadaan aerosol microbial digunakan metode observasional analitik dengan desain cross sectional.

d. Penyajian Data

Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan gambar Sankey untuk menggambarkan besar konsentrasi aerosol mikroorganisme (bakteri yang jamur) serta melihat klasifikasi jenis aerosol mikroorganisme yang terdapat pada penelitian ini. Narasi deskriptif digunakan untuk menjelaskan hasil analisis, menginterpretasikan data, dan memberikan penjelasan terkait dampak dari aerosol mikroorganisme terhadap kesehatan tenaga kesehatan yang bertugas pada lokasi penelitian.

2.4 Hasil Penelitian

2.4.1 Total Bioaerosol Ruang Intensif

Pengambilan sampel lingkungan dilakukan pada 4 titik yang dilakukan sebanyak 9 kali yakni 3 kali sehari (pukul 09.00, pukul 15.00 serta pukul 20.00) pada 3 hari berbeda dengan pengambilan sampel aerosol (bakteri udara). Pengambilan sampel dilakukan oleh peneliti yang didampingi oleh petugas sampling dari BTKL. Pengambilan sampel dilakukan pada ruang intensive di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar. Data terkait hasil pengukuran sampel lingkungan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Total Bioaerosol (Bakteri dan Jamur) ruang intensive diRSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar Tahun 2024

Titik	Waktu pengambilan	Jumlah jamur (cfu)	Jumlah bakteri (cfu)	Total bioaerosol (cfu/m³)	Ket. (Permenkes RI No.1204/Menkes/SK/X/2004, Standar 0-200)	
Titik 1	Minggu	09.00	23	420	443	TMS
		15.00	18	296	314	TMS
		20.00	17	308	325	TMS
	Senin	09.00	35	672	707	TMS
		15.00	19	332	351	TMS
		20.00	27	368	395	TMS
	Kamis	09.00	20	904	924	TMS
		15.00	18	928	946	TMS
		20.00	21	2744	2765	TMS
Titik 2	Minggu	09.00	51	872	923	TMS
		15.00	24	600	624	TMS
		20.00	24	412	436	TMS
	Senin	09.00	48	808	856	TMS
		15.00	27	660	687	TMS
		20.00	36	864	900	TMS
	Kamis	09.00	33	1352	1385	TMS
		15.00	28	1388	1416	TMS
		20.00	47	7540	7587	TMS
Titik 3	Minggu	09.00	46	928	974	TMS
		15.00	22	524	546	TMS
		20.00	21	368	389	TMS
	Senin	09.00	42	1076	1118	TMS

		15.00	21	652	673	TMS
		20.00	31	624	655	TMS
	Kamis	09.00	42	1640	1682	TMS
		15.00	38	1188	1226	TMS
		20.00	35	7540	7575	TMS
Titik 4	Minggu	09.00	42	808	850	TMS
		15.00	24	968	992	TMS
		20.00	29	388	417	TMS
	Senin	09.00	48	928	976	TMS
		15.00	23	984	1007	TMS
		20.00	22	688	710	TMS
	Kamis	09.00	36	2292	2328	TMS
		15.00	54	1352	1406	TMS
		20.00	24	7540	7564	TMS

Sumber: Data Primer, 2024

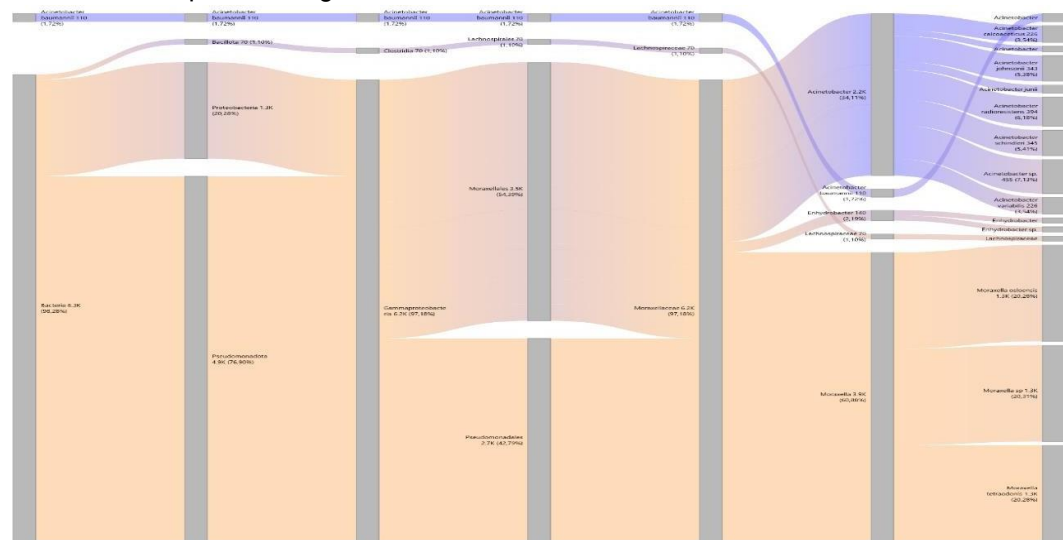
*(MS : 0–200 CFU/m³, TMS : > 200 CFU/m³)

Berdasarkan tabel 2.1 menunjukkan bahwa total bioaerosol pada semua titik ditiap pengukuran pada ruang intensive di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Permenkes RI No.1204/Menkes/SK/X/2004 yakni dengan standar 0-200/m³.

2.4.2 Jenis Bioaerosol (Bakteri dan Jamur)

Identifikasi jenis bakteri dan jamur dalam penelitian ini disajikan melalui aplikasi *Sankey*. Pada gambar dari hasil identifikasi pada masing-masing titik penelitian terbagi dari jenis kingdom, filum, kelas, ordo, family, genus, dan spesies. Adapun data terkait hasil identifikasi bakteri dan jamur adalah sebagai berikut :

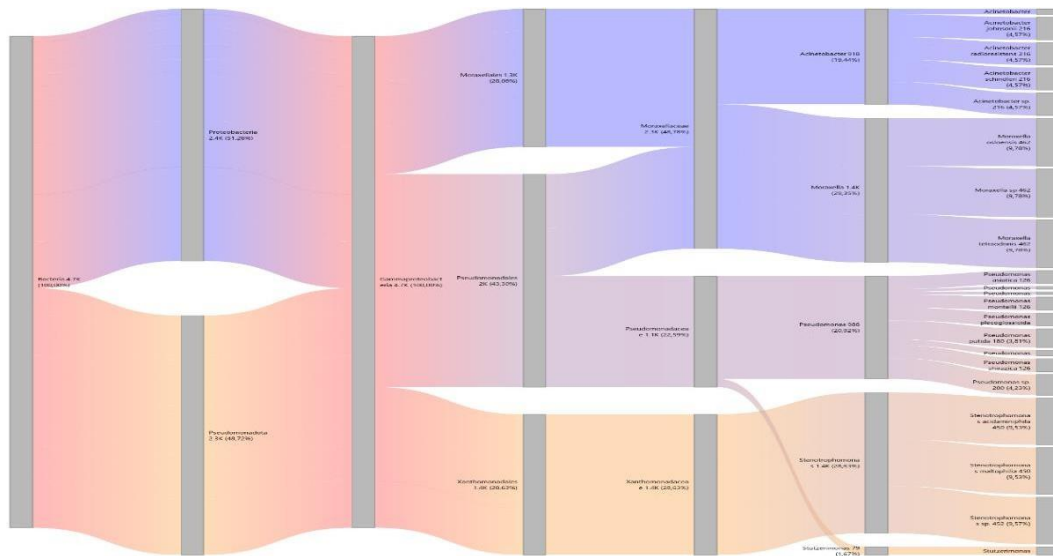
a. Identifikasi Bakteri pada Ruang Intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar



Sumber : Data Primer, 2024

Gambar 2.1 Sankey Bakteri pada Titik 1

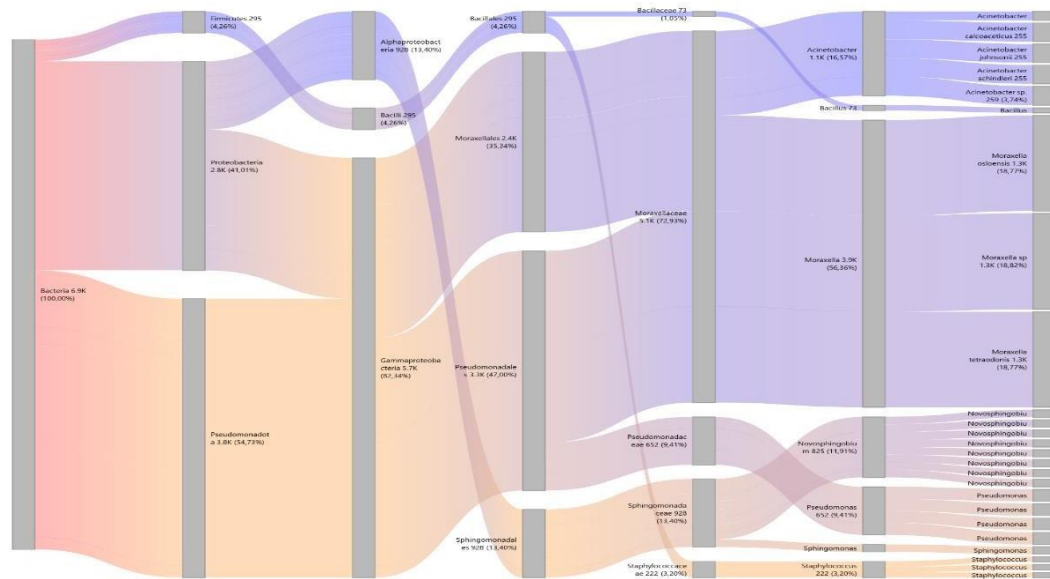
Gambar 2.1 menunjukkan bahwa kelas ordo bakteri yang paling banyak ditemukan pada titik 1 lokasi penelitian di ruang intensive RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar yaitu moraxellales sebanyak 54,39%. Diikuti dengan family yang mendominasi adalah Moraxellaceae sebanyak 97,18%.



Sumber : Data Primer, 2024

Gambar 2.2 Sankey Bakteri pada Titik 2

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa kelas ordo bakteri yang paling banyak ditemukan pada titik 2 lokasi penelitian di ruang intensive RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar yaitu Pseudomonadales sebanyak 43,30%. Diikuti dengan family yang mendominasi adalah Moraxellaceae sebanyak 48,78%.



Sumber : Data Primer, 2024

Gambar 2.3 Sankey Bakteri pada Titik 3

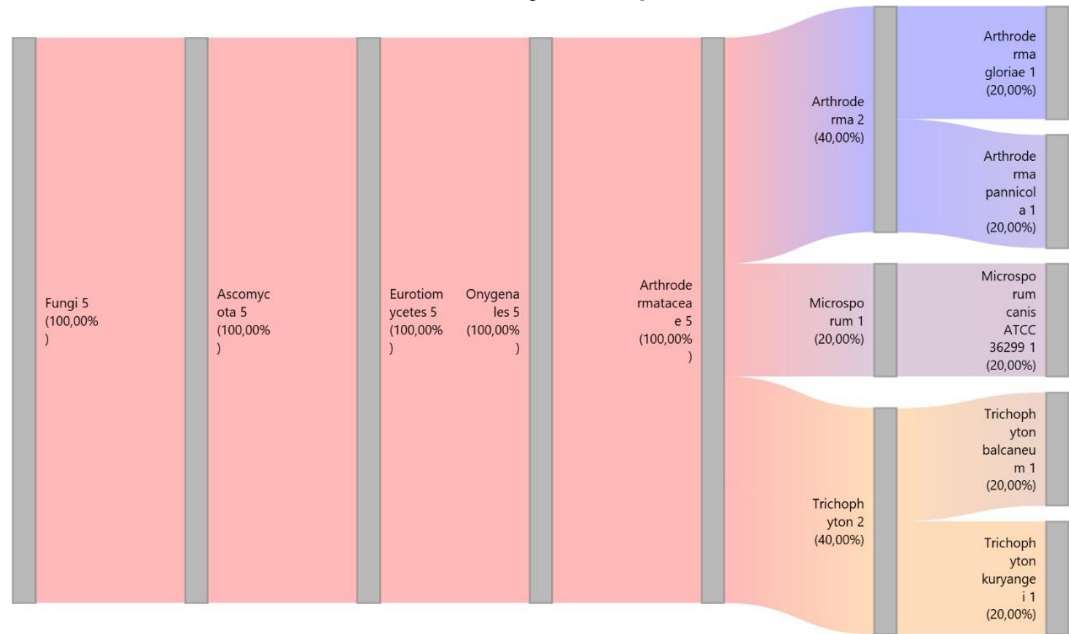
Gambar 2.3 menunjukkan bahwa kelas ordo bakteri yang paling banyak ditemukan pada titik 3 lokasi penelitian di ruang intensive RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar yaitu Pseudomonadales sebanyak 47,00%. Diikuti dengan family yang mendominasi adalah Moraxellaceae sebanyak 72,93%.

Gambar 2.4 Sankey Bakteri pada Titik 4

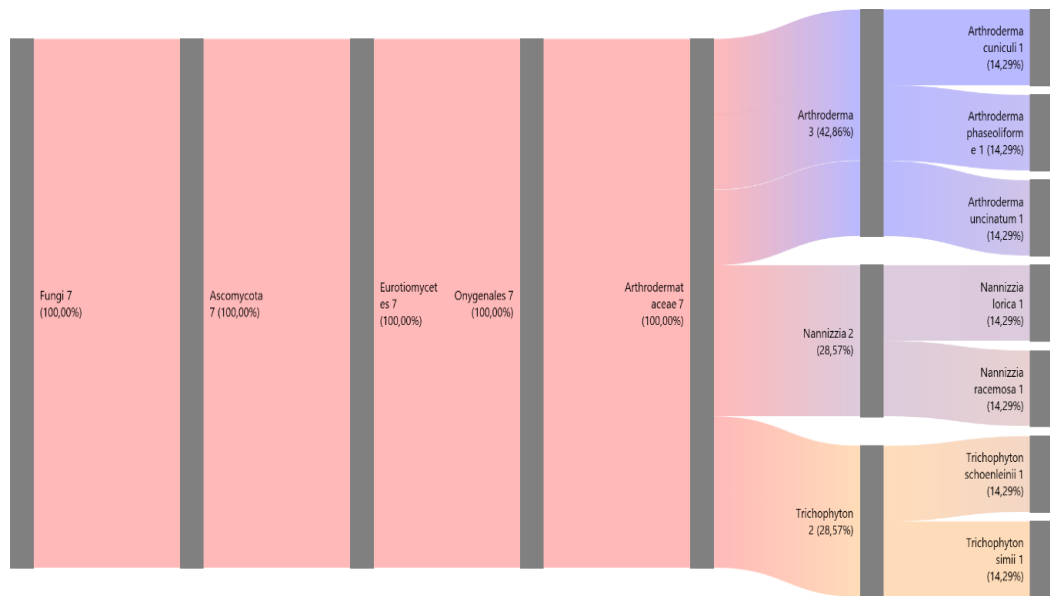
b. Identifikasi Jamur pada Ruang Intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar



Sumber : Data Primer, 2024

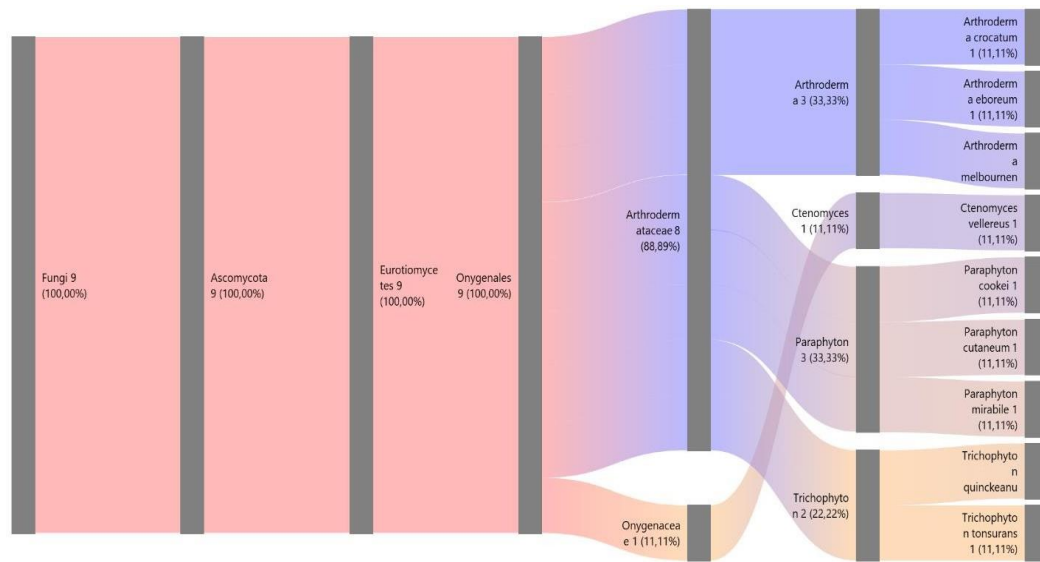
Gambar 2.5 Sankey Jamur pada Titik 1

Sumber : Data Primer, 2024

Gambar 2.6 Sankey Jamur pada Titik 2

Sumber : Data Primer, 2024

Gambar 2.7 Sankey Jamur pada Titik 3



Sumber : Data Primer, 2024

Gambar 2.8 Sankey Jamur pada Titik 4

Gambar 2.5, 2.6 dan 2.7 menunjukkan bahwa kelas ordo jamur yang ditemukan pada titik 1, titik 2, dan titik 3 lokasi penelitian di ruang intensive RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar yaitu 100% Onygenales dan family yang ditemukan adalah Arthrodermataceae sebanyak 100%. Pada gambar 2.8 menunjukkan bahwa kelas ordo jamur yang ditemukan pada titik 4 lokasi penelitian di ruang intensive RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar yaitu 100% Onygenales dan family yang dominan ditemukan adalah Arthrodermataceae sebanyak 88,89%.

2.4.3 Parameter Fisik (Suhu dan Kelembapan) pada Ruang Intensif

Pada saat pengambilan sampel bakteri juga dilakukan pemeriksaan sampel suhu dan kelembapan yang dilakukan pada waktu yang sama pada tiap titik yang menjadi lokasi penelitian dalam penelitian ini. Adapun data terkait suhu dan kelembapan di ruang intensive RSUP. DR. Wahidin Sudirohusodo Makassar adalah sebagai berikut :

a. Suhu

Tabel 2.2 Hasil Pemeriksaan Sampel Lingkungan (Suhu) pada Ruang Intensive di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar

No	Titik Sample	Suhu dalam Ruangan (°C)	Keterangan (Permenkes RI Nomor 7 Tahun 2019, standar 22 °C – 23 °C)
1.	Titik 1	22,8	MS
2.	Titik 2	22,2	MS
3.	Titik 3	21,9	MS
4.	Titik 4	22, 12	MS
Rata-rata			MS

Keterangan : MS (Memenuhi Syarat), TMS (Tidak Memenuhi Syarat)

Sumber: Data Primer 2024

Berdasarkan tabel 2.2 dalam pengukuran suhu pada ruangan intensive RSUP. DR. Wahidin Sudirohusodo Makassar dapat disimpulkan bahwa suhu dalam ruangan tersebut telah memenuhi syarat karena hasil pengukuran suhu masih dalam nilai ambang batas yang dipersyaratkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun

2019 Tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, dimana nilai ambang batas yang dipersyaratkan yaitu, 22°C - 23°C.

b. Kelembaban

Tabel 2.3 Hasil Pemeriksaan Sampel Lingkungan (Kelembaban) pada Ruang Intensive di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar

No.	Waktu Pengambilan Sampel	Kelembaban dalam Ruangan (%)	Keterangan (Permenkes RI Nomor 7 Tahun 2019, standar 40% - 60%)
1.	Titik 1	67,89	TMS
2.	Titik 2	68,33	TMS
3.	Titik 3	71,44	TMS
4.	Titik 4	72	TMS
Rata-rata		67,6	TMS

Keterangan : MS (Memenuhi Syarat), TMS (Tidak Memenuhi Syarat)

Sumber: Data Primer 2024

Berdasarkan tabel 2.3 dapat disimpulkan bahwa kelembaban dalam ruangan intensive RSUP. DR. Wahidin Sudirohusodo Makassar yang diperoleh dari pengukuran kelembaban tidak memenuhi syarat karena hasil pengukuran tersebut menunjukkan angka yang berada diatas nilai ambang batas yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 Tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, dimana nilai ambang batas yang dipersyaratkan yaitu, 40%- 60%.

2.4.4 Analisis Bivariat

Berdasarkan hasil penelitian, berikut terkait Pengaruh parameter fisik (suhu dan kelembaban) dalam ruangan terhadap bioaerosol (bakteri) dalam ruangan intensive di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Hasil Uji Pearson Correlations Pengaruh Parameter Suhu dan Kelembaban terhadap Bioaerosol dalam Ruang Intensive di RSUP. Dr. Wahidin Sudirosodo Makassar

Parameter	Nilai r hitung	p-value
Suhu	0,666	0,592
Kelembaban	0,092	0,000

Sumber: Data Primer 2024

Berdasarkan table hasil uji Pearson Correlations hanya ada 1 parameter yang memiliki nilai signifikan yaitu kelembaban. Adapun makna dari table tersebut yakni kelembaban dengan nilai p-value = 0,000 < 0,05 yang berarti parameter tersebut berpengaruh signifikan.

2.5 Pembahasan

2.5.1 Konsentrasi Total Bioaerosol

Bioaerosol merupakan partikel debu yang terdiri atas makhluk hidup (bakteri dan jamur) (Helmi et al., 2023). Bioaerosol dikenal sebagai mikroorganisme yang tersebar dalam ruangan. Dampak bioaerosol terhadap kesehatan yaitu dapat menimbulkan berbagai gejala penyakit seperti penyakit infeksi, efek toksik akut, alergi, sindrom saluran pernafasan akut berat dan kanker. Adapun faktor-

faktor yang mempengaruhi keberadaan bioaerosol yaitu suhu, kelembaban, pencahayaan, kepadatan hunian, sistem ventilasi, serta sifat dan aktivitas individu (Dharma, 2020).

Jamur dan bakteri merupakan mikroorganisme yang dapat mencemari udara. Jamur merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat menyebabkan polutan udara dan sering kali kurang di mengerti keberadaannya oleh kebanyakan orang. Jamur terdapat di semua tempat, spora jamur terdapat pada debu, udara, permukaan dan air yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia (Datau et al., 2020). Kualitas mikroorganisme di udara menggambarkan kondisi kesehatan lingkungan fasilitas rumah sakit dan dianggap memiliki patogenisitas yang dapat menyebabkan infeksi pada manusia seperti infeksi yang berkaitan dengan rumah sakit (HAIs) (Ashuro et al., 2022).

Mikroorganisme dalam udara pada ruangan merupakan organisme berbentuk spora yang terbawa oleh udara melalui ventilasi udara atau oleh manusia keluar masuk ke ruangan (Hartina et al., 2024). Bioaerosol merupakan partikel yang berukuran sangat kecil dapat berupa mikroorganisme patogen ataupun mikroorganisme non-patogen yang masih hidup atau mati, misalnya virus, bakteri, mikotoksin, peptidoglikan, serbuk sari, protozoa, dan jamur. Bioaerosol bersifat mudah berpindah-pindah dikarenakan memiliki ukuran yang sangat kecil dan ringan sehingga dapat dengan mudah terbawa dan tersebar ke lingkungan oleh udara (Kim et al., 2018).

Pada penelitian ini pengukuran bioaerosol dilakukan pada ruang intensif di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar. Hasil pengukuran bioaerosol dalam ruang pada tabel 3.3 dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengambilan sampel yang dilakukan pada empat titik penelitian yang dilakukan selama tiga hari berturut-turut yang dimana pada tiap harinya dilakukan tiga kali penelitian pada masing-masing titik. Adapun hasil pengukuran tersebut menunjukkan pada seluruh pengukuran menunjukkan hasil yang tidak memenuhi syarat berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang "Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit", dimana angka total bioaerosol di udara untuk ruangan intensive care yang dipersyaratkan yaitu, 0–200 CFU/m³.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (U.P et al., 2019) yang dalam penelitiannya menunjukkan hasil rata-rata angka kuman udara di ruang Rawat Inap RST Wijayakusuma Purwokerto adalah untuk kelas I 2.833,33 CFU/m³ , kelas II 2.150 CFU/m³ , dan kelas III 29.000 CFU/m³ , sedangkan rata-rata angka kuman udara secara keseluruhan kelas I, II, dan III RST Wijayakusuma Purwokerto adalah sebesar 7871,43 CFU/m³ dimana ini menunjukkan hasil tersebut tidak memenuhi syarat. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Mirhoseini et al., 2017) melakukan program pemantauan komprehensif yang menggambarkan variabilitas signifikan dalam konsentrasi bakteri di udara di berbagai bangsal, termasuk ICU, dengan kisaran yang dilaporkan 1 hingga 423 CFU/m³.

Dalam beberapa tahun terakhir, investigasi kontaminasi mikroba di lingkungan dalam ruangan, terutama di lingkungan rumah sakit seperti unit perawatan intensif (ICU), telah mendapatkan relevansi yang semakin meningkat karena implikasinya terhadap keselamatan pasien dan pengendalian infeksi. Keberadaan mikroorganisme di lingkungan ini menimbulkan risiko yang signifikan, terutama bagi pasien dengan gangguan sistem kekebalan tubuh yang ditempatkan di ICU. Penelitian telah menunjukkan bahwa mikroorganisme yang berada pada udara dan partikulat yang mengendap berkontribusi terhadap beban udara mikroba, sehingga menimbulkan kekhawatiran tentang infeksi nosokomial dan kemampuan protokol yang ada dalam mengurangi risiko ini (Tselebonis et al., 2020).

Banyak studi yang telah dilakukan, mencatat jumlah koloni bakteri melebihi standar yang ditetapkan, seperti di ICU rumah sakit Shifa, Gaza, ICU dan ruang operasi rumah sakit Caracas, Venezuela, dan ruang operasi rumah sakit Universitas Gondar, Ethiopia (Tuntun, 2022). Meningkatnya koloni bakteri di rumah sakit, khususnya ruang ICU dan ruang operasi, berkorelasi dengan meningkatnya kasus infeksi nosokomial. Infeksi nosokomial bertanggung jawab atas peningkatan morbiditas dan mortalitas bagi pasien yang mendapat perawatan di ruang ICU (Napoli et al., 2012).

Melalui pendekatan yang berfokus pada pemantauan mikrobiologi dan kontrol infeksi yang komprehensif, rumah sakit dapat memperbaiki standar kebersihan udara, memberikan lingkungan yang lebih aman bagi pasien, terutama di ICU. Penelitian oleh Getachew et al. menegaskan bahwa pemantauan kualitas udara dan permukaan yang terkontaminasi sangat penting untuk menekan angka infeksi nosokomial yang berhubungan dengan mikroba (Getachew et al., 2020). Sebuah tinjauan sistematis oleh Stockwell et al. lebih lanjut menunjukkan konsentrasi total bioaerosol yang lebih tinggi dibandingkan dengan area rumah sakit lainnya, yang mungkin disebabkan oleh pengaturan tempat tidur ganda yang memfasilitasi transmisi mikroba. Studi tersebut menyoroti peran penting sistem ventilasi dalam memodulasi tingkat bioaerosol, dengan ventilasi mekanis yang ditingkatkan terkait dengan konsentrasi mikroba udara yang lebih rendah (Stockwell et al., 2018).

Penelitian yang dilakukan di berbagai rumah sakit juga menunjukkan bahwa jenis-jenis bakteri, seperti Gram negatif, mendominasi keterpaparan bioaerosol. Misalnya, dalam studi oleh Biglari dkk., ditemukan bahwa sebagian besar bakteri di udara dalam rumah sakit adalah Gram positif, namun bakteri Gram negatif seperti *Klebsiella pneumoniae* dan *Pseudomonas aeruginosa* juga terdeteksi, menunjukkan frekuensi yang signifikan. Hal ini menunjukkan perlunya pemantauan dan pengendalian mikroorganisme di area-area kritis seperti ICU untuk mengurangi risiko infeksi (Biglari et al., 2020). Data epidemiologi menunjukkan bahwa keberadaan strain yang resisten mempersulit pengobatan, yang menggarisbawahi perlunya memantau faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap keberadaan mikroorganisme ini di ICU (Tabah et al., 2023).

2.5.2 Identifikasi Jenis Bioaerosol (Bakteri dan Jamur)

Flora mikroba yang ada di udara bersifat sementara dan beragam. Udara bukan merupakan medium tempat mikroba tumbuh, tetapi merupakan pembawa bahan partikulat, debu, dan tetesan air yang semuanya sangat mungkin dimuati mikroba. Mikroorganisme yang paling banyak berkeliaran di udara lingkungan rumah sakit adalah bakteri dan jamur. Suatu benda/ perlengkapan operasi, substrat atau tangan petugas rumah sakit yang terkontaminasi, jasad-jasad renik kontaminan antara lain bakteri seperti *Bacillus*, *E. coli*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, dan spesies jamur seperti *Aspergillus* (Palawe et al., 2015).

Berdasarkan tabel 3.4 ditemukan berbagai jenis bakteri pada tiap titik yang terdiri dari: *Enhydrobacter sp.*, *Moraxella sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Shewanella sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Citobacter sp.*, *Novosphingobium sp.*, dan *Micrococcus sp.* Bioaerosol dapat masuk kedalam tubuh manusia dengan berbagai cara serta dapat menimbulkan dampak kesehatan yang berbeda-beda. Berdasarkan analisis spesies bakteri yang ditemukan di pada penelitian ini, *Acinetobacter sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Staphylococcus sp.* diidentifikasi sebagai yang paling berbahaya karena virulensinya yang tinggi, kaitannya dengan resistensi terhadap berbagai obat, dan risiko infeksi oportunistik yang signifikan. *Citrobacter sp.* juga dapat menyebabkan infeksi berat, terutama pada populasi yang rentan.

Infeksi yang didapat di rumah sakit atau *Healthcare-Associated Infections* (HAIs) menurut Center for Disease Control and Prevention adalah kondisi sistemik atau terlokalisir yang merupakan reaksi efek samping dari pajanan agen infeksius atau racun yang muncul tanpa adanya bukti bahwa infeksi tersebut ada atau dalam masa inkubasi saat pasien masuk ke ruang rawat intensif. Bakteri yang biasanya terlibat dalam penyakit HAIs termasuk *Streptococcus spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Enterococci*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus koagulase negatif*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Legionella*, dan kelompok *Enterobacteriaceae* yaitu *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, dan *Serratia marcescens*. *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli* memegang peran utama sebagai penyebab HAIs.

Acinetobacter baumannii, spesies dalam genus ini, dikenal karena resistensinya terhadap berbagai obat dan kemampuannya untuk bertahan hidup di lingkungan rumah sakit yang keras, sehingga menjadi penyebab utama pneumonia terkait ventilator, infeksi aliran darah, dan infeksi pada luka terbuka (Callewaert et al., 2015). Spesies *Pseudomonas*, khususnya *Pseudomonas aeruginosa*, terkenal karena resistensi antibiotik dan kemampuannya menyebabkan infeksi berat, terutama pada

pasien dengan gangguan kekebalan tubuh. Mereka umumnya terlibat dalam infeksi pernapasan, infeksi saluran kemih, dan infeksi tempat operasi

Staphylococcus aureus dan methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) merupakan patogen kritis yang terkait dengan infeksi terkait layanan kesehatan. *Staphylococci* tersebar luas di lingkungan rumah sakit dan terkait dengan berbagai infeksi, mulai dari infeksi kulit hingga kondisi yang lebih parah seperti sepsis dan pneumonia. Spesies ini tetap menjadi ancaman kesehatan masyarakat yang signifikan karena virulensinya dan resistensinya terhadap antibiotik (State et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh (Sommeng, 2019) juga menunjukkan berbagai jenis jamur yang diidentifikasi pada ruang operasi di Rumah Sakit Ibnu Sina dimana hasil penelitian yang dilakukan di Ruang Operasi Rumah Sakit Ibnu Sina Makassar, didapatkan 14 sampel dan jenis bakteri yang ditemukan berpotensi menyebabkan infeksi nosokomial. Hasil identifikasi bakteri ditemukan 6 bakteri pada ruang operasi yaitu bakteri *Alkaligenes Faecalis*, *Enterobacter agglomerans*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Alkaligenes Faecalis*, dan *Enterobacter Alomerans*.

Adapun pada tabel 3.5 menunjukkan berbagai jenis jamur yang ditemukan pada hasil identifikasi udara dalam ruang intensive di RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar yang terdiri dari: *Arthroderma sp.*, *Microsporum sp.*, *Trichophyton sp.*, *Ctenomyces sp.*, *Nannizzia gypsea*. Pada umumnya bakteri dan jamur hanya dilingkungan dan tidak bersifat patogen akan tetapi, mikroorganisme tersebut dapat bersifat potensial patogen apabila menginfeksi dan masuk ke manusia.

Salah satu jenis bakteri yang ditemukan dalam indentifikasi penelitian ini adalah bakteri *Staphylococcus Aureus* yang merupakan spesies bakteri yang sering kali teridentifikasi menjadi sumber penginfeksi dan telah meningkat penemuan kasus resistensinya (Mardiana et al., 2023). *Staphylococcus Aureus* merupakan patogen oportunistik yang dapat menyebabkan berbagai penyakit yang dapat sembuh sendiri hingga mengancam jiwa pada manusia dan telah diidentifikasi sebagai organisme yang menyebabkan infeksi saluran pernapasan bagian bawah terbanyak keempat, menurut penelitian yang dilakukan di satu lokasi rumah sakit (Halim & Setiawan, 2020).

Adapun jenis bakteri lain yang ditemukan dalam penelitian ini adalah *Acinetobacter baumannii*. *Acinetobacter baumannii* merupakan coccobacillus gram-negatif aerobik non-motil dianggap sebagai salah satu patogen nosokomial paling penting di dunia. *Acinetobacter baumannii* merupakan salah satu bakteri penyebab infeksi berat yang didapatkan di rumah sakit (Srikanth et al., 2022). Infeksi bakteri ini sering terjadi pada pasien dengan penyakit yang parah, dan pasien yang menjalani prosedur invasif serta penggunaan antibiotik spektrum luas. Oleh karena itu *Acinetobacter baumannii* sering menginfeksi pasien yang dirawat di ICU dan menyebabkan penyakit seperti ventilator associated pneumonia (VAP) (Papazian et al., 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Yousefzadeh et al. juga memberikan bukti tentang berbagai jenis bakteri yang ditemukan dalam sampel udara ICU, mengidentifikasi berbagai organisme gram-positif dan gram-negatif. Penelitian mereka menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dari *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, dan berbagai spesies *Bacillus* (Yousefzadeh et al., 2022).

Keberadaan jamur kontaminan udara juga dapat berdampak pada pasien dan petugas medis yang berada di ruangan tersebut. Pasien yang berada di ruang ICU merupakan pasien dengan keadaan sistem imunitas tubuh yang rendah sehingga akan lebih mudah untuk terjadinya infeksi nosokomial, baik secara langsung maupun tidak langsung. Petugas medis dengan sistem imunitas tubuh yang menurun juga beresiko untuk mengalami infeksi sehingga berdampak buruk pada produktivitas kerja dari tenaga medis tersebut (Fajariyanoor et al., 2019). Ketidakseimbangan kelembapan dan suhu di ruang ICU dapat memfasilitasi pertumbuhan jamur ini serta meningkatkan risiko infeksi jamur.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Imaniar et al., 2017) dimana dalam hasil penelitiannya terdapat 8 jenis bakteri, yaitu *Neisseria sp.*, *S. aureus*, *Streptococcus pneumonia*, *E.coli*, *Shigella sp.*,

Salmonella sp., *E. aerogenes.*, *P. aeruginosa.*, dan *Klebsiella pneumonia*. Didapatkan juga 4 jenis jamur yaitu *Rhizopus sp.*, *Saccharomyces sp.*, *Aspergillus sp.*, dan *Penicillium sp.*

Keberadaan jamur pada ruangan disebabkan oleh kehadiran spora jamur yang dimana merupakan morfologi jamur yang dapat tersebar luas dengan mudah oleh udara ke lingkungan. Keberadaan jamur pada ruangan dapat dipicu oleh beberapa hal seperti ventilasi ruangan yang kurang baik, sehingga dapat meningkatkan keberadaan kuman yang diakibatkan oleh tingginya kelembaban pada ruangan, hal ini lah dapat memudahkan jamur untuk berkembang biak (Hartina et al., 2024).

2.5.3 Analisis Parameter Fisik Risiko Polusi Bioaerosol

Penelitian mengenai polusi bioaerosol di ruang perawatan intensif (ICU) dalam rumah sakit mencakup analisis parameter fisik yang dapat memengaruhi risiko kontaminasi mikroba. Bioaerosol mencakup partikel yang terdispersi di udara, yang dapat mengandung bakteri, jamur, dan patogen lainnya. Risiko kesehatan yang terkait dengan bioaerosol di ICU terutama disebabkan oleh kelembapan, suhu, dan sirkulasi udara, yang menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas udara dan potensi infeksi nosokomial.

Salah satu faktor yang dapat menyebabkan masalah *Sick Building Syndrome* (SBS) adalah faktor fisik udara yaitu suhu udara dan juga kelembapan udara. Kualitas udara yang tidak memenuhi syarat dapat menyebabkan masalah SBS. Beberapa masalah kesehatan yang dapat disebabkan oleh adanya suhu ruang yang terlalu tinggi adalah dehidrasi, stres, iritasi kulit serta sakit kepala. Sedangkan untuk kelembapan yang melebihi 60% dapat menyebabkan infeksi saluran pernapasan yang biasanya dapat disebabkan oleh adanya infeksi jamur yang dapat tumbuh dan berkembang pada udara yang lembab (Datau et al., 2020).

Analisis parameter fisik risiko polusi bioaerosol pada ruang Intensive Care Unit (ICU) rumah sakit semakin penting, terutama di tengah peningkatan perhatian terhadap kualitas udara indoor dan dampaknya terhadap kesehatan pasien dan staf medis. Bioaerosol, yang terdiri dari partikel biologis seperti bakteri, virus, dan jamur, dapat menjadi penyebab infeksi yang didapat di rumah sakit (*hospital-acquired infections, HAI*) yang berpotensi parah, terutama di lingkungan dengan kepadatan tinggi seperti ICU (Ogah et al., 2023). Faktor lain yang mempengaruhi risiko polusi bioaerosol di ICU termasuk pengaturan suhu, kelembapan, dan aliran udara. Diketahui bahwa suhu dan kelembapan tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme di dalam bioaerosol, sehingga meningkatkan potensi risiko kesehatan bagi pasien (Dai et al., 2021).

Berdasarkan tabel 3.8 dari hasil uji *Pearson Correlations* hanya ada 1 parameter yang memiliki nilai signifikan yaitu kelembapan. Berdasarkan hasil uji kelembapan ditemukan nilai *p-value* = 0.000 < 0.05 yang berarti parameter tersebut berpengaruh signifikan serta pada hasil nilai *r* hitung pada parameter kelembapan yang berarti bahwa memiliki arah pengaruh positif. Pengaruh positif yang dimaksudkan adalah semakin tinggi kelembapan maka akan berpengaruh pada peningkatan jumlah bakteri di dalam ruangan.

Menurut standar kesehatan, kelembapan udara yang ideal di ruang ICU sebaiknya berkisar antara 40% hingga 60%. Kelembapan di atas 70% tidak hanya mendukung pertumbuhan jamur dan bakteri tetapi juga dapat berkontribusi pada masalah kesehatan seperti iritasi saluran pernapasan dan infeksi sinus (Riski et al., 2021). Kualitas udara di ruang ICU, yang dipengaruhi oleh kelembapan, juga mempengaruhi daya tahan pasien terhadap infeksi. Pratiwi et al. mengemukakan bahwa kelembapan yang tidak sesuai dengan standar dapat berkontribusi terhadap pertumbuhan bakteri dan jamur, yang pada gilirannya dapat menambah beban infeksi di rumah sakit (Pratiwi et al., 2024).

Penelitian oleh Andriana et al. secara khusus mengeksplorasi korelasi antara jumlah bakteri di udara dan kondisi lingkungan di lingkungan klinis. Studi mereka menemukan bahwa fluktuasi suhu dan kelembapan secara signifikan mempengaruhi jumlah bakteri, dengan kondisi pertumbuhan optimal yang diamati pada rentang suhu tertentu (24,4-29,4°C) dan kelembapan relatif (Andriana et al., 2023). Temuan tersebut menekankan pentingnya menjaga kondisi iklim dalam ruangan yang stabil untuk membatasi kolonisasi bakteri (Andriana et al., 2023). Penelitian oleh Zeng et al. lebih

lanjut mengkonfirmasi hubungan antara kondisi lingkungan dan kejadian infeksi yang disebabkan oleh bakteri Gram-negatif. Data mereka menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya suhu dan kelembaban selama musim panas, tingkat infeksi seperti peritonitis terkait dialisis peritoneal juga meningkat tajam, memperkuat gagasan bahwa kondisi iklim dapat memfasilitasi penyebaran organisme patogen (Zeng et al., 2020).

Selain itu, Konno et al. mencatat bahwa permukaan yang sering disentuh di lingkungan rumah sakit sangat dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu. Temuan mereka menunjukkan bahwa menjaga permukaan tetap hangat dapat membantu mengurangi keberadaan bakteri, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu permukaan yang menyerupai kulit manusia dapat menghambat pertumbuhan patogen (Konno et al., 2023). Ini menyiratkan bahwa mengendalikan suhu lingkungan juga dapat mengurangi keberadaan bakteri pada permukaan yang sering kontak di dalam ICU. Analisis mendalam yang dilakukan oleh Jalili et al. menunjukkan bahwa ICU dan ruang operasi sering kali mengalami jumlah mikroba yang lebih rendah dibandingkan dengan bangsal lainnya, mengaitkan perbedaan ini dengan ventilasi dan kondisi lingkungan yang lebih baik (Jalili et al., 2021). Namun, studi mereka juga mengungkapkan bagaimana penyimpangan suhu dan kelembaban dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi bakteri di udara di ruang yang kurang terkontrol, lebih menekankan peran faktor-faktor lingkungan ini.

2.6 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan selama tiga hari berturut-turut pada empat titik penelitian dengan masing-masing tiga kali pengukuran per hari, dapat disimpulkan bahwa seluruh pengukuran bioaerosol di udara di ruangan intensive care tidak memenuhi syarat yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang “Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit”. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa angka total bioaerosol di udara untuk ruangan intensive care yang dipersyaratkan yaitu 0–200 CFU/m³ tidak tercapai. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi berbagai jenis bakteri di setiap titik pengukuran, antara lain *Enhydrobacter sp.*, *Moraxella sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Shewanella sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Citobacter sp.*, *Novosphingobium sp.*, dan *Micrococcus sp.*.

Selanjutnya, berdasarkan hasil uji Pearson Correlations, ditemukan bahwa hanya satu parameter yang memiliki nilai signifikan, yaitu kelembaban. Hasil uji kelembaban menunjukkan nilai $p\text{-value} = 0.000 < 0.05$, yang berarti parameter kelembaban berpengaruh signifikan terhadap jumlah bakteri di dalam ruangan. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban memiliki peranan penting dalam mempengaruhi jumlah bioaerosol yang ada di udara, dengan arah pengaruh positif. Artinya, semakin tinggi kelembaban di dalam ruangan, maka semakin banyak jumlah bakteri yang terdeteksi.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa kualitas udara di ruangan intensive care tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh peraturan kesehatan yang berlaku. Kelembaban ruangan terbukti menjadi faktor signifikan yang mempengaruhi jumlah bakteri, dengan peningkatan kelembaban yang berhubungan langsung dengan peningkatan jumlah bakteri yang terdeteksi. Oleh karena itu, pengelolaan kelembaban yang tepat di ruangan rumah sakit, terutama di ruang intensive care, sangat penting untuk menjaga kualitas udara dan mencegah potensi risiko kesehatan akibat bioaerosol.

