

PEMERIKSAAN JUMLAH DAN IDENTIFIKASI MIKROBA UDARA DI LABORATORIUM FAKULTAS SAINS UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN MAULANA HASANUDIN BANTEN

Sasi Asyifa Nurfadilah Hakim¹, Eri Sulistiati², Analekta Tiara Perdana³
sasicipa@gmail.com¹, eri.sulistiati@uinbanten.ac.id², analekta.tiara@uinbanten.ac.id³

UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten

ABSTRAK

Pemenuhan kualitas udara laboratorium yang baik perlu dilakukan untuk mencegah kontaminasi mikroba, sehingga tidak menyebabkan masalah kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah dan mengidentifikasi mikroba udara di Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten. Pengambilan sampel mikroba dilakukan di 7 ruang laboratorium dan 2 alat kerja Laminar Air Flow (LAF). Jumlah mikroba udara dihitung dalam satuan Coloni Forming Unit Per Meter Kubik (CFU/m³). Identifikasi bakteri dilakukan dengan perwarnaan Gram serta uji biokimia dan identifikasi fungi dilakukan dengan perwarnaan Lactophenol Cotton Blue. Hasil pemeriksaan mikroba udara bakteri menunjukkan jumlah mikroba udara pada seluruh laboratorium dan alat 2-54 CFU/m³, sedangkan fungi sejumlah 1-26 CFU/m³. Jumlah ini memenuhi persyaratan sesuai Permenaker No.5 Tahun 2018 (Hlm 149 : Standar Faktor Biologis). Pada Permenaker disebutkan batas maksimum keberadaan mikroba bakteri <700 CFU/m³ dan untuk mikroba fungi <1000 CFU/m³. Hasil identifikasi bakteri ditemukan 4 isolat teridentifikasi Bacillus, 2 isolat teridentifikasi Shigella, 1 isolat teridentifikasi Escherichia coli, dan 1 isolat teridentifikasi Staphylococcus. Hasil identifikasi fungi ditemukan 2 isolat teridentifikasi Aspergillus, 1 isolat teridentifikasi Candida, dan 1 isolat tidak dapat diidentifikasi.

Kata Kunci: Bakteri, Fungi, Laboratorium, Laminar Air Flow, Mikroba Udara.

ABSTRACT

Fulfillment of good laboratory air quality is necessary to prevent microbial contamination, so it does not cause health problems. This study aims to determine the number and identify air microbes in the Laboratory of the Faculty of Science, Sultan Maulana Hasanuddin State Islamic University, Banten. Microbial sampling was carried out in 7 laboratory rooms and 2 Laminar Air Flow (LAF) work tools. The number of air microbes was calculated in Coloni Forming Units Per Cubic Meter (CFU/m³). Bacterial identification was carried out by Gram staining and biochemical tests and fungal identification was carried out by Lactophenol Cotton Blue staining. The results of the bacterial air microbial examination showed the number of air microbes in all laboratories and tools was 2-54 CFU/m³, while fungi were 1-26 CFU/m³. This number meets the requirements according to Minister of Manpower Regulation No. 5 of 2018 (Page 149: Biological Factor Standards). The Minister of Manpower Regulation states that the maximum limit for the presence of bacterial microbes is <700 CFU/m³ and for fungal microbes <1000 CFU/m³. The bacterial identification results found 4 isolates identified as Bacillus, 2 isolates identified as Shigella, 1 isolate identified as Escherichia coli, and 1 isolate identified as Staphylococcus. The fungal identification results found 2 isolates identified as Aspergillus, 1 isolate identified as Candida, and 1 isolate could not be identified.

Keywords: Bacteria, Fungi, Laboratory, Laminar Air Flow, Air Microbes.

PENDAHULUAN

Laboratorium adalah tempat kegiatan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan peralatan, bahan, dan metode ilmiah tertentu. Laboratorium yang baik harus memiliki kualitas udara yang terhidar dari mikroorganisme pencemar yang disebabkan oleh banyak faktor. Berdasarkan Permenaker No.5 Tahun 2018 (Hlm 149 : Tentang Standar Faktor Biologis Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Lingkungan Kerja), setiap ruang laboratorium

memiliki batas maksimum keberadaan mikroorganisme. Laboratorium umumnya harus memenuhi standar manajemen mutu ISO 17045. Ketentuan kebersihan udara area laboratorium dapat mengacu pada ISO 14644 yaitu, tingkat toleransi partikel yang ada di udara area laboratorium tidak lebih dari 352.000 partikel/m³. Cleanroom dirancang dan dipakai secara khusus untuk mengendalikan dan mengurangi kontaminan udara di laboratorium (ISO 14644). Faktor biologis mikroorganisme termasuk ke dalam biologi yang dapat memengaruhi aktivitas tenaga kerja dan menyebabkan penyakit akibat kerja (Permenaker No.5, 2018). Oleh karena, itu perlu dilakukan pemeriksaan kualitas udara laboratorium secara rutin untuk menunjang kenyamanan kegiatan penelitian di laboratorium. Selain ruangan laboratorium, alat kerja di laboratorium harus steril agar terhindar dari mikroorganisme pencemar udara (Rahma et al., 2023). Salah satu alat yang harus terjamin kebersihannya yaitu Biosafety Cabinet (BSC) dan Laminar Air Flow (LAF).

Laboratorium pendidikan pada setiap universitas dikhususkan untuk menunjang pembelajaran dan penelitian mahasiswa/mahasiswi. Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten memiliki beberapa laboratorium yang terdiri dari laboratorium pendidikan dan riset. Laboratorium ini sudah beroperasi sebagai tempat praktikum dan juga riset selama dua tahun, namun belum bersertifikat ISO 17045. Sebagian besar penelitian mengenai mikroba udara di lingkungan laboratorium telah dilakukan di institusi pendidikan besar dan rumah sakit, namun studi serupa masih terbatas di lingkungan laboratorium perguruan tinggi Islam negeri, khususnya di Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten belum pernah melakukan pemeriksaan kualitas udara. Idealnya laboratorium melakukan pengecekan mikroba udara 2 kali sehari. Selain itu, belum ada data spesifik mengenai jumlah dan jenis mikroba udara yang diperoleh karena pada studi sebelumnya hanya mengukur jumlah total mikroba, tetapi belum mengidentifikasi jenis. Hal tersebut yang mendorong penelitian ini dilakukan.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan terhadap tenaga laboran pada saat observasi awal di Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten ditemukan bakteri di dalam lemari es yang menyebabkan laboran mengalami masalah kesehatan seperti diare. Hal ini dikarenakan kontaminasi pada ruang laboratorium yang disebabkan oleh mikroorganisme dari petugas analis, kontaminasi cairan, instrumen yang digunakan, serta sarung tangan dan pakaian. Selain itu, udara terbuka menjadi peluang masuk aliran debu patogen menjadi penyebab kontaminasi pada ruang laboratorium. Kontaminasi berlebihan akan menimbulkan mikroorganisme yang beragam, baik bakteri ataupun fungi. Kualitas udara dalam ruangan (indoor air quality) merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian karena akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Kualitas udara yang buruk akan menyebabkan penyakit yang serius pada saat imunitas menurun, selain itu jika kualitas buruk akan sangat memengaruhi penelitian yang dilakukan. Menurut National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) 1997, kualitas udara yang buruk disebabkan oleh beberapa hal yaitu kurang ventilasi udara, adanya sumber kontaminan di dalam ruangan, kontaminan dari luar ruangan, dan lain-lain (Soraya et al., 2024).

Mikroorganisme udara berasal dari dalam ruangan, seperti serangga, bakteri, kutu hewan peliharaan, dan fungi. Mikroba pencemar udara di laboratorium dominan ditempati oleh mikroba jenis bakteri dan fungi yang dapat ditemukan di tempat-tempat seperti sistem ventilasi dan peralatan kerja, dan kelembapan dapat menyebabkan berkembangnya bakteri dan fungi. Ragi dan fungi juga merupakan mikroba pencemar udara, menurut Badan Perlindungan Lingkungan (EPA) (Dewi et al., 2021).

Berdasarkan penelitian Soraya et al. (2024) mengenai uji kualitas udara dalam ruangan dengan deteksi keberadaan *Staphylococcus* sp dengan didapatkan hasil kualitas udara di laboratorium mikrobiologi dan ruang steril tidak memenuhi standar baku persyaratan karena

melebihi 200 CFU/m³ sedangkan ruang lain memenuhi persyaratan. Oleh karena itu penelitian terkait kualitas udara di laboratorium perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah dan jenis mikroba udara di laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu kualitas udara yang sudah ditetapkan sesuai Permenaker No.5 Tahun 2018 (Hlm 149 : Standar Faktor Biologis Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Lingkungan Kerja).

KAJIAN PUSTAKA

1. Standar Kualitas Udara Laboratorium

Laboratorium di Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten terbagi menjadi 2 yaitu laboratorium biokimia dan laboratorium fisika. Pemeriksaan mikroba udara berfokus pada laboratorium biokimia dan alat kerja di ruang laboratorium biokimia karena kegiatan praktikan yang berpotensi lebih besar menyebarkan kontaminasi di dalam ruangan hal tersebut menyebabkan udara di dalam ruangan mengandung ratusan hingga ribuan mikroba seperti bakteri, fungi, dan virus sedangkan tidak dilakukan pemeriksaan di laboratorium fisika dikarenakan aktivitas utamanya berpeluang kecil menghasilkan potensi penyebaran mikroba yang tidak signifikan (Andriana et al., 2023).

Udara mengandung banyak oksigen yang diperlukan makhluk hidup dalam rangka untuk menunjang kehidupan, makhluk hidup membutuhkan oksigen yang melimpah di udara untuk metabolisme. Kualitas hidup baik akan dipengaruhi oleh kualitas udara yang baik. Terdapat beberapa jenis mikroorganisme di udara yang perlu diketahui. Pada jenis bakteri seperti *Bacillus*, *Staphylococcus* dan *Micrococcus*, sedangkan pada jenis fungi seperti *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, dan *Trichoderma* dan beberapa kelompok mikroba lain. Jika terdapat <700 CFU/m³ bakteri dan <1000 CFU/m³ fungi, maka kualitas udaranya kurang baik dan tidak memenuhi syarat. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan rutin minimal sebulan sekali (Hadiyati, 2017).

Kualitas udara pada ruangan memiliki baku mutu kelayakan yang dapat dilihat dari hasil pemeriksaan mikroba udara. Pemeriksaan mikroba ini pada beberapa ruang laboratorium harus dilakukan secara rutin minimal 1 bulan sekali untuk menghindari kontaminasi yang akan menyebabkan muncul penyakit yang berbahaya bagi tenaga kerja maupun penghuni di dalam ruangan. Maka dari itu penting kualitas udara yang baik untuk kesehatan tenaga kerja (Permenaker No.5. 2018).

Berdasarkan Permenaker No.5 Tahun 2018 Hlm:149 (tentang standar faktor biologis), setiap ruangan memiliki baku mutu kelayakan yang dapat dilihat dari hasil pemeriksaan mikroba udara. Jumlah bakteri dan fungi pada setiap ruangan memiliki batas maksimum yang berbeda. Pada mikroba udara jenis bakteri jumlah tidak boleh lebih dari 700 CFU/m³ (Batas Maksimum), jika terdapat suatu ruangan (laboratorium) yang menghasilkan jumlah bakteri 900 CFU/m³ maka ruangan tersebut tidak memenuhi persyaratan sesuai baku mutu berdasarkan Permenaker No.5 Tahun 2018 Hlm:149 (tentang standar faktor biologis). Pada mikroba udara jenis fungi jumlah mikroba tidak boleh lebih dari 1000 CFU/m³ (Batas Maksimum), jika terdapat suatu ruangan (laboratorium) yang menghasilkan jumlah fungi 1050 CFU/m³ maka ruangan tersebut tidak lolos persyaratan sesuai baku mutu berdasarkan Permenaker No 5 Tahun 2018 Hlm:149 (tentang standar faktor biologis).

2. Pencemar Udara

Pencemaran udara berasal dari sumber zat-zat atau bahan-bahan asing di udara. Adanya unsur atau senyawa asing di udara dapat menyebabkan terjadinya perubahan komposisi udara yang tidak normal akibat pencemaran udara (Widodo & Cahyono, 2023). Udara bisa tercemar secara fisik, kimia maupun biologis. Pencemaran secara kimia berupa

zat-zat kimia berbahaya seperti karbon monoksida, sulfur dioksida dan lain sebagainya yang menyebar di udara. Pencemar biologis dalam ruangan berupa mikroorganisme seperti bakteri, virus dan fungi yang disebabkan oleh suhu, kelembaban, pencahayaan, kepadatan hunian dan sistem ventilasi. Pencemaran secara fisik berupa partikel padat atau cair seperti debu (Damayanti et al., 2023).

Debu merupakan polutan udara yang sangat mengganggu dan berperan besar dalam merusak udara sekitar. Debu mengandung partikel padat yang dapat menyebabkan berbagai penyakit pada saluran pernafasan dan mencemari udara. Debu yang mempunyai ukuran 1 hingga 3 μm akan menempel pada alveoli. Debu sulit terlihat jika berukuran kecil oleh karena itu perlu dilakukan pembersihan rutin untuk mengurangi debu udara yang menempel di area-area yang sulit terlihat (Khairina, 2019). Debu bisa menjadi indikator yang digunakan untuk mengukur derajat pencemaran udara, baik di dalam maupun di luar ruangan. Debu sering digunakan sebagai indikator pencemaran untuk menunjukkan tingkat bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan serta keselamatan kerja. Debu juga merupakan partikel kecil yang dihasilkan oleh proses mekanis (Rafidah & Andina, 2018).

Pencemaran udara secara biologis ditandai dengan keberadaan mikroorganisme seperti bakteri, fungi dan virus. Parameter udara tersebut adalah mikrobiologi udara yang paling sering digunakan. Jumlah mikroorganisme patogen dan non-patogen di udara yang dibawa oleh partikel debu atau tetesan air disebut jumlah kuman udara. Angka kuman udara dapat dilihat dengan pemeriksaan dalam media, mengamati dan menghitung koloni yang berkembang pada media agar, kemudian hasil perhitungan tersebut disebut dalam satuan Coloni Forming Unit Per meter Kubik (CFU/m³) (Widodo & Cahyono, 2023). Dari Hasil pemeriksaan dapat dilihat juga ada tidak nya kontaminasi mikrobiologi di udara.

Dalam proses pembuatan produk steril atau penelitian riset yang dilakukan di laboratorium kerja, penting untuk memeriksa kontaminasi mikrobiologis di udara. Tingkat aktivitas dalam ruang dan keberadaan mikroorganisme di udara sama-sama memengaruhi kualitas udara dalam ruangan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengambilan sampel udara atau pengujian mikrobiologi, dan sistem pengelolaan udara di laboratorium kerja. Kualitas udara dapat ditentukan dengan mengukur kontaminasi mikroba dan derajat kemurnian udara pada suatu ruang ditunjukkan dengan adanya cemaran mikrobiologi (Sukmayadi et al., 2023).

Berdasarkan penelitian Sukmayadi et al. (2023) menyebutkan bahwa udara adalah kondisi kualitas udara menjadi rusak terkontaminasi oleh zat-zat baik yang berbahaya maupun yang tidak berbahaya. Banyak faktor yang menyebabkan pencemaran udara, salah satu faktor dapat berasal dari kegiatan. Sistem tata udara yang baik mampu memperkecil adanya cemaran udara dalam ruangan.

Mikroba udara merupakan mikroorganisme yang berasal daridalam ruangan dengan jenis yang berbeda-beda, salah satunya :

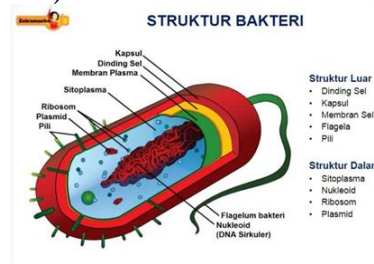
a. Bakteri

Bakteri adalah kelompok mikroorganisme yang biasanya terdiri dari satu sel dan tidak memiliki inti membran sel. Bakteri biasanya memiliki dinding sel tetapi tidak memiliki klorofil. Beberapa jenis bakteri, termasuk yang digunakan dalam industri makanan, diketahui bermanfaat bagi kehidupan, meskipun bakteri kecil mempunyai peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Namun ada juga bakteri berbahaya, misalnya bakteri pembusuk makanan menyebabkan infeksi dan penyakit pada manusia (Febriza et al., 2021).

Bakteri memiliki kemampuan beradaptasi terhadap berbagai faktor lingkungan, termasuk udara, bahan organik, vektor serangga, hewan, dan manusia. Keberadaan bakteri berlebihan di suatu tempat mengakibatkan kontaminasi dan pencemaran udara. Sebagian besar bakteri sering ditemukan pada kontaminasi di dalam dan luar ruangan (Ilmu et al.,

2021).

Struktur bakteri disajikan pada Gambar 2.1. Terdapat dua struktur bakteri yaitu struktur luar dan struktur dalam. Struktur luarnya meliputi dinding sel yang melindungi sel bakteri dan menjaga bentuknya, kapsul yang berisi lendir yang melindungi sel dari kekeringan, membran sel atau plasma yang mengontrol keluar masuknya zat masuk dan keluar bakteri. sel, flagela, yaitu organ gerak yang menyerupai rambut cambuk dan terdapat di dinding sel, dan pili, yaitu rambut kecil yang membantu menempel pada substrat dan mendistribusikan materi genetik. Struktur dalam terdiri dari sitoplasma sebagai tempat terjadinya reaksi metabolisme pada bakteri, ribosom sebagai tempat terjadinya sintesis protein, nukleotida sebagai tempat berkumpulnya DNA kromosomal bakteri, plasmid sebagai rekayasa genetika menjadi vektor yang membawa gen asing yang ingin disisipkan pada bakteri (Vebriani et al., 2023).



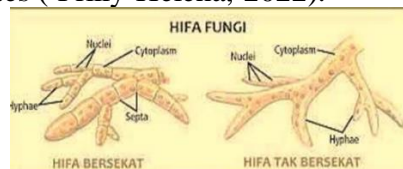
1 Struktur Bakteri

Sumber : Vebriani, (2023)

b. Fungi

Fungi merupakan kedalam sekelompok organisme eukariotik dan tidak bergerak. Mereka juga merupakan organisme heterotrofik, termasuk fungi mikroskopis, ragi, fungi multiseluler, dan fungi. Fungi menyebar melalui spora yang berukuran sangat kecil sehingga dapat menyebar dengan mudah di udara (Saputra et al., 2018). Fungi udara dengan bentuk spora, memiliki reproduksi seksual dan aseksual dapat dilakukan melalui spora fungi. Spora kontaminan fungi dapat masuk ke tubuh manusia melalui berbagai cara seperti melalui kontak langsung, inhalasi, trauma, dan pencernaan makanan. Selain itu, ini sering menjadi masalah dalam pekerjaan laboratorium (Saputra et al., 2018).

Gambar hifa fungi disajikan pada Gambar 2.2. Fungi dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan struktur hifa. Hifa tidak bersekat (Nonseptate) merupakan fungi yang tidak bersekat memiliki inti sel yang menyebar disepanjang sekat contohnya berasal dari kelas Zygomycetes. Hifa bersekat (Septate) merupakan fungi yang didalamnya hifa dibagi menjadi ruang-ruang dan setiap ruangnya mempunyai inti (nukleus) satu atau lebih. Pada fungi terdapat dinding penyekat yang dinamakan dengan septum yang tidak tertutup rapat sehingga sitoplasma bergerak bebas dari ruang ke ruang lainnya, contoh fungi yang bersekat berasal dari kelas Ascomycetes (Prilly Helena, 2022).



Gambar 2 Hifa Fungi

Sumber Prilly Helena, (2022)

3. Metode pengujian

a. Metode Open Plate

Prinsip dasar metode open plate adalah membiarkan mikroorganisme yang ada di udara secara pasif mengendap dan jatuh ke permukaan media agar steril yang diletakan terbuka di lingkungan yang ingin diuji selama 10 menit. Setelah didapatkan koloni bakteri

dan fungi dilanjutkan perhitungan jumlah koloni dengan menggunakan colony counter dan dihitung rata rata dengan rumus dalam satuan Coloni Forming Unit Per meter Kubik (CFU/m³).

b. Perwarnaan Bakteri Dan Fungi

Perwarnaan Gram merupakan suatu metode organisme dikelompokkan menjadi Gram positif maupun Gram negatif. Perwarna yang digunakan dalam proses perwarnaan Gram dapat bersifat basa atau asam. Perwarna basa bermuatan positif, bertanggung jawab untuk menciptakan warna. Sedangkan, perwarna asam bermuatan negatif memberi warna karena adanya muatan berlawanan. Perwarnaan Gram terdiri dari 4 jenis yaitu perwarnaan Gram A berwarna ungu karena mengandung kristal violet, pewarnaan Gram B berwarna cokelat karena mengandung iodium, perwarnaan Gram C tidak berwarna/bening, pewarna Gram D berwarna merah karena mengandung safranin. Perwaarnaan Lactophenol Cotton Blue (LPCB) adalah metode yang umum digunakan untuk mengamati dan mengidentifikasi fungi di bawah mikroskop. Perwarnaan ini memberikan tampilan biru pada fungi, seperti spora dan hifa, sehingga memudahkan pengamatan detail morfologi yang penting untuk identifikasi fungi.

c. Uji Biokimia

Salah satu uji yang digunakan untuk memastikan karakteristik fisiologis koloni bakteri yang diisolasi adalah uji biokimia. Identifikasi bakteri hanya dapat dilakukan dengan ciri fisik; ciri fisiologis juga krusial, sehingga pengujian biokimia dilakukan. Uji Triple Sugar Iron Agar (TSIA), Vogel-Johnson Agar (VJA), dan katalase merupakan beberapa uji biokimia yang dilakukan.

4. Pemeriksaan Mikroba Udara

Pemeriksaan mikroba udara dilakukan pada ruang kerja laboratorium untuk upaya mengurangi penyakit yang berasal dari lingkungan dan dalam ruangan agar mewujudkan kualitas udara lingkungan yang sehat. Salah satunya untuk mengurangi tingkat kontaminasi tinggi dan menyesuaikan dengan peraturan standar baku mutu angka kuman udara di lingkungan kerja, berdasarkan standar keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja. Bidang yang dikaji dalam kesehatan lingkungan adalah tentang penyehatan udara diaplikasikan ke dalam tempat-tempat umum (Widodo & Cahyono, 2023).

Tujuan meningkatkan kesehatan lingkungan adalah agar setiap orang dapat mencapai tingkat kesehatan lingkungan yang optimal, penting untuk memiliki lingkungan fisik, kimia, biologi, dan sosial yang sehat. Suatu lingkungan dianggap sehat jika bebas dari unsur-unsur pengganggu seperti polusi udara. Konsentrasi mikroorganisme di dalam ruangan tertutup akan terus meningkat karena bergantung pada kondisi sifat fisik lingkungan dan aktivitas di dalam. Pencemaran udara dapat menyebabkan Sick Building Syndrome yang merupakan suatu gejala ketika 30 % penghuni ruangan mengalami gangguan kesehatan dan gangguan tersebut hilang saat keluar dari dalam ruangan. Keluhan kesehatan yang termasuk dalam kategori gejala Sick Building Syndrome antara lain meliputi hidung (penyumbatan, gatal, dan keluar cairan), mata (gatal dan iritasi), sakit kepala, badan lesu, sesak napas, dada sesak, demam, nyeri tenggorokan, dan sendi (Charuniza et al., 2020).

5. Faktor Yang Memengaruhi Mutu Laboratorium

Mayoritas makhluk hidup adalah bakteri dan fungi. Data CDC-NIOSH menunjukkan bahwa penyebab utama penyebaran bakteri, fungi, dan virus antara lain ventilasi yang tidak memadai (52%), sumber kontaminasi dalam dan luar ruangan (16%), mikroorganisme (5%), bahan bangunan (4%), dan lain-lain. Bioaerosol berasal dari dua sumber: aktivitas manusia dan sumber eksternal, khususnya di lingkungan yang terlalu ramai. Sementara itu, tingkat kelembapan antara 25-75% sering menjadi penyebab terjadinya kontaminasi di dalam ruangan. Spora fungi, fungi, dan sumber kelembapan yang terletak di dalam atau disekitar

ruangan (Fithri et al., 2016).

Kelembaban sangat penting bagi perkembangan mikroorganisme. Umumnya mikroorganisme jenis bakteri memerlukan tingkat kelembaban yang tinggi untuk berkembangbiak oleh karena itu kondisi kelembaban ruangan harus diperhatikan. Area seperti atap lembab, ubin, dan kran dapat ditemukan beberapa mikroorganisme. Penerangan alami dari sinar matahari yang berasal dari luar sangat berpengaruh untuk mematikan mikroba maka ventilasi cahaya juga bermanfaat untuk mengurangi jumlah mikroba udara (Gumiyarna, 2021).

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Data hasil pemeriksaan mikroba udara disajikan dalam bentuk kualitatif dan kuantitatif berdasarkan perhitungan. Selanjutnya hasil pemeriksaan mikoba diidentifikasi dan dibandingkan dengan standar kualitas sesuai Permenaker No 5 Tahun 2018 (hlm 149 : Standar Faktor Biologis Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Kerja).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jumlah Mikroba Udara

1. Bakteri

Hasil penghitungan bakteri udara disajikan pada Tabel 4.1. Hasil pemeriksaan menunjukan seluruh laboratorium dan alat kerja tidak lebih dari 700 CFU/m³. Hasil ini memenuhi persyaratan baku mutu jumlah keberadaan bakteri di dalam ruangan sesuai Permenaker No 5 Tahun 2018 (hlm 149: standar faktor biologis) keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Bakteri Udara Yang Tumbuh Di Media

No	Parameter uji bakteri					
	Titik lokasi ruangan	Hasil uji	Satuan	Baku mutu	Metode uji	keterangan
1.	Laboratorium pendidikan 4	54	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
2.	Laboratorium pendidikan 5	43	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
3.	Laboratorium pendidikan 6	46	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
4.	Laboratorium pendidikan 5(LAF)	4	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
5.	Laboratorium riset (LAF)	5	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
6.	Laboratorium riset	5	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
7.	Laboratorium riset (r.sentrifuge)	3	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
8.	Laboratorium riset (r.pcr)	4	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS
9.	Laboratorium riset (r.3)	4	CFU/m ³	≤ 700	<i>Open Plate</i>	MS

*MS : memenuhi syarat

Media NA yang diambil pada sampling pertama hari Selasa di waktu pagi dan siang dan sampling kedua hari Rabu di waktu pagi dan siang. Dari sejumlah 7 laboratorium, jumlah

bakteri udara berturut-berturut dari tinggi ke rendah adalah: laboratorium 4, laboratorium 6, laboratorium 5, laboratorium riset, laboratorium riset r. PCR, laboratorium sentrifuge, dan laboratorium riset r.3. Dari sejumlah 2 alat kerja berupa LAF, bakteri udara pada laboratorium 5 memiliki jumlah bakteri lebih tinggi dari LAF pada laboratorium riset. Tingginya jumlah keberadaan mikroba udara bakteri pada laboratorium 4 dikarenakan kepadatan penghuni yang diakibatkan oleh praktikan dengan kegiatan praktikum. Selain pertimbangan eksternal, perilaku penyewa juga memengaruhi kualitas udara dalam ruangan, menurut Unites State Enviromental Protection Agency. Suhu dan kelembapan merupakan variabel tambahan yang memengaruhi jumlah mikroorganisme di dalam ruangan. Maka sangat penting untuk para penghuni laboratorium menjaga kebersihan dan peraturan di laboratorium (Sukmayadi et al., 2023).

Perbedaan jumlah koloni bakteri dan jumlah koloni jamur pada setiap lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu karena jenis laboratorium pada lokasi titik pengambilan sampel berbeda-beda. Terdapat 2 jenis laboratorium yang pertama laboratorium bersih (ruang bersih) seperti laboratorium riset yang tingkat kontaminasinya rendah terlihat dari hasil pemeriksaan mikroba udara hanya terdapat sedikit koloni yang tumbuh. Kedua yaitu laboratorium yang sering digunakan seperti praktikum menjadikan tingkat kontaminasi tinggi dan mudah sekali untuk mikroba tumbuh dan berkembang terlihat seperti di laboratorium 4 hingga 6 didapatkan jumlah koloni bakteri yang banyak. Selain disebabkan faktor lingkungan fisik (inanimate), keberadaan kuman udara juga diakibatkan lingkungan biologis (animate) yang selalu berhubungan. Faktor animate penularan atau penyebaran kuman mencakup para petugas staf laboratorium dan penghuni di dalam laboratorium (Rompas et al., 2019).

Pertumbuhan bakteri dalam ruangan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: suhu udara terlalu panas maka kualitas udara terpengaruh, semakin tinggi kelembapan udara dalam ruangan semakin tinggi pula jumlah koloni bakteri udara dalam ruangan, proses pembersihan ruangan yang tidak dilakukan dengan baik, banyak orang keluar-masuk atau beraktifitas diruangan tersebut menyebabkan kontaminasi mikroba udara dari luar ruangan. Faktor lingkungan laboratorium tidak hanya menjadi faktor utama yang memengaruhi persebaran mikroorganisme, tapi dapat juga dari faktor manusia dan aktifitas didalamnya (Rahmatullah et al., 2021).

Pengendalian udara dalam suatu ruangan secara umum bertujuan untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Langkah awal mengurangi jumlah bakteri udara dengan sterilisasi ruangan untuk meningkatkan kebersihan ruangan dan menaati peraturan seperti menggunakan jas laboratorium, masker, lateks dan tidak makan di dalam ruangan. Selain itu, hal yang perlu diperhatikan yaitu tempratur ruangan. Kondisi tempratur ruangan berpengaruh terhadap peralatan yang digunakan di dalam ruang dan perkembangan bakteri pada suhu optimal di dalam ruangan (Purnomo et al., 2017).

Hasil pemeriksaan didapatkan lebih banyak koloni bakteri dibandingkan fungi. Bakteri banyak ditemukan pada lingkungan luar dan kontaminasi dari dalam ruangan. Hal ini disebabkan karena bakteri mempunyai kemampuan untuk beradaptasi dan menyesuaikan diri terhadap berbagai kondisi lingkungan seperti udara, bahan organik, hewan, dan manusia. Kontaminasi yang sering terjadi berasal dari lingkungan yang menyebabkan produk hasil penelitian gagal karena terkontaminasi (Rahmatullah et al., 2021)

2. Fungi

Hasil perhitungan fungi udara disajikan pada Tabel 4.2. Hasil pemeriksaan menunjukan seluruh laboratorium dan alat kerja tidak lebih dari 1000 CFU/m³. Hasil ini memenuhi persyaratan baku mutu jumlah keberadaan bakteri di dalam ruangan sesuai Permenaker No 5 Tahun 2018 (hlm 149: standar faktor biologis) keselamatan dan kesehatan

kerja lingkungan kerja.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Fungi Udara Yang Tumbuh Di Media

No	Parameter uji fungi					
	Titik lokasi ruangan	Hasil uji	Satuan	Baku mutu	Metode uji	keterangan
1.	Laboratorium pendidikan 4	26	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
2.	Laboratorium pendidikan 5	24	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
3.	Laboratorium pendidikan 6	31	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
4.	Laboratorium pendidikan 5(LAF)	15	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
5.	Laboratorium riset (LAF)	4	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
6.	Laboratorium riset	2	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
7.	Laboratorium riset (r.sentrifuge)	4	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
8.	Laboratorium riset (r. pcr)	5	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS
9.	Laboratorium riset (r. 3)	1	CFU/m ³	≤ 1000	<i>Open Plate</i>	MS

Pada media PDA yang diambil pada sampling pertama hari Selasa di waktu pagi dan siang dan sampling kedua hari Rabu di waktu pagi dan siang. Dari sejumlah 7 laboratorium, jumlah fungi udara berturut-turut dari tinggi ke rendah adalah: laboratorium 6, laboratorium 4, laboratorium 5, laboratorium riset r. PCR, laboratorium riset r.sentrifuge, laboratorium riset, dan laboratorium riset r.3. Jumlah keberadaan fungi dari 2 alat kerja berupa LAF, pada LAF laboratorium 5 memiliki jumlah bakteri lebih tinggi dibandingkan LAF pada laboratorium riset. Perbedaan jumlah bakteri di laboratorium 6 lebih tinggi dikarenakan kepadatan ruangan. Faktor yang memengaruhi jumlah bakteri di ruangan adalah area ventilasi, kepadatan hunian, tingkat aktivitas orang di dalam ruangan, dan ukuran ruang yang ditempati semuanya dapat berdampak pada polusi dalam ruangan, seperti halnya keadaan pintu yang tidak tertutup. (Sukmayadi et al., 2023).

Tingginya jumlah koloni mikroba fungi di dalam ruang laboratorium 6 diakibatkan oleh tingkat pencemaran udara di dalam ruangan. Faktor yang memengaruhi seperti ventilasi, padatnya orang, dan sifat/ taraf kegiatan orang-orang yang menempati ruangan tersebut. Mikroorganisme udara dalam ruangan juga banyak dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satu diantaranya adalah kondisi suhu dan kelembaban udara dalam ruangan (Astuti, 2022).

Keberadaan fungi pada ruangan disebabkan oleh kehadiran spora fungi yang mudah tersebar luas oleh udara ke lingkungan. Ketika penghuni dan karyawan masuk dan keluar ruangan, mereka mungkin membawa spora jamur, yang dapat menyebarkan dan meningkatkan jumlah spora yang ada. Faktor lain yang mendorong pertumbuhan jamur adalah kebersihan yang buruk (Hartina et al., 2024).

Suhu yang didapatkan pada ruang laboratorium berkisar 22°C pada pagi hari dan 23°C pada siang hari, hal ini dikarenakan dari pengaruh aktivitas yang berbeda. Pertumbuhan

mikroba di udara dalam ruangan menurut Depkes RI tahun 2004 dan 2006 menjelaskan bahwa pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh suhu. Kondisi suhu yang meningkat akan menghambat dan mendorong pertumbuhan, mengaktifkan dan menonaktifkan mikroba. Standar suhu yang bagus untuk ruangan laboratorium adalah 22-36°C (Soraya et al., 2024).

Dalam Permenaker No 5 Tahun 2018 (Hal 149 : Standar Faktor Biologis) keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja tertera standar baku mutu untuk hasil pemeriksaan mikroba udara pada bakteri <700 CFU/m³ jika hasil mikroba udara yang didapatkan <700 CFU/m³ memenuhi persyaratan sedangkan jika melebihi 700 CFU/m³ maka perlu dilakukan sterilisasi ruangan dan alat kerja tersebut. Standar baku mutu untuk hasil pemeriksaan mikroba udara pada Fungi <1000 CFU/m³ jika hasil mikroba udara yang didapatkan <1000 CFU/m³ memenuhi persyaratan sedangkan jika melebihi 1000 CFU/m³ maka perlu dilakukan sterilisasi ruangan dan alat kerja tersebut. Pencemaran udara di dalam ruang selain dipengaruhi oleh keberadaan agen abiotik juga dipengaruhi oleh agen biotik seperti partikel debu, dan mikroorganisme termasuk di dalamnya bakteri, fungi, virus dan lain-lain (Hana Gumiarna.2021)

Hasil penelitian ini sesuai dengan standar baku mutu kualitas ruangan berdasarkan permenaker dan memenuhi persyaratan. Dari hasil sampel mikroba udara yang diperoleh di laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten dengan menggunakan 18 cawan petri NA dan 18 cawan petri PDA yang mikroba kurang dari 1000 CFU/m³. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas udara di laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultas Maulana Hasanuddin Banten memenuhi standar Pemerintahan Indonesia.

B. Identifikasi Mikroba Udara

1. Bakteri

Hasil pengamatan bakteri udara secara makroskopis disajikan pada Tabel 4.3 sedangkan pengamatan secara mikroskopis disajikan pada Tabel 4.4. Tabel 4.3 menunjukkan data hasil yang didapatkan dari pengamatan makroskopis bakteri yang tumbuh pada media NA dengan 8 isolat berbeda di beberapa ruang laboratorium. Berdasarkan Tabel 4.3 karakteristik makroskopis bakteri udara bervariasi. Berdasarkan ciri bentuk, terdapat 4 isolat berbentuk irregular dan 4 isolat berbentuk circular. Berdasarkan ciri margin, terdapat 4 isolat berbentuk undulate dan 4 isolat berbentuk entire. Berdasarkan elevasi, terdapat 5 isolat berbentuk raised, 2 isolat berbentuk flat, dan 1 isolat berbentuk umbonate. Berdasarkan ciri ukuran, terdapat 5 isolat small, 2 isolat moderate, dan 1 isolat punctiform. Berdasarkan ciri karakter optik, terdapat 6 isolat opaque dan 2 isolat transparan. Berdasarkan ciri tekstur, terdapat 5 isolat kasar dan 3 isolat halus. Berdasarkan ciri pigmentasi, terdapat 4 isolat putih, 2 isolat kuning, 1 isolat krem, dan 1 isolat merah muda. Data ini memberikan dasar yang kuat untuk memahami keanekaragaman mikroba di lingkungan udara.

Karakteristik jenis bakteri udara merupakan bentuk, ukuran, permukaan, warna, elevasi, dan tepi bakteri memengaruhi sifat-sifatnya. Ada dua metode untuk mengamati sifat-sifat ini: makroskopis dan mikroskopis. Untuk menjelaskan ciri-ciri tersebut, data pada Tabel 4.3 diperoleh dari pengamatan makroskopis menggunakan penghitung koloni. (Sukmayadi et al.,2023).

Karakter	Isolat 1	Isolat 2	Isolat 3	Isolat 4	Isolat 5	Isolat 6	Isolat 7	Isolat 8
Makroskopis								
Bentuk	Irregular	Irregular	Irregular	Circular	Circular	Circular	Irregular	Circular

Margin	Udulate	Udulate	Udulate	Entire	Entire	Entire	Udulate	entier
Elevasi	Raised	Raised	Raised	Flat	Umbonate	Flat	Raised	Raised
Ukuran	Moderate	Small	Small	Moderate	Small	Punctiform	Small	Small
Karakter Optik	Opaque	Opaque	Transparent	Opaque	Opaque	Opaque	Opaque	transparent
Tekstur	Kasar	Kasar	Kasar	Halus	Halus	Halus	Kasar	Kasar
Pigmentasi	Putih	Putih	Cream	Putih	Kuning muda	Merah	Kuning	Putih

Tabel 3 Hasil Karakteristik Makroskopis Bakteri Udara

Morfologi koloni dapat diamati dengan mata telanjang atau dengan bantuan colony counter. Pengelompokan didasarkan bentuk koloni, margin, elevasi, ukuran, karakter optik, tekstur, dan pigmentasi. Bentuk koloni dapat dikelompokkan menjadi circular (sirkular), irreguler (tidak beraturan), dan filamentous (bercabang). Kenampakan margin atau tepi dikelompokkan menjadi entire (halus), undulate (bergelombang), lobate, filamentous, atau rhizoid (bercabang). Kenampakan elevasi dikelompokkan menjadi flat (rata), raised (memuncak), convex (memuncak ditengah). Kenampakan ukuran dapat dikelompokkan menjadi small (kecil) yang masih terlihat bentuknya, punctiform (sangat kecil) seperti titik titik, moderate (sedang), large (besar). Kenampakan karakter optik dapat dikelompokkan menjadi opaque (tebal/tidak tembus cahaya), dan transparan (tembus cahaya). Kenampakan tekstur dapat dikelompokkan menjadi halus dan kasar.

Morfologi makroskopis koloni bakteri sangat bervariasi tergantung dari spesies bakteri, media pertumbuhan, dan lingkungan asal (tanah, air, makanan, tubuh manusia/hewan). Pada media umum seperti Nutrient agar atau MacConkey agar koloni bakteri menampilkan koloni bulat, cembung, halus, lembek sedangkan pada media Eosin Methylen Blue (EMB) koloni menghasilkan sheen metalik. Meski tidak cukup untuk identifikasi definitif, pengamatan koloni secara makroskopis penting sebagai langkah awal sebelum uji lanjutan seperti uji biokimia, molekuler, atau perwarnaan Gram (Barcella, 2016).

Berdasarkan Tabel 4.4, karakteristik mikroskopis bakteri udara bervariasi. Data hasil yang didapatkan dari pengamatan mikroskopis dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran 100x. Pada Tabel 4.4 8 isolat tersebut menunjukkan hasil yaitu 5 isolat Gram positif dengan warna ungu dan 3 isolat Gram negatif dengan warna merah. Komposisi dan ketebalan dinding sel bakteri Gram (+) dan Gram (-) bervariasi, yang berkaitan dengan variasi warna sel bakteri. Dinding sel bakteri Gram positif yang tebal terdiri dari satu lapisan tunggal yang rendah lipid dan tinggi peptidoglikan. Di sisi lain, bakteri Gram (-) memiliki sel yang terdiri dari tiga lapisan tipis dengan banyak lipid dan sedikit peptidoglikan (Fuad, 2022).

Data hasil pengujian Triple Sugar Iron Agar (TSIA) Tabel 4.4 menunjukkan bahwa dari 8 isolat bakteri pada isolat 1, 2, 3, dan 4 terdeteksi hanya memfermentasikan 1 gula yaitu

glukosa dengan ditandai muncul warna kuning di area atas sekitar tabung reaksi dan pink di bagian bawah menandakan kandungan gula sukrosa dan laktosa negatif. Pada isolat 5 dan 7 terdeteksi tidak memfermentasikan 3 gula dikarenakan kadungan glukosa, laktosa, dan sukrosa negatif yang ditandai dengan tidak terjadi perubahan warna pada media. Pada isolat 6 dan 8 terdeteksi bisa memfermentasikan 3 gula ditandai dengan kandungan glukosa, laktosa, dan sukrosa positif dan juga perubahan warna menjadi kuning. Fermentasi laktosa, sukrosa, dan glukosa ditandai dengan warna kuning pada bagian atas dan bawah tabung. Fermentasi glukosa ditandai dengan warna merah pada bagian bawah tabung dan warna kuning pada bagian atas tabung, tetapi bukan fermentasi laktosa maupun sukrosa. Sementara itu, warna merah pada bagian atas dan bawah tabung menandakan bahwa laktosa, sukrosa, dan glukosa tidak dapat berfermentasi (Sucahyo et al., 2023).

Tabel 4 Hasil Karakteristik Mikroskopis Bakteri Udara


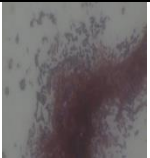


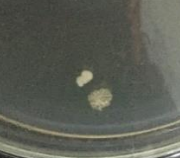

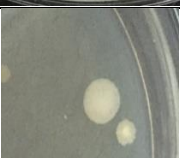
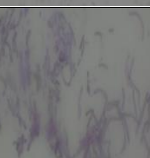
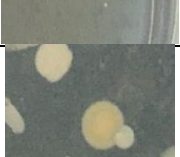
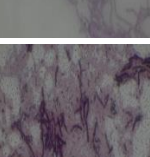


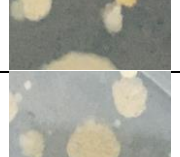

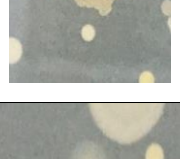

Pengamatan	Isolat 1	Isolat 2	Isolat 3	Isolat 4	Isolat 5	Isolat 6	Isolat 7	Isolat 8
Perwarnan gram	+	+	+	+	--	+	--	--
Bentuk sel	<i>basil</i>	<i>basil</i>	<i>basil</i>	<i>basil</i>	<i>basil</i>	<i>coccus</i>	<i>Basil</i>	<i>basil</i>
Kemampuan memfermentasi	A/K	A/K	A/K	A/K	K/K	A/A	K/K	A/A
Glukosa	+	+	+	+	--	+	--	+
Laktosa	--	--	--	--	--	+	--	+
Sukrosa	--	--	--	--	--	+	--	+
Katalase	+	+	+	+	+	+	+	+
Manitol	--	--	--	--	--	+	+	+

Data hasil uji katalase terhadap 8 isolat bakteri yang tumbuh pada media NA didapatkan, bahwa semua isolat (bakteri) menunjukkan reaksi positif sesuai Tabel 4.4 yang ditunjukkan dengan adanya gelembung udara yang terbentuk setelah diberi 2 - 3 tetes larutan hidrogen peroksida. Hasil uji katalase dengan timbulnya gelembung oksigen pada bakteri setelah pemberian H₂O₂ menunjukkan bahwa semua isolat positif dalam uji katalase. Enzim katalase, yang dapat mendegradasi H₂O₂ merupakan penyebab terbentuknya gelembung oksigen. Dalam kondisi aerobik, enzim katalase, yang diproduksi oleh bakteri, dapat mengubah H₂O₂ yang berbahaya menjadi H₂O dan O₂. (Khairunnisa et al., 2018). Fungsi uji katalase pada bakteri untuk membedakan *Staphylococcus* dan *Streptococcus*, kelompok *Staphylococcus* bersifat katalase positif berdasarkan jumlah enzim katalase dan bentuk kokusnya. Enzim katalase berperan dalam memecah hidrogen peroksida menjadi H₂O dan O₂. Schliefer (1986) menyatakan bahwa setiap galur *Staphylococcus* bersifat katalase positif. (Sukmayadi et al., 2023).

Tabel 4 menunjukan hasil pengujian Vogel-Johnson Agar (VJA) dapat dibaca bahwa dari 8 isolat hanya positif 3 yaitu isolat 6, 7, dan 8 mampu memfermentasi manitol dengan ditandai perubahan warna pada media menjadi kuning dan hanya 1 isolat yang teridentifikasi *Staphylococcus* karena Gram positif dengan kemampuan memfermentasikan 3 gula dan memfermentasikan manitol. *Staphylococcus* gram positif terdiri dari lapisan peptidoglikan yang lebih tebal, pada bagian dari dinding sel Gram positif tidak terdapat membran luar yang melindungi sel dari pengaruh lingkungan (Rusli et al., 2024).

Berdasarkan Tabel 4.5, terdapat 4 isolat teridentifikasi sebagai bakteri *Bacillus*, 2 isolat teridentifikasi *Shigella*, 1 isolat teridentifikasi *Escherichia coli* dan 1 isolat teridentifikasi *Staphylococcus*. Hasil identifikasi didapatkan dari pengamatan mikroskopis dan pengujian biokimia. Bakteri yang ditemukan didominasi oleh jenis bakteri *Bacillus*.

Tabel 5 Hasil Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Bakteri

Kode plate	Makroskopis	Mikroskopis	Genus
Isolat 1			<i>Bacillus</i>
Isolat 2			<i>Bacillus</i>
Isolat 2			<i>Bacillus</i>
Isolat 4			<i>Bacillus</i>
Isolat 5			<i>Shigella</i>
Isolat 6			<i>Staphylococcus</i>
Isolat 7			<i>Shigella</i>
Isolat 8			<i>Escherichia coli</i>

Data hasil yang didapatkan dari identifikasi mikroskopis dengan menggunakan mikroskop trinokuler pada perbesaran 100x dan uji biokimia yang telah dilakukan. Pada Tabel 4.5 dari 8 isolat tersebut ditemukan hasil yaitu pada isolat 1, 2, 3, dan 4 teridentifikasi berbentuk sel basil dengan Gram positif dan termasuk kedalam genus bakteri *Bacillus*. Pada isolat 5 dan 7 teridentifikasi berbentuk sel basil dengan Gram negatif dan termasuk ke dalam genus *Shigella*. Pada isolat 8 teridentifikasi berbentuk sel basil dengan Gram negatif dan termasuk ke dalam genus *E.coli*. Pada isolat 6 teridentifikasi berbentuk sel Coccus dengan Gram positif dan termasuk ke dalam genus *Staphylococcus*.

Pada Tabel 5 isolat 1, 2, 3, dan, 4 teridentifikasi berbentuk sel basil dengan gram positif dan hasil uji biokimia menunjukan hasil genus *Bacillus*. Mikroba yang disebut *Bacillus* dapat ditemukan di dalam ruangan dan udara di banyak lokasi.. Bakteri ini berbentuk batang pendek dan batang tunggal dengan ukuran yang dihasilkan berbeda-beda. Bakteri ini adalah bakteri yang memiliki kandungan enzim katalase (Vebriani et al., 2023). Genus *Bacillus* banyak ditemukan hal ini dikarenakan *Bacillus* memiliki kemampuan dalam menghadapi berbagai kondisi perubahan lingkungan seperti perubahan kadar Nutrient, air, dan tempratur. *Bacillus* dapat tumbuh dengan baik pada suhu berkisaran 25°-35°C selain itu *Bacillus* juga dapat bertahan hidup pada suhu maksimum antara 40°- 45°C (Handayani et al., 2023).

Pada Tabel 5 isolat 5 dan 7 teridentifikasi hasil genus *Shigella*. *Shigella* merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang dengan suhu optimum pertumbuhan 37°C pada habitat di saluran pencernaan yang bisa menyebar melalui mulut atau fase oral. Pada perwarnaan Gram, bakteri *Shigella* pada mikroskopis memiliki bentuk sel batang dan berwarna merah yang menandakan bakteri Gram negatif. Gram negatif merupakan golongan bakteri yang memiliki dinding peptidoglikan sangat tipis karena hanya mampu menyerap zat warna safranin (Alfiya et al., 2022).

Pada Tabel 5 isolat 8 teridentifikasi hasil genus *E.coli* dengan bentuk basil dan Gram negatif. Pada uji biokimia isolat 8 memperlihatkan perubahan warna dari hasil media TSIA menjadi warna kuning menandakan memfermentasikan 3 gula, hal ini menjadikan isolat 8 teridentifikasi *E.coli*. *E.coli* merupakan bakteri yang terdapat pada saluran pencernaan ternak dan manusia. Keberadaan bakteri *E.coli* berasal dari kulkas pada laboratorium yang menyimpan biakan *E.coli*. Cemar bakteri *E.coli* yang melebihi batas maksimal dapat menyebabkan masalah kesehatan bagi manusia diantaranya : diare, meningitis, dan Sindrom Uremik Hemolitik (SUH). Infeksi bakteri *Escherichia coli* pada manusia dapat terjadi melalui kontak langsung dan produk makanan olahan (Bria et al., 2022).

Hasil Pada Tabel 5 isolat 6 teridentifikasi berbentuk sel coccus dengan Gram positif. Pada uji biokimia isolat 6 memperlihatkan perubahan warna dari hasil media TSIA dan media VJA menjadi warna kuning menandakan memfermentasikan 3 gula dan kandungan manitol positif hal ini menjadikan isolat 6 teridentifikasi. Udara di berbagai ruangan mengandung bakteri *Staphylococcus*. *Staphylococcus* adalah bakteri berbentuk coccus dengan Gram positif dan memiliki kemampuan memfermentasikan gula berupa glukosa, laktosa, dan sukrosa (Vebriani et al., 2023). Bakteri *Staphylococcus* dapat ditemukan pada saluran pernafasan bagian atas, kulit, dan mukosa manusia. Bakteri ini bersifat patogen dan menyebabkan sejumlah infeksi seperti alergi, radang tenggorokan, asma, mata merah, dan influenza yang menyerang individu sehat. Keberadaan *Staphylococcus* disebabkan karena ada kontaminasi dari udara pernafasan (hidung dan mulut) dan kulit (Faturehman et al., 2019).

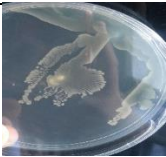
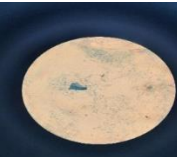

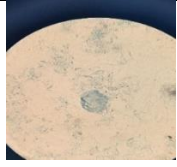

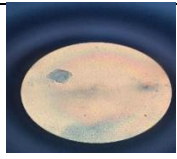

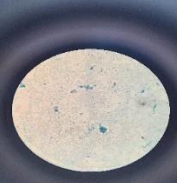
2. Fungi

Hasil identifikasi fungi udara disajikan pada Tabel 4.6. Berdasarkan hasil penelitian makroskopis dan mikroskopis yang telah dilakukan pada permurnian fungi didapatkan 4 koloni yang berbeda kemudian menghasilkan 2 jenis teridentifikasi sebagai *Aspergillus* dan 1 jenis teridentifikasi *Candida* dan terdapat 1 koloni fungi yang tidak diketahui jenisnya. Pada Tabel 6 menunjukan hasil identifikasi yang menghasilkan isolat 1-3 memiliki karakteristik yang sama pada makroskopis berbentuk gelombang pada tepinya dengan warna sedikit kehijauan terlihat hifa ditengah. Pada karakteristik mikroskopis dengan perbesaran 100x menggunakan mikroskop cahaya binokuler terlihat adanya Terdapat konidia, sterigmata dan spisel dan teridentifikasi fungi genus *Aspergillus*.

Fungi *Aspergillus* adalah spesies fungi yang tersebar secara kosmopolitan, karena spora fungi yang mudah disebarkan angin dan terdapat dimana-mana sehingga fungi tersebut mudah untuk tumbuh dan berkembangbiak. *Aspergillus* menghasilkan hifa dengan struktur konidia yang khas karena berkembang dengan cepat. (Irwan et al., 2019). Secara mikroskopis menunjukkan adanya konidia berbentuk bulat berwarna hijau kebiruan. Kepala konidia yang disebut vesikel dan sterigmata tampak menutupi setengah bagian atas dari vesikel (Praja et al.,2017).

Jenis fungi yang didapatkan termasuk kedalam golongan patogen yang sering berada di udara. *Aspergilosis* merupakan penyakit yang menginfeksi sistem pernafasan yang disebabkan oleh fungi *Aspergillus* sp. Infeksi dapat terjadi pada orang yang menghirup spora fungi dengan imunitas tubuh rendah dan tidak bisa melawan spora fungi yang masuk ke tubuh dan menyerang berbagai organ seperti paru-paru dan dapat menyerang bagian tubuh lainnya (Hartina et al., 2024).

Tabel 6 Hasil Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Fungi

Kode plate	Makroskopis	Mikroskopis	Genus
Isolat 1			<i>Aspergillus</i>
Isolat 2			Tidak teridentifikasi
Isolat			<i>Aspergillus</i>
Isolat 4 Lab 4-p			<i>Candida</i>

Pada hasil isolat 4 memiliki karakteristik pada makroskopis berbentuk bulat oval menyebar dan tepian rata tidak bergelombang dengan warna putih sedikit krem. Pada karakteristik mikroskopis dengan perbesaran 100x menggunakan mikroskop cahaya binokuler terlihat adanya pseudohifa dan blastospora dengan bentuk bulat-bulat kecil oval pada mikroskop. Hal ini mengidentifikasi bahwa isolat teridentifikasi genus *Candida*.

Karakteristik fungi *Candida* adalah seperti sel ragi tunas, membentuk oval dengan ukuran 3-6 µm. Membentuk koloni bulat yang berwarna krem berbau ragi yang tumbuh pada media PDA (Potato Dextros Agar) (Irwan et al., 2019). *Candida* merupakan jenis fungi yang memiliki pseudohifa serta fungi ini juga dapat menghasilkan hifa sejati. *Candida* yang tumbuh pada media PDA memiliki koloni bentuk bulat dengan tekstur halus licin sedikit timbul pada permukaan media, berwarna putih sedikit kekuningan dan menimbulkan aroma seperti ragi. Hasil pengamatan fungi dengan reagen LPCB yang didapatkan adanya struktur ragi dan yeast dan menunjukkan pseudohifa dan blastospora yang berbentuk bulat (Hartina et al., 2024).

Candida merupakan spesies yang paling sering ditemukan di rongga mulut. Spesies ini memiliki karakteristik berkembang menjadi yeast, dan hifa. Bentuk hifa ini memiliki peran penting dalam menyebabkan penyakit dengan cara masuk ke sel epitel dan menyebabkan kerusakan jaringan. Penyebab penyakit yang paling sering adalah genus *Candida*. Infeksi *Candida* merupakan penyebab kondisi seperti Candidiasis oral dan biasanya muncul di selaput lendir, seperti mulut. Candidiasis, infeksi fungi oportunistik yang umum terjadi pada rongga mulut, disebabkan oleh sejumlah faktor risiko yang mengubah *Candida* komensal menjadi patogen. Candidiasis oral juga dapat memengaruhi orang sehat yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah karena berbagai keadaan, termasuk masalah endokrin, kebersihan mulut yang buruk, merokok, penggunaan prosthesis gigi, gangguan epitel, pola makan tinggi karbohidrat, bayi baru lahir, dan lansia (Anggun & Suraini, 2023).

Faktor yang dapat berkontribusi terhadap pertumbuhan jamur di suatu ruangan, termasuk ventilasi yang tidak memadai, yang dapat menyebabkan konsentrasi kuman yang lebih tinggi akibat kelembapan yang tinggi, sehingga mendorong pertumbuhan jamur. Jumlah spora di dalam ruangan dapat meningkat akibat penyebaran spora jamur yang dibawa oleh tamu dan karyawan yang bergerak di area tersebut selama beraktivitas. Faktor lain yang berkontribusi terhadap keberadaan jamur adalah kebersihan yang buruk. Pergerakan manusia di dalam ruangan yang dikombinasikan dengan debu dan kotoran dari luar dapat meningkatkan kelembapan, yang dapat menjadi sumber makanan bagi pertumbuhan jamur (Hartina et al., 2024).

Terdapat lebih banyak faktor yang dapat mendorong pertumbuhan jamur di dalam ruangan, selain faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya yang dapat memengaruhi atau mendukung pertumbuhannya. Suhu, pH, kelembapan, pencahayaan, substrat, dan faktor-faktor lainnya adalah beberapa variabel tersebut. Pertumbuhan dan perkembangan jamur sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor ini. Meskipun kisaran suhu ideal untuk pertumbuhan jamur adalah 25–30°C, beberapa spesies jamur membutuhkan suhu setinggi 35–37°C. Lebih lanjut, perkembangan jamur sangat dipengaruhi oleh kelembapan. Ruangan dengan kelembapan tinggi dapat memiliki lebih banyak jamur karena jamur lebih menyukai lingkungan dengan tingkat kelembapan antara 40 dan 60 persen (Hartina et al., 2024).

KESIMPULAN

Bedasarkan penelitian Pemeriksaan Jumlah dan Identifikasi Mikroba Udara Di Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulanan Hasanuddin Banten disimpulkan bahwa :

- 1) Jumlah bakteri udara pada Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten di laboratorium 4 berkisar 54 CFU/m³, laboratorium 5 berkisar 43 CFU/m³, laboratorium 6 berkisar 46 CFU/m³, labortorium riset berkisar 5 CFU/m³, ruang PCR riset berkisar 4 CFU/m³, ruang sentrifuge riset berkisar 3 CFU/m³, dan ruang 3 riset berkisar 2 CFU/m³. Jumlah bakteri pada alat laminar air flow laboratorium 5 berkisar 4 CFU/m³ dan laminar air flow laboratorium riset berkisar 5 CFU/m³. Jumlah bakteri pada seluruh ruang laboratorium dan alat kerja Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten masih dalam ambang batas baku mutu <700 CFU/m³. Jumlah fungi pada Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten di laboratorium 4 berkisar 26 CFU/m³, laboratorium 5 berkisar 24 CFU/m³, laboratorium 6 berkisar 31 CFU/m³, labortorium riset berkisar 2 CFU/m³, ruang PCR riset berkisar 5 CFU/m³, ruang sentrifuge riset berkisar 4 CFU/m³, dan ruang 3 riset berkisar 1 CFU/m³. Jumlah bakteri pada alat laminar air flow laboratorium 5 berkisar 15 CFU/m³

dan di laminar air flow laboratorium riset berkisar 4 CFU/m³. Jumlah bakteri pada seluruh ruang laboratorium dan alat kerja Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten masih dalam ambang batas baku mutu <1000 CFU/m³. Jumlah ini masih memenuhi syarat baku mutu sesuai Permenaker No 5 Tahun 2018 (Hal 149 : Standar Faktor Biologis) keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja.

- 2) Bakteri yang ditemukan pada udara Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten terdiri dari 8 isolat, 4 isolat teridentifikasi genus *Bacillus*, 2 isolat *Shigella*, 1 isolat *Escherichia coli* dan 1 isolat *Staphylococcus*. Fungi yang ditemukan pada udara Laboratorium Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten didapatkan berupa 4 isolat 2 diantaranya teridentifikasi jenis fungi *Aspergillus*, 1 isolat *Candida* dan 1 isolat tidak teridentifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- (PERMENAKER) Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No 5 Tahun 2018 Hlm 149. Standar faktor Biologis Kesehatan dan Keselamatan Kerja lingkungan Kerja.
- Ahmad IS, Kartika M, & Rizki AN, (2023). Isolasi dan Identifikasi Mikroba Penyebab Kontaminasi dari Udara di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan UIN-SU Medan. *Jurnal Pendidikan Biologi* 1(1), 1-12.
- Anggun S, Suraini, (2023). Analisa Jamur *Candida albicans* Pada Swab Mukosa mulut Perokok Aktif di Lubuk buaya. *Jurnal Biologi Makassar* 8(2), 31-
- Aryanto P, Taufik A, (2017). Kamper Karbo Aktif Menurunkan Kepadatan Bakteri Udara Di Rumah Sakit Universitas Tanjungpura. *Jurnal Vokasi Kesehatan*. 3(1), 42-46.
- Asep ES, Yusrin H, & Azka NR, (2023). Uji Cemar Mikroba Udara Pada Beberapa Ruang Produksi Non Betalaktam Lafiau Sesuai Dengan Standar CPOB Tahun 2018. *Jurnal Kesehatan Aeromedika*. 9(2), 10-21.
- Atirah N, Liana DF, (2023). Gambaran Angka Bakteri Di Laboratorium Mikroskopik Fakultas. *Jurnal Kedokteran Andalas* 46(2), 282–294.
- Charuniza T, Syarifuddin H, & Jalius J, (2020). Analisis Kualitas Mikrobiologi Udara Dalam Kamar Operasi Pada Instalasi Bedah Sentral Rumah Sakit “X” Kota Jambi Tahun 2019. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 3(2), 7–12.
- Dedi IB, Hildegardis M, & Imelda TS, (2022). Isolasi dan Karakteristik Bakteri *Escherichia coli* pada Bahan pangan Berbasis Daging di kota Kupang. *Jurnal Sains Dan Terapan* 1(2), 81 -89.
- Dewi WC, Raharjo M, & Wahyuningsih NE, (2021). Literatur Review : Hubungan Antara Kualitas Udara Ruang Dengan Gangguan Kesehatan Pada Pekerja. *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(1).
- Dwi C, Hanif TMS, & Dini I, (2019). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Kecelakaan Kerja di Laboratorium Pendidikan. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*. 1(2), 41-47.
- Eko P, Suciyan R, Sahira IG, & Pikoli MR, (2016). Kualitas Mikrobiologis Udara di Salah Satu Pusat Perbelanjaan di Jakarta Selatan. *AL-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 8(2), 59–65.
- Febriza MA, Adrian QJ, & Sucipto A, (2021). Penerapan Ar Dalam Media Pembelajaran Klasifikasi Bakteri. *Jurnal BIOEDUIN : Program Studi Pendidikan Biologi*, 11(1), 10–18.
- Fuad AK (2022). Morphological Characteristics of Air Bacteria in Mannitol Salt Agar Medium. *Borneo Journal of Medical of Laboratory Technology* 3(2), 353-359.
- Hana G, (2021). Hubungan Suhu, kelembapan, dan pencahayaan Ruangan dengan Mikroba Udara di Ruang Perawatan Rehabilitasi Instansi Pemerintah dan Komponen Masyarakat di Lingkungan BNN Kota Cimahi. *Jurnal Kesehatan Kartika*, 16(2), 50–54.
- Helly V, Intan J, Karina, Junita, & Hanny H, (2023). Identifikasi Bakteri dan Fungi Udara pada Pusat Pembelanjaan di Pangkal Pinang. *Jurnal Penelitian Biologi*, 8(1), 38-47.
- Ilmu J, Bhakti K, Medika S, Rahmatullah W, Novianti E, Dewi A, & Sari L, (2021). Identifikasi Bakteri Udara Menggunakan Teknik Pewarnaan Gram Air Bacteria Identification by Using Gram Staining DIII Teknologi Bank Darah Poltekkes Bhakti Setya Indonesia, Yogyakarta 2

- DIII Rekam Medis dan Informasi Kesehatan Poltekkes Bhakti Setya Indon. *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Setya Medika*, 6(2), 83–91.
- Khairina M, (2019). The Description of CO Levels, COHb Levels, And Blood Pressure of Basement Workers X Shopping Centre, Malang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(2), 150–157.
- Lilis H, (2017). Analisis Kualitas Udara Wilayah Binaan UPT Puskesmas Griya Antapani Bandung Berdasarkan Koloni Mikroba. *Jurnal Sehat Masada*, XI(1), 81–86.
- Lucia B, Angelo PB, & Santa BR, (2016). Coloni Morphology of Escherichia Coli: Impact of Detection in Clinical Specimens. *Microbiologia Medica Journal*. 31(5636), 51–55.
- Mega PI, Siti J, & Syarifah R, (2019). Identifikasi Jamur Pathogen Pada Air Bak Toilet SPBU Di Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru. *Jurnal Poltekkes* 11(2), 118–157.
- Muhammad SY, Noor M, & Rahmiati, (2019). Identifikasi Bakteri Kontaminan Udara Di Ruang ICU RSD Idaman Banjarbaru. *Jurnal Hemeostasis* 2(1), 203–208.
- Nayla KF, Handayani P, Vionalita G, 2016. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Jumlah Mikroorganisme Udara Dalam Ruang Kelas Lantai 8 Universitas Esa Unggul. *Forum Ilmiah*, 13(1), 21–26.
- Nurul A, Sri W, Irwan, & Nurfidin F, (2024). Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Endofit Daun Matoa (*Pometia pinnata* J.R.&G.Forst) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Mandala Phamacon Indonesia* 10(2), 562-572.
- Rafidah, Andina R, (2018). Studi Kadar Debu Di Terminal Malengkeri Kota Makassar. *Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar*, 11(2), 79-83.
- Raimunah, Leka L, Jasmadi JK, & Wahdah N, (2018). Angka kuman udara ruang rawat inap anak dengan dan tanpa air conditioner (AC) di rumah sakit. *Jurnal Skala Kesehatan*, 9(1).
- Ratih NP, Aditiya Y, (2017). Isolasi Dan Identifikasi *Aspergillus* Spp Pada Paru-Paru Ayam Kampung Yang Dijual Di Pasar Banyuwangi.. *Jurnal Medika Veteriner*, 1(1), 6-11.
- Rosmania, Yuniar, (2021). Pengaruh Waktu Penyimpanan Inokulum *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Pada Suhu Dingin Terhadap Jumlah Sel Bakteri di Laboratorium Mikrobiologi. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3), 117.
- Saputra AA, Akbar BM, & Karneli, (2018). Gambaran fungi udara pada laboratorium analisis kesehatan Politeknik Kesehatan Palembang tahun 2017. *Jurnal Kesehatan Palembang*, 12(2), 97–102.
- Soraya, Yosana RR, & Bella AW, (2024). Uji Kualitas Dalam ruangan dengan Deteksi Keberadaan Bakteri *Staphylococcus* sp. *Jurnal Kesehatan genesis Medicare* 1(1), 39-48.
- Sunita D, Dhiyah N, & Wahid SH, (2024). Pengaruh pH Terhadap Stabilitas Daun pacar kuku sebagai Counterstain Atrernatif pada Pewarnaan Gram. *Jurnal Analisis Kesehatan*, 13(1), 1-7.
- Syarifah A, Erina, Andi N, Rastina, 7 M. Daud AK, Hennivanda, (2022). Dektesi Cemarkan Bakteri *Shigella* sp. Pada Ikan Kuniran (*Upeneus sulphureus*) di Pasar Al-Mahira Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Veteriner* 6(4), 226-233.
- Widia R, Erlina N, & Ana DLS, (2021). Identifikasi Bakteri Udara menggunakan Teknik Perwarnaan Gram. *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Setya Medika* 6(2), 83-91.
- Widodo K, Cahyono T, (2023). Pemeriksaan Angka Kuman Udara Ruang Di Salah Satu Puskesmas di Kabupaten Banyumas Tahun 2022. *Buletin Keslingmas*, 42(1), 52–58.
- Yenni A, Agung DWW, & Pepy DE, (2023). A Correlation Between The Number of Airborne Bacteria and Eungi Using The Settle Method With Temperature and Relative Humidity at The Clinical Microbiology Laboratory General Hospital Surabaya, Indonesia. *Jounenal Pure Appl Microbiol* 17(2), 942-950.
- Yuliana H, Monika PS, & Novita EP, (2024). Identifikasi Keberadaan Jamur Udara dan Karakteristik Suhu, Kelembaban, dan Pencahayaan Ruanan di Puskesmas Panjatan II. *Jurnal Syntax Admiration* 5(12), 5299-5313.