

## KOLONISASI BAKTERI METHICILLIN-RESISTANT *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* (MRSA) PADA UANG KERTAS YANG BEREDAR DI KANTIN FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS UDAYANA

Katherine Sylvania Chandra<sup>1</sup>, I Putu Bayu Mayura<sup>2</sup>, Made Agus Hendrayana<sup>3</sup>, Ni Nyoman Sri Budayanti<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. Program Studi Sarjana Kedokteran dan Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana

<sup>2</sup>.Bagian Mikrobiologi Klinik Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana

e-mail: silvaniakatherine@gmail.com

### ABSTRAK

Uang merupakan alat transaksi yang sangat familiar digunakan oleh masyarakat. Risiko infeksi yang diakibatkan oleh penyebaran bakteri pada uang kertas sangat tinggi. Infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme pada uang kertas sebagian besar disebabkan oleh bakteri yang resisten terhadap antibiotik contohnya Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). Resistensi terhadap pengobatan antibiotik oleh beberapa bakteri ini telah merenggut jutaan nyawa dan dapat menimbulkan konsekuensi kesehatan global yang berdampak besar. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) yang mengontaminasi uang kertas. Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian observasional menggunakan pendekatan *cross sectional* (potong lintang) deskriptif. Sebanyak 30 sampel uang kertas diswab kemudian spesimen akan diinokulasikan pada medium *Staphylococcus*. Koloni *Staphylococcus* yang telah terbentuk diidentifikasi ulang menggunakan pewarnaan gram, uji katalase lalu dilanjutkan dengan uji koagulase untuk mengidentifikasi bakteri *Staphylococcus aureus*. Isolat akan diidentifikasi sebagai Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) apabila isolat tersebut memiliki zona hambat kurang dari atau sama dengan 21 mm. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kolonisasi bakteri *Staphylococcus aureus* dan bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) pada uang kertas yang beredar di kantin Fakultas Kedokteran Universitas Udayana. Persentase kolonisasi *Staphylococcus aureus* yang ditemukan sebesar 56.66% dari total sampel dan Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) sebesar 53.33% dari total sampel.

**Kata kunci :** Uang Kertas., Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA)

### ABSTRACT

Money serves as a widely utilized medium of transactional value in society. The risk of infection resulting from bacterial dissemination on paper currency is notably high. Infections caused by microorganisms on paper currency are largely caused by bacteria that resist antibiotics, exemplified by Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). The resistance exhibited by these bacteria to antibiotic treatments has claimed millions of lives and can lead to substantial global health repercussions. Therefore, this study aims to ascertain the presence of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) bacteria contaminating paper currency. This research was conducted with observational methodology and a descriptive cross-sectional approach. Thirty samples of paper currency are swabbed, and specimens are subsequently inoculated onto *Staphylococcus* medium. Colonies of *Staphylococcus* are re-identified using gram staining, catalase tests, followed by coagulase tests to ascertain the presence of *Staphylococcus aureus* bacteria. Isolates are classified as Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) if the inhibition zone measures less than or equal to 21 mm. The research findings indicate the colonization of *Staphylococcus aureus* and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) bacteria on the paper currency circulating in the canteen of the Medical Faculty at Udayana University. The percentage of *Staphylococcus aureus* colonization is 56.66% and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) colonization is 53.33%.

**Keywords :** Paper Currency., Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA).

## PENDAHULUAN

Infeksi merupakan penyakit yang diakibatkan oleh adanya agen infeksius yang masuk dan berkembang biak di dalam tubuh. Penyakit infeksi menjadi salah satu penyakit yang marak terjadi di berbagai negara di dunia. Infeksi sangat mudah menular terutama pada anak-anak, orang tua, dan orang-orang dengan kondisi imunitas yang kurang baik. Salah satu infeksi yang paling sering terjadi adalah infeksi yang disebabkan oleh bakteri, jamur, dan virus.<sup>1</sup>

Bakteri merupakan organisme yang memiliki berbagai manfaat dalam kehidupan. Bakteri dapat berperan dalam menjaga keseimbangan lingkungan, membantu aktivitas fisiologis manusia seperti mencerna, dan lain-lain. Namun, disisi lain terdapat juga jenis bakteri bersifat parasit. Bakteri berjumlah sangat banyak dan ada dimana-mana. Bakteri dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari contohnya pada gagang pintu, kursi, bahkan bakteri juga dapat ditemukan pada uang kertas yang beredar pada masyarakat.<sup>2</sup>

Uang merupakan alat transaksi yang sangat familiar digunakan oleh masyarakat. Keberadaan uang terutama uang kertas sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari terutama pada saat melakukan kegiatan jual-beli.<sup>3</sup> Uang sebagai alat transaksi atau dengan kata lain sebagai alat tukar sehingga keberadaan dan kepemilikan uang selalu berpindah dari orang satu ke orang lainnya. Akibatnya segala sesuatu yang melekat pada uang tersebut mulai dari bakteri, virus, ataupun kotoran lainnya yang mengontaminasi akan ikut berpindah tangan ke pemilik uang yang baru dan tentunya siklus ini terjadi terus menerus sehingga kontaminasi uang akan tersebar luas dan terus berkembang.<sup>4</sup>

Risiko infeksi yang diakibatkan oleh penyebaran bakteri pada uang kertas sangat tinggi. Infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme pada uang kertas sebagian besar disebabkan oleh bakteri yang menentang pengobatan atau resisten terhadap antibiotik contohnya Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) yang resisten terhadap antibiotik golongan *methicillin*. Resistensi terhadap pengobatan antibiotik oleh beberapa bakteri ini telah merenggut jutaan nyawa meski telah dilakukan berbagai upaya. Hal ini dapat menimbulkan konsekuensi kesehatan global yang mengerikan dan berdampak besar.<sup>5</sup>

Berdasarkan hal-hal diatas penulis tertarik untuk mengangkat permasalahan mengenai kolonisasi bakteri pada uang kertas.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini akan dilakukan dengan metode penelitian observasional menggunakan pendekatan cross sectional (potong lintang) deskriptif. Variabel penelitian yang digunakan diambil dalam rentang waktu yang sama tanpa dilakukan intervensi dan dilaksanakan dalam satu kali penelitian. Pelaksanaan proses pengambilan sampel dilakukan di kantin Fakultas Kedokteran Universitas Udayana dan identifikasi bakteri Methicillin-Resistant

*Staphylococcus aureus* (MRSA) dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana pada periode bulan Juni-Oktober 2023.

Populasi terjangkau pada penelitian ini adalah penjual di kantin Gedung Barat Fakultas Kedokteran Universitas Udayana yang menerima pembayaran secara tunai. Sampel penelitian yang digunakan adalah uang kertas milik penjual di kantin yang memenuhi kriteria inklusi. Jumlah sampel penelitian yang digunakan ditentukan dengan teknik Quota Sampling. Teknik pengambilan Quota Sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang tidak memperhitungkan jumlah pada populasi dan dilakukan dengan mengelompokkan populasi kemudian menetapkan jumlah/quota tertentu pada setiap kelompok.<sup>6</sup> Pada penelitian ini, jumlah sampel yang ditetapkan yaitu sebanyak tiga sampel pada setiap stan di kantin Gedung Barat Fakultas Kedokteran Universitas Udayana. Jumlah stan yang aktif berjualan selama masa penelitian terhitung sebanyak 10 stan, maka perhitungan sampel adalah Jumlah sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 sampel. Teknik yang digunakan dalam pengambilan sampel pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan uang kertas melalui penukaran uang kepada penjual di kantin Universitas Udayana yang memenuhi kriteria inklusi. Sampel yang diambil adalah uang kertas rupiah emisi tahun 2016 dengan nominal Rp.2.000-Rp.100.000 yang telah digunakan sebagai alat transaksi di kantin Gedung Barat Fakultas Kedokteran Universitas Udayana dengan kriteria eksklusif uang kertas yang rusak dan tidak utuh (robek, berlubang, hilang sebagian, dan mengerut).

Penelitian ini dimulai dengan tahap persiapan yaitu pengurusan ijin *ethical clearance*, pembuatan media *Mannitol Salt Agar* (MSA) dan *Muller Hinton Agar* (MHA). Kemudian dilakukan proses pengambilan sampel uang kertas dengan memasukan *cotton swab* ke dalam tabung berisi 3 ml NaCl Fisiologis 0,9% sampai NaCl terserap dengan baik ke dalam kapas. Mengangkat lidi dari tabung dan diperas perlahan, kemudian diusapkan ke permukaan uang kertas lalu mencelupkan kembali lidi kapas ke dalam tabung lalu menutup tabung tersebut. Sampel kemudian dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi.

Sampel yang telah diambil kemudian dikultur dengan mengusap dan meratakan lidi kapas menggunakan teknik *streaking* ke permukaan *Mannitol Salt Agar* sesuai dengan nomor sampel, kemudian cawan petri dimasukkan ke dalam inkubator dan diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C. Setelah itu, dilakukan identifikasi terhadap perubahan yang terjadi. Apabila terdapat koloni bakteri bulat berwarna kekuningan dengan perubahan warna *Mannitol Salt Agar* dari merah menjadi warna kuning maka kemungkinan bakteri tersebut merupakan *Staphylococcus sp.* sehingga akan dilakukan subkultur dengan untuk menumbuhkan secara spesifik satu spesies bakteri yang kemungkinan *Staphylococcus sp.*

Hasil subkultur yang telah mengalami pertumbuhan akan dilakukan pewarnaan gram untuk mengidentifikasi morfologi bakteri tersebut. Pewarnaan gram dilakukan dengan meneteskan *aquadest* pada kaca preparat kemudian dicampurkan dengan koloni akteri yang telah diambil menggunakan ose lalu disuspensikan lalu dikeringkan dan difiksasi dengan melewati *object glass* diatas api bunsen hingga hapusan kering.

Setelah kering *object glass* ditetaskan *crystal violet* hingga menutupi seluruh permukaan hapusan kemudian didiamkan hingga 1 menit dan dibilas dengan air mengalir. Dilanjutkan dengan meneteskan seluruh permukaan apusan dengan lugol kemudian didiamkan selama 1 menit dan dibilas kembali dengan air mengalir.

Kemudian dilakukan dekolorisasi apusan dengan menggunakan alkohol 95% kemudian didiamkan selama 10-20 detik kemudian dibilas kembali lalu meneteskan safranin pada apusan kemudian ditunggu selama 2 menit dan alirkan dengan air kembali. Setelah itu, dilakukan observasi dengan menggunakan mikroskop. Hasil dikatakan *Staphylococcus sp.* jika di bawah mikroskop terlihat bakteri dengan gambaran bulat yang bergerombol membentuk seperti buah anggur berwarna keunguan.

Sampel yang menunjukkan hasil positif *Staphylococcus sp.* ketika dilakukan pewarnaan gram akan dilanjutkan dengan uji biokimia yaitu uji katalase yang berfungsi untuk membedakan spesies *staphylococcus* dan *Streptococcus* dan uji koagulase yang bertujuan untuk diferensiasi antara bakteri *Staphylococcus aureus* dari spesies *Staphylococcus* lainnya. Uji katalase dilakukan dengan meneteskan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% diatas *object glass* kemudian mengambil koloni bakteri yang sudah di subkultur kemudian dihapuskan ke atas *object glass* yang sudah ditetesi larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% menggunakan ose kemudian dicampurkan secara perlahan. Hasil uji positif jika terbentuk gelembung-gelembung udara. Uji koagulase dilakukan dengan meneteskan reagen uji koagulase *Staphaurex* di atas kertas reaksi lalu mengambil satu koloni bakteri dengan tusuk gigi steril dari bakteri yang sudah di subkultur lalu mengoleskan biakan bakteri tersebut pada kertas reaksi kemudian disuspensikan. Reaksi positif apabila terjadi aglutinasi pada reagen uji koagulase sehingga terbentuk presipitat granular berbentuk seperti pasir.

Setelah didapatkan hasil uji katalase dan uji koagulase positif artinya sampel tersebut merupakan bakteri *Staphylococcus aureus* dan akan dilanjutkan dengan Identifikasi Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). Uji kepekaan *S. aureus* terhadap *cefotaxim* dilakukan menggunakan metode tes Kirby Bauer atau metode difusi cakram dengan mengambil 3-5 koloni *S. aureus* kemudian dimasukan ke dalam tabung reaksi yg berisi NaCl fisiologis hingga terbentuk suspensi kemudian suspensi dibandingkan dengan *McFarland* hingga mencapai kekeruhan yang sama. Suspensi bakteri diambil dengan menggunakan lidi kapas kemudian dihapuskan pada permukaan *Muller Hinton Agar* (MHA) dan dibiarkan mengering pada suhu ruang selama 3-5 menit. Kemudian disk *cefotaxim* 30µg diletakan diatas permukaan agar dengan menggunakan pinset steril dan dilakukan inkubasi selama 24-48 jam pada suhu 37°C. Setelah itu,

diameter zona hambat yang terbentuk diukur dan dicatat dalam satuan mm. Hasil uji ditentukan dengan menggunakan pedoman dari CLSI. *S. aureus* resisten *cefotaxim* bila memiliki diameter zona hambat pertumbuhan ≤ 21 mm.

Penelitian ini telah mendapat izin etik yang diterbitkan oleh Komisi Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Udayana yang diterbitkan dengan nomor 1198/UN14.2.2.VII.14/LT/2023.

## HASIL

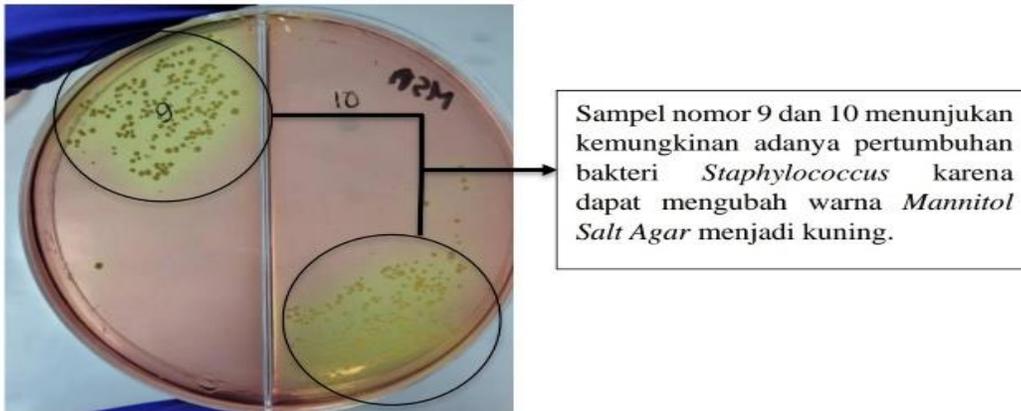
### Kultur pada Media *Mannitol Salt Agar* (MSA)

Sebagian besar hasil dari kultur yang dilakukan pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA) ditemukan adanya koloni bakteri berbentuk *coccus* berwarna kekuningan dengan perubahan warna pada media agar disekitarnya menjadi berwarna kuning. Kemudian diambil satu koloni bakteri dari setiap sampel lalu dilakukan penanaman subkultur pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA). Pembuatan subkultur bertujuan untuk mengeksklusi spesies bakteri lain dan hanya menumbuhkan satu spesies bakteri yang kemungkinan merupakan *Staphylococcus sp.* Dari penanaman subkultur yang telah dilakukan terdapat sebanyak 23 dari 30 sampel menunjukkan pertumbuhan bakteri kekuningan dengan dasar warna agar yang berubah menjadi kuning. Perubahan warna media *Mannitol Salt Agar* (MSA) dari berwarna merah menjadi kuning seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**, hal ini spesifik terjadi pada pertumbuhan koloni *Staphylococcus aureus* karena bakteri ini memiliki kemampuan untuk memfermentasi *mannitol*.<sup>7</sup> Sejumlah 7 sampel menunjukkan adanya pertumbuhan koloni berwarna putih dengan agar berwarna merah di sekitarnya yang berarti bakteri tersebut bukan merupakan bakteri *Staphylococcus sp.*

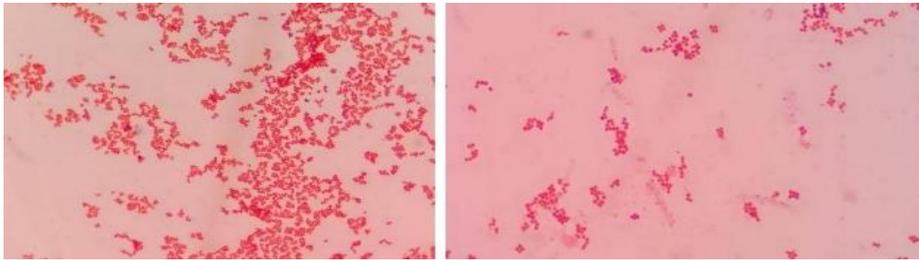
### Pewarnaan Gram

Sebanyak 23 buah sampel dilakukan pewarnaan gram untuk melihat bentuk dan jenis gram bakteri tersebut. Hasil pewarnaan gram dikatakan positif *Staphylococcus sp.* bila terlihat gambaran bakteri berbentuk bulat atau *coccus* berwarna ungu dan bergerombol menyerupai anggur seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.

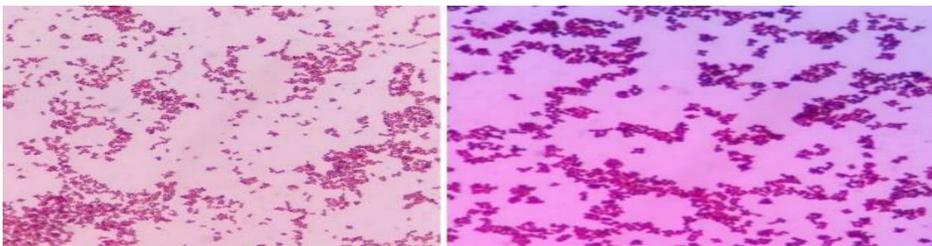
Dari pewarnaan gram ditemukan 18 sampel yang merupakan bakteri *Staphylococcus sp.* karena menunjukkan gambaran bakteri berbentuk bulat berwarna ungu, sedangkan pada 5 sampel lainnya menunjukkan gambaran bakteri berbentuk bulat bergerombol berwarna merah ketika dilihat diidentifikasi dengan mikroskop yang mengindikasikan bakteri tersebut termasuk bakteri gram negatif dan bukan merupakan *Staphylococcus sp.* seperti yang terlihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 1.** Hasil kultur bakteri dari sampel uang kertas pada media MSA



**Gambar 2.** Hasil Pewarnaan gram positif *Staphylococcus sp.*



**Gambar 3.** Hasil Pewarnaan gram negatif *Staphylococcus sp.*

### Uji Biokimia

Identifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* dengan uji biokimia dilakukan dengan dua tahapan yaitu uji katalase dan uji koagulase. Hasil positif pada uji katalase ditunjukkan dengan terbentuknya gelembung udara ketika sampel bakteri diletakkan pada *object glass* yang sudah ditetes larutan  $H_2O_2$  3% seperti yang terlihat pada **Gambar 4**. Hal ini terjadi karena bakteri katalase positif memiliki enzim katalase yang dapat memecah senyawa  $H_2O_2$  menjadi  $2 H_2O$  dan  $O_2$  (Oksigen), senyawa oksigen inilah yang akan terlihat sebagai gelembung-gelembung udara. Dari 18 sampel yang diuji ditemukan seluruh sampel positif pada uji katalase yang berarti bakteri tersebut spesifik merupakan *Staphylococcus sp.*

Seluruh sampel dengan hasil uji katalase positif akan dilanjutkan dengan uji koagulase untuk diferensiasi antara bakteri *Staphylococcus aureus* dari spesies *Staphylococcus* lainnya.

Hasil tes koagulase positif akan menunjukkan terbentuknya presipitat granuler atau butiran-butiran seperti pasir seperti pada gambar **Gambar 5**. Terbentuknya presipitat granuler dikarenakan bakteri *Staphylococcus aureus* memiliki enzim koagulase pada dinding sel bakteri yang dapat menggumpalkan plasma.<sup>7</sup> Dari 23 sampel yang dilakukan uji koagulasi, terdapat 17 sampel bakteri yang merupakan bakteri koagulase positif.



Terbentuknya gelembung udara yang menunjukkan hasil uji katalase positif.

Gambar 4. Hasil uji katalase



Terbentuknya butiran-butiran seperti pasir yang menunjukkan hasil uji koagulase positif.

Gambar 5. Hasil uji koagulase

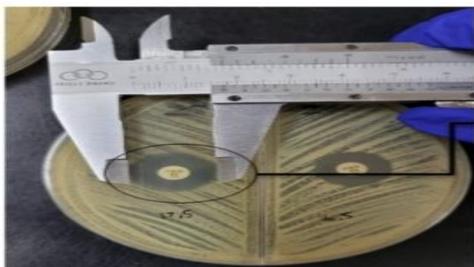
#### Uji Difusi Cakram

Penelitian dilanjutkan dengan identifikasi bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) dengan metode difusi cakram menggunakan disk *cefoxitin*. Hasil dari uji resistensi kemudian diukur menggunakan jangka sorong untuk mengukur zona hambat pertumbuhan dimana *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap *cefoxitin* memiliki zona hambat pertumbuhan  $\leq 21$  mm seperti yang terlihat pada Gambar 6, sedangkan *Staphylococcus aureus* yang sensitif terhadap *cefoxitin* memiliki zona hambat pertumbuhan  $\geq 22$  mm. Berdasarkan hasil uji resistensi, ditemukan sebanyak 16 sampel merupakan bakteri yang resisten terhadap *cefoxitin* atau merupakan bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) dan satu sampel merupakan bakteri *Staphylococcus aureus* yang sensitif

terhadap *cefoxitin* atau merupakan bakteri Methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* (MSSA).

#### PEMBAHASAN

Hasil koloni bakteri *Staphylococcus sp.* pada media MSA akan menghasilkan koloni bakteri berwarna kekuningan dengan zona agar berwarna kuning. Hal ini terjadi karena *Staphylococcus sp.* dapat memfermentasi *mannitol* dan dapat tumbuh pada garam sehingga penanaman bakteri pada MSA juga dapat berfungsi untuk membedakan bakteri *Staphylococcus sp.* dengan *Streptococcus sp.*. Namun, koloni yang tumbuh belum bisa dipastikan merupakan spesies bakteri *Staphylococcus sp.*, sehingga perlu dilakukan pewarnaan gram untuk mengetahui bentuk bakteri yang tumbuh.



Diameter zona hambat sampel no 27 sebesar 17,5 mm yang berarti sampel 27 resisten terhadap antibiotik *cefoxitin*.

Gambar 6. Hasil uji resistensi dengan metode difusi cakram

Setelah ditemukan bentuk bakteri *coccus* berwarna ungu kemudian akan dilakukan uji biokimia katalase dan koagulase. Uji biokimia katalase digunakan untuk mengetahui kemampuan

bakteri memproduksi enzim yang dapat mengurai hidrogen peroksida yang merupakan karakteristik bakteri *Staphylococcus aureus* dan uji koagulase bertujuan untuk membedakan

*Staphylococcus* yang patogen dan non-patogen. Setelah ditemukan hasil uji biokimia positif, maka hasil yang ditemukan merupakan bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk mendeteksi resistensi bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap *methicillin* akan dilakukan uji resistensi pada *Muller Hinton Agar* dengan disk *cefoxitin*. Pada uji resistensi tidak menggunakan disk *methicillin* melainkan disk *cefoxitin* karena penyebaran antibiotik *methicillin* terbatas dan memiliki aktivitas penyimpanan yang kurang stabil sehingga digunakan disk *cefoxitin* sebagai penggantinya karena *cefoxitin* memiliki karakteristik yang lebih stabil dan merupakan inducer gen *mecA* yang lebih baik.<sup>8</sup>

Dari hasil penelitian ditemukan adanya kolonisasi bakteri *Staphylococcus aureus* pada sampel uang kertas yang diteliti. Hal ini selaras dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Taylor *et al.* dimana bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri yang umum ditemukan pada permukaan di lingkungan dan penyebarannya dapat secara kontak langsung. Menurut Taylor *et al.*, keberadaan bakteri *Staphylococcus aureus* pada uang kertas rupiah sangat memungkinkan karena uang kertas rupiah yang berbahan dasar serat kapas memiliki daya serap sehingga dapat menjadi tempat menempel mikroorganisme patogen.<sup>9</sup> Pernyataan tersebut mendukung hasil penelitian ini dimana pada penelitian ini, sampel yang diambil merupakan uang kertas Emisi 2016 yang berbahan dasar serat kapas yang memiliki karakteristik mudah menyerap cairan sehingga dapat menjadi tempat menempelnya mikroorganisme patogen. Hal ini juga didukung dengan adanya penelitian oleh Vriesekoop *et al.* yang melakukan penelitian mengenai perbandingan antara uang kertas berbahan dasar serat kapas dengan uang kertas berbahan dasar polimer. Vriesekoop *et al.* melaporkan bahwa uang kertas berbahan dasar serat kapas memiliki muatan bakteri yang lebih banyak dibandingkan dengan uang kertas berbahan dasar serat polimer.<sup>10</sup>

Ditemukannya bakteri *Staphylococcus aureus* pada penelitian ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Allan M yang meneliti mengenai keberadaan bakteri patogen pada uang kertas yang beredar di Uganda. Pada penelitian ini Allan M menyatakan bahwa keberadaan bakteri patogen *Staphylococcus aureus* pada uang kertas yang beredar di Uganda dipengaruhi oleh buruknya budaya masyarakat dalam menyimpan uang di tempat yang tidak seharusnya dan *hand hygiene* yang buruk ketika menggunakan uang.<sup>11</sup>

Pada uji biokimia katalase yang dilakukan pada penelitian ini, ditemukan seluruh sampel yang diuji merupakan katalase positif. Hasil ini sesuai dengan karakteristik bakteri *Staphylococcus sp.* yang disebutkan pada jurnal yang ditulis oleh Gruner *et al.* bahwa spesies *Staphylococcus sp.* kecuali *S.aureus*, *subsp.anaerobius*, dan *Saccharolyticus* memiliki kemampuan memproduksi enzim katalase yang dapat menguraikan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) menjadi  $2H_2O$  dan  $O_2$ .<sup>7</sup> Pada tes koagulase terdapat 1 sampel yang terdeteksi memiliki koagulase negatif. *Staphylococcus aureus* koagulase negatif artinya bakteri tersebut tidak dapat memproduksi enzim koagulase pada dinding selnya sehingga tidak dapat menghindari fagositosis sehingga *Staphylococcus aureus* koagulase negatif dianggap kurang patogen apabila dibandingkan dengan *Staphylococcus aureus* koagulase positif.<sup>12</sup>

Pada penelitian ini ditemukan sebanyak 16 sampel resisten terhadap antibiotik *cefoxitin* dan 1 sampel sensitif terhadap antibiotik golongan *cefoxitin*. Resistensi bakteri *Staphylococcus*

terhadap antibiotik *cefoxitin* adalah karena adanya perubahan gen *mecA* yang dapat menghasilkan *transpeptidase* PB2a yang dapat menurunkan afinitas bakteri untuk berikatan dengan antibiotik beta-laktam termasuk golongan *methicillin*.<sup>13</sup> Persentase ditemukannya bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) dibandingkan keseluruhan sampel pada penelitian ini mencapai angka 53.33%. Angka ini lebih tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Marasini *et al.* yang melakukan penelitian mengenai keberadaan bakteri pada uang kertas yang diambil dari 5 tempat yaitu tempat makan, penjual sayur, bus, apotek, dan penjual daging di kota Pokhara. Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa prevalensi bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) yang ditemukan pada uang kertas sebesar 33.33%.<sup>14</sup>

## SIMPULAN DAN SARAN

1. Pada penelitian ini ditemukan uang kertas dengan kolonisasi bakteri *Staphylococcus aureus* sebanyak 17 dari 30 sampel yang diperiksa (56.66%).
2. Diantara bakteri *Staphylococcus aureus* yang ditemukan terdapat populasi Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) pada 16 dari 17 sampel (94.41%).
3. Persentase uang kertas dengan kolonisasi bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) pada seluruh sampel yaitu 53.33%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Noor Mutsaqof, A.A., -, W. & Suryani, E. (2016), "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Penyakit Infeksi Menggunakan Forward Chaining", Jurnal Teknologi & Informasi ITSmart, Vol. 4 No. 1, p. 43.
2. Szymanski, C.M., Schnaar, R.L. & Aebi, M. (2020), "Bacterial and viral infections", Browse's Introduction to the Investigation and Management of Surgical Disease, CRC Press, pp. 57–68.
3. Gadi, N.P.P. (n.d.). Pengenalan Nominal Mata Uang Kertas Dengan Pattern Matching dan Segmentasi Warna Local Binary Pattern (LBP).
4. Moosavy, M.-H., Shavisi, N., Warriner, K. & Mostafavi, E. (2013), "Bacterial Contamination of Iranian Paper Currency.", Iranian Journal of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Vol. 42 No. 9, pp. 1067–70.
5. Yar, D.D. (2020), "Bacterial Contaminants and Antibioqram of Ghana Paper Currency Notes in Circulation and Their Associated Health Risks in Asante-Mampong, Ghana", International Journal of Microbiology, Hindawi Limited, Vol. 2020, Available at: <https://doi.org/10.1155/2020/8833757>.
6. Rahmadi. (2011). Pengantar Metodologi Penelitian. Antasari Press
7. Krisna Dewi, A. (2013) "Isolasi, Identifikasi dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Penderita Mastitis Di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta", Sain Veteran, pp.140.

8. CDC (2019). Laboratory Testing Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) [https://www.cdc.gov/mrsa/lab/index.html#anchor\\_1548429322](https://www.cdc.gov/mrsa/lab/index.html#anchor_1548429322)
9. Taylor TA, Unakal CG. *Staphylococcus aureus* Infection. (Updated 17 July 2023). In: Statpearl. Treasure Island : StatPearls Publishing; 2023 Jan. Available from : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441868/>
10. Vriesekoop, F., Chen, J., Oldaker, J15. Krisna Dewi, A.(2013)"Isolasi, Identifikasi dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Penderita Mastitis Di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta", Sain Veteran, pp.140.., Besnard, F., Smith, R., Leversha, W., Smith-Arnold, C., et al. (2016), "Dirty Money: A Matter of Bacterial Survival, Adherence, and Toxicity", Microorganisms, MDPI AG, Vol. 4 No. 4, p. 42.
11. Allan M, Authaire C, Nathan M, Ejobi F, Cumber SN. "Bacterial Contamination of Ugandan Paper Currency Notes Processed by Food Vendors Around Mulago Hospital Complex" Pan Afr Med J. 2018 Oct. Doi: 10.11604/pamj.2018.31.143.16738. PMID: 31037203; PMCID: PMC6462491.
12. Linda, I.M.S & Wahyuni, A.E.T.H, (2014)."Deteksi *Staphylococcus aureus* Koagulase Negatif Dari Susu Serta Analisis Gen Koagulase (coa). Sain Veteriner.
13. Siddiqui AH, Koirala J.(2023). "Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*". StatPearls.Treasure Island. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482221/>
14. Marasini, R. R., Shrestha, P., Dhakal, P., Shrestha, S. R., Adhikari, S.,& Sharma, B. K.(2021). Prevalence of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* on Paper Currency Notes. Asian Journal of Research in Infectious Diseases, 7(2), 25-32. <https://doi.org/10.9734/ajrid/2021/v7i230213>

