

PEMBENTUKAN BIOFILM *S. AUREUS* PADA KATETER LATEKS LEBIH TINGGI DIBANDINGKAN DENGAN KATETER PVC DAN SILIKON

Muhammad Reza Dasta Ramadhan, Arif Yahya¹, Rio Risandiansyah^{1*}

¹Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang

ABSTRAK

Pendahuluan: Prevalensi *Catheter Associated Urinary Tract Infection* (CAUTI) mayoritas terjadi karena adanya biofilm dan lebih sering terdeteksi pada penggunaan kateter lateks. Salah satu penyebab CAUTI adalah bakteri *Staphylococcus aureus* yang mengawali pembentukan biofilm dengan adhesi pada permukaan kateter. Perbedaan bahan kateter dapat mempengaruhi pembentukan biofilm, namun, hal ini belum banyak diteliti. Sehingga perlu dilakukan penelitian tentang peran bahan kateter pada pembentukan biofilm oleh bakteri *S. aureus*

Metode: Penelitian eksperimental *in vitro* pembentukan biofilm oleh bakteri *S. aureus* dilakukan pada permukaan bahan kateter lateks, PVC dan silikon. Pembentukan biofilm diukur dengan metode *Total Plate Count* (TPC) dan *Crystal Violet* (CV) yang kemudian dibandingkan hasilnya. Biofilm pada metode TPC diukur dengan menghitung jumlah koloni pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA) dengan nilai satuan Log CFU/ml. Pembentukan dengan metode CV dilakukan dengan mengukur absorbansi zat warna dari biofilm pada Panjang gelombang 535 nm. Data statistik ($p < 0,05$) dianggap signifikan.

Hasil: Hasil TPC pada bahan kateter lateks, silikon dan PVC $6,01 \pm 0,30$, $4,41 \pm 0,82$ dan $4,34 \pm 0,43$ Log CFU/ml ($p=0,000$) dan hasil absorbansi CV pada lateks, silikon dan PVC $0,018 \pm 0,10$, $0,093 \pm 0,06$ dan $0,196 \pm 0,12$ Log CFU/ml ($p=0,003$). Hal ini menunjukkan jumlah koloni pada kateter lateks lebih tinggi dibandingkan dengan kateter silikon dan PVC dan hasil absorbansi PVC lebih tinggi dibandingkan dengan silikon dan lateks yang diduga karena tingginya bias pada kelompok kontrol negatif pada lateks.

Kesimpulan: Biofilm *S. aureus* lebih mudah terbentuk pada kateter berbahan lateks dibandingkan kateter berbahan PVC atau silikon.

Kata Kunci: Biofilm, *Staphylococcus aureus*, lateks, silikon, PVC, TPC, CV

*Korespondensi:

Rio Risandiansyah, S. Ked., MP., PhD (riorisandiansyah@unisma.ac.id)

Jl. MT Haryono 193, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65144

S. AUREUS BIOFILM FORMATION ON LATEX CATHETERS IS HIGHER COMPARED TO PVC AND SILICONE CATHETERS

Muhammad Reza Dasta Ramadhan, Arif Yahya¹, Rio Risandiansyah^{1*}

¹Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang

ABSTRACT

Introduction: The prevalence of Catheter Associated Urinary Tract Infection (CAUTI) is mostly due to the presence of biofilm and is more often detected in the use of latex catheters. One of the causes of CAUTI is *Staphylococcus aureus* bacteria which initiates biofilm formation by adhesion to the catheter surface. Differences in catheter materials can affect biofilm formation, however, this has not been widely studied. Therefore, research is needed on the role of catheter materials in biofilm formation by *S. aureus* bacteria.

Methods: In vitro experimental research on biofilm formation by *S. aureus* bacteria was carried out on the surfaces of various catheter materials, namely latex, PVC and silicone. Biofilm formation was measured using the *Total Plate Count* (TPC) and *Crystal Violet* (CV) methods and then the results were compared. Biofilms using the TPC method are measured by counting the number of colonies on *Mannitol Salt Agar* (MSA) media and created with a unit value of Log CFU/ml. Formation using the CV method is carried out by measuring the absorbance of dye from the biofilm at a wavelength of 535 nm. Statistical data ($p < 0.05$) was considered significant.

Results: TPC results on latex, silicone and PVC catheter materials were 6.01 ± 0.30 , 4.41 ± 0.82 and 4.34 ± 0.43 Log CFU/ml ($p=0.000$) and CV absorbance results on latex, silicone and PVC 0.018 ± 0.10 , 0.093 ± 0.06 and 0.196 ± 0.12 Log CFU/ml ($p=0.003$) this shows that the number of colonies on latex catheters is higher compared to silicone and PVC catheters and the PVC absorbance results are higher compared with silicone and latex which is thought to be due to a high bias in the negative control group in latex.

Conclusion: *S. aureus* biofilms form more easily on latex catheters than PVC or silicone catheters.

Keywords: Biofilm, *Staphylococcus aureus*, latex, silicone, PVC, TPC, CV

*Correspondence:

Rio Risandiansyah, S. Ked., MP., PhD (riorisandiansyah@unisma.ac.id)

Jl. MT Haryono 193, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65144

PENDAHULUAN

Kasus prevalensi *Catheter Associated Urinary Tract Infection* (CAUTI) pada bakteri *S. aureus* menyumbang sekitar (2%) dari bakteri gram positif, sedangkan pada pembentukan biofilm menyumbang angka (2,17%). CAUTI merupakan infeksi nosokomial yang menyebabkan gangguan fungsi kateter, salah satu bakteri terkait CAUTI adalah bakteri *S. aureus* yang sering kali menjadi penyebab infeksi saluran kemih terkait kateter. CAUTI disebabkan karena terbentuknya biofilm didalam kateter. *S. aureus* membentuk biofilm karena melindungi diri dari perubahan suhu, keterbatasan nutrisi dan yang paling penting adalah melindungi diri dari obat-obatan antibakteri.⁽¹⁾

Biofilm didefinisikan sebagai sekumpulan dari mikroorganisme yang memproduksi *extracellular polymeric substance* (EPS) yang saling berasosiasi pada perlekatan substrat biotik maupun abiotik.⁽²⁾ Biofilm terdiri dari sel-sel mikroba dan *extracellular polymeric substance* (EPS) yang terdiri dari 50% sampai 90% dari total karbon organik biofilm dan dapat dianggap bahan matriks primer. Adanya biofilm akan mempersulit terapi pengobatan antibiotik di klinis dan seringkali dapat muncul pada alat medis invasif seperti kateter.⁽³⁾

Kateterisasi kandung kemih adalah prosedur yang umum dilakukan di semua rumah sakit. Kateter urin biasanya berbahan silikon, lateks dan PVC. Pada bahan kateter PVC memiliki ketahanan kimia yang sangat baik, stabilitas dan biokompatibilitas, untuk bahan kateter silikon lentur memiliki toksisitas rendah, biokompatibilitas sedang dan kompatibilitas darah yang baik. Jenis kateter yang biasa digunakan adalah *Foley catheter*, juga disebut sebagai kateter menetap, yang dibiarkan di tempatnya untuk jangka waktu yang lebih lama dan ditentukan. *Foley catheter* dipasang dengan balon berisi air dan urin dialirkan ke dalam kantong drainase. Kantong drainase dapat dipasang di bagian dalam kaki untuk memudahkan mobilitas. *Foley catheter* perlu diganti setiap tiga bulan untuk menghindari infeksi.⁽⁴⁾

Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan bahan kateter dapat mempengaruhi angka kemunculan biofilm. Namun hal ini belum dibuktikan secara laboratoris. Penelitian ini akan melakukan perbandingan kuantifikasi biofilm *S.aureus* pada berbagai bahan kateter,⁽⁵⁾ dengan menggunakan metode *direct dan indirect*.

METODE PENELITIAN

Desain dan Sampel Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental untuk menguji kuantifikasi pembentukan biofilm dari bakteri *S. aureus* pada permukaan kateter lateks, kateter silikon dan kateter PVC, Kuantifikasi pembentukan biofilm

menggunakan jumlah *colony forming unit* dan absorbansi *crystal violet*.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 29 April sampai 10 juni 2024 di LPRK (Laboratorium Pusat Riset Kedokteran) Universitas Islam Malang

Persiapan Pembentukan Biofilm pada Berbagai Bahan Kateter

Kateter yang digunakan dalam penelitian ini adalah kateter berbahan lateks, silikon dan PVC yang telah tersedia secara steril. Kateter dipotong sebesar 1 cm² secara aseptik didalam Laminar Air Flow (LAF). Potongan kateter dimasukkan kedalam larutan bakteri *S. aureus* yang sudah distandarisasi dengan standar McFarland 0,5 ($\sim 1,5 \times 10^8$ sel/ml) ditumbuhkan pada media *Broth Heart Brain Infusion* (BHIB) + 5% sukrosa sebanyak 4 ml dan diinkubasi dengan suhu 37 °C selama 3 hari.⁽⁶⁾

Perhitungan Koloni pada Biofilm Menggunakan Metode TPC

Setelah diinkubasi, potongan kateter yang telah terpotong diangkat dan dipindahkan kedalam microtube 2 ml yang berisi 1 ml Normal Saline (NS) steril. Mikrotube dilakukan *vortex* terus menerus selama 1 menit dengan kecepatan penuh. Kemudian, sonikasi dilakukan pada 10 W selama 50-60 detik. Kemudian di *vortex* lagi secara terus menerus selama 1 menit dengan kecepatan penuh. Masing-masing microtube dilakukan pengenceran 1/10 dan 1/100x. Setelah itu hasil dari perlakuan tersebut dicelupkan kapas lidi dan *distreak* pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA), diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah sel. Koloni nantinya dijadikan dalam satuan CFU/ml (g) menggunakan rumus berikut; $CFU/ml (g) = \text{jumlah koloni} / \text{jumlah sampel yang diinokulasikan}$. Jumlah ulangan yang dilakukan 3x dalam 3 hari berbeda (n=9).

Pewarnaan Biofilm dengan *Crystal Violet*

Setelah diinkubasi, potongan kateter yang telah terpotong diangkat dan dipindahkan kedalam microtube 2 ml yang berisi 1 ml Normal Saline (NS) steril. Kateter direndam di dalam 0,1 % *crystal violet* untuk mewarnai biofilm dan sel bakteri selama 10 menit. Kateter dibilas dengan PBS dengan pH 7,2 selama 2 kali. Kateter diberi 1 ml etanol untuk melarutkan *crystal violet* dan 200 ul dipindahkan kedalam 96 wellplate untuk dibaca menggunakan spektrofotometer pada Panjang gelombang 535 nm. Semakin tinggi hasil absorbansinya maka semakin tinggi biofilm yang terbentuk. Pembacaan spektrofotometer. Jumlah

ulangan yang dilakukan 3x dalam 3 hari berbeda (n=9).⁽⁷⁾

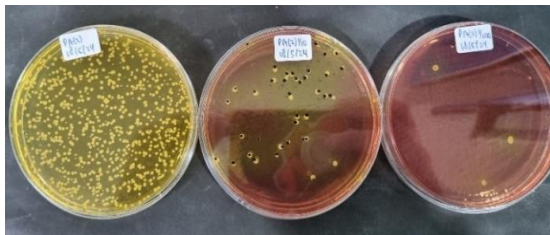
Analisa Statistik

Hasil data jumlah mikrokoloni dan persentase area biofilm diuji normalitas dan homogenitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Hasil uji menunjukkan data normal dan homogen maka dilanjutkan dengan uji Oneway ANOVA ($p < 0,05$) dan dilanjutkan dengan uji Post-Hoc Test (LSD). Semua Analisa data dilakukan pada aplikasi Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) ver 26.⁽⁸⁾

HASIL PENELITIAN

Hasil Evaluasi Morfologi *S. aureus* pada Media MSA (Mannitol Salt Agar)

Hasil evaluasi morfologi *S. Aureus* pada Media MSA (Mannitol Salt Agar), terlihat pada pertumbuhan bakteri berwarna kuning dikelilingi zona kuning keemasan karena mempunyai kemampuan memfermentasi mannitol, seperti terlihat pada **Gambar 1**, awal mula media berwarna phenol red lalu menjadi kuning keemasan, karena media MSA adalah media yang selektif terhadap gram positif dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif.⁽⁹⁾

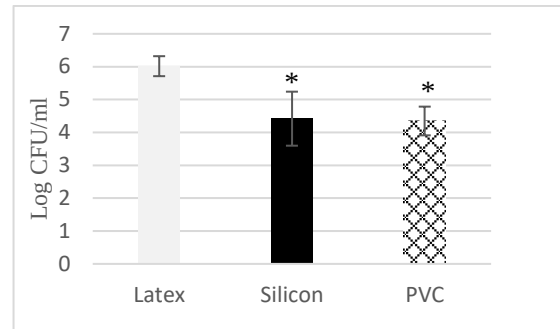


Gambar 1 Gambaran morfologis koloni bakteri *S. aureus* pada media Mannitol Salt Agar (MSA) pada pengenceran 0x, 1/10x dan 1/100x (dari kiri ke kanan)

Keterangan: Bentuk morfologis bakteri gram positif *S. aureus* pada media selektif-diferensial MSA memiliki zona kuning keemasan yang merupakan gambaran khas pada bakteri *Staphylococcus aureus*

Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri *S. Aureus* pada Media MSA (Mannitol Salt Agar)

Hasil perhitungan jumlah sel pada kateter ditunjukkan pada **Tabel 1**, **gambar 2** Perhitungan koloni dilakukan log untuk mempermudah analisa. Koloni yang terhitung pada kateter lateks memiliki jumlah yang tertinggi dibandingkan dengan pada kateter PVC dan silikon secara signifikan ($p < 0,05$), untuk uji normalitas dengan nilai signifikan ($p > 0,05$) yang berdistribusi normal. Dan untuk uji oneway ANOVA didapatkan nilai signifikan 0,000 ($p < 0,05$).

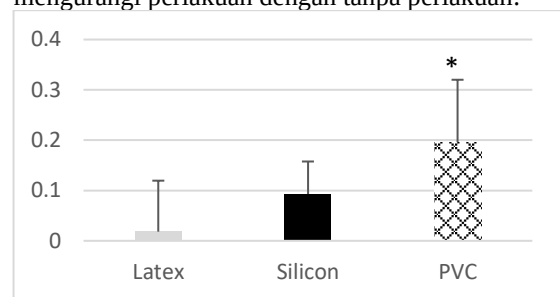


Gambar 2 Hasil Histogram Rata-Rata Jumlah Koloni yang Terbentuk pada Setiap Bahan Kateter

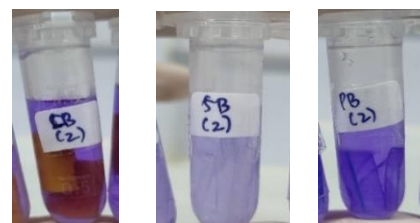
Keterangan: Hasil histogram rata-rata koloni yang terbentuk menunjukkan lateks 6,01 lebih tinggi dibandingkan dengan silikon 4,41 dan PVC 4,34. Notasi (*) menunjukkan adanya perbedaan signifikan dibandingkan dengan lateks ($p < 0,05$).

Hasil Nilai Serapan (Absorbansi) Pembentukan Biofilm pada Crystal Violet

Hasil nilai serapan (absorbansi) pembentukan biofilm *Crystal Violet* pada masing-masing kateter ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Gambar 3 (A)** dan **Gambar 3 (B)** dapat diketahui bahwa nilai absorbansi dari ketiga bahan kateter tersebut yang paling tinggi adalah kateter PVC kemudian kateter silikon dan kateter lateks. Untuk uji normalitas nilai signifikan ($p > 0,05$) yang berdistribusi normal. Pada uji oneway ANOVA bisa dikatakan signifikan apabila ($p < 0,05$) dan untuk nilainya 0,003 maka hasilnya signifikan. Jumlah biofilm adalah jumlah serapan absorbansi dihitung mengurangi perlakuan dengan tanpa perlakuan.



(A)



(B)

Gambar 3 (A) Hasil Histogram Nilai Serapan (Absorbansi) Pembentukan biofilm pada *Crystal Violet* (B) Hasil elusi pewarna *Crystal Violet* dari kateter berbahan lateks, silikon dan polyvinyl chloride (PVC) (dari kiri ke kanan)

Keterangan: (A) Hasil menunjukkan pada histogram dengan nilai serapan (Absorbansi) paling rendah lateks dengan nilai 0,018, kemudian silikon 0,093 dan PVC 0,196, setelah dikurangi nilai serapan pada kontrol negatif. Notasi (*) menunjukkan adanya perbedaan signifikan dibandingkan dengan lateks ($p < 0,05$). (B) Elusi *Crystal Violet* menunjukkan pewarna terelusi pada lateks, silikon dan polyvinyl chloride (PVC).

Tabel 1 Rata-rata dan standart deviasi pada nilai satuan CFU/ml, Log CFU/ml dan absorbansi *Crystal Violet*

Bahan kateter	CFU/ml	Log CFU/ml	<i>p</i>	Absorbansi	<i>p</i>
Lateks	1,30±1,02 x 10 ⁶	6,01±0,30	0,000	0,018±0,10	0,003
Silikon	7,48±8,88 x 10 ⁴	4,41±0,82		0.093±0,06	
PVC	3,20±2,54 x 10 ⁴	4,34±0,43		0.196±0,12	

Keterangan: Data rata-rata dan standar deviasi untuk satuan CFU/ml dan Log CFU/ml dan nilai absorbansi *Crystal Violet*, dengan menggunakan uji *oneway ANOVA* ($p < 0,05$)

PEMBAHASAN

Pengaruh Bahan Kateter pada Pembentukan Biofilm *S. aureus* Menggunakan Metode TPC

Pada hasil penelitian ini terdapat pembentukan koloni bakteri pada masing-masing kateter dan terdapat perbedaan signifikan antara lateks dengan silikon dan PVC, sedangkan pada silikon dengan PVC tidak ada perbedaan yang signifikan. Prevalensi beberapa kasus dalam pembentukan biofilm di beberapa jenis kateter adalah 82,85% (87 kasus dari 105 kasus). Biofilm terdeteksi pada 14 pasien dari 16 (87,5%) pasien yang menggunakan kateter lateks. Sementara itu diamati pada 68 pasien dari 89 pasien dengan kateter silikon yang menyumbang 76,4%. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan bahan kateter dapat mempengaruhi angka kemunculan biofilm⁽¹⁰⁾

Siklus pembentukan biofilm dibagi menjadi 4 tahap: Yang pertama adalah perlekatan, yang kedua formasi mikrokoloni, yang ketiga pembentukan matriks, yang keempat pembentukan makrokoloni. Beberapa faktor pembentukan biofilm selain karena adhesi yaitu perlekatan pada permukaan abiotik juga karena faktor fli dan fimbriae pada bakteri tersebut⁽¹¹⁾

Secara klinis penyebab dari meningkatnya pembentukan biofilm karena adanya iritasi mukosa maka akan memicu respon inflamasi, dan bakteri akan menempel pada permukaan kateter dan terjadi pembentukan biofilm⁽¹²⁾. Jumlah koloni bakteri pada kateter lateks lebih tinggi dibandingkan kedua bahan tersebut, karena bahan dari kateter lateks lebih kasar dan biokompatibilitasnya yang buruk, dibandingkan silikon dan PVC, dan juga pada penggunaan kateterisasi bahan lateks bisa menyebabkan iritasi mukosa lebih banyak⁽¹⁰⁾. Pada kateter lateks mempunyai dinding yang lebih tebal maka dari itu bakteri dapat dengan mudah membuat biofilm dan bisa mengalami penyumbatan, selain itu karakter dari kateter lateks adalah hidrofobik membantu memberikan tempat yang lebih baik untuk proliferasi bakteri⁽¹³⁾ sedangkan pada kateter silikon dan PVC mempunyai dinding yang relatif lebih tipis dibandingkan dengan lateks, maka butuh waktu yang lama untuk bisa terjadi penyumbatan pada kateter, sedangkan pada kateter silikon yang karakternya hidrofilik mempunyai permukaan yang

licin membuat sulit terjadi perlekatan pada bakteri dan biokompatibilitasnya lebih baik dibandingkan dengan lateks, pada penelitian kali ini kolonisasi yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan lateks.⁽¹⁴⁾

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Total Plate Count* (TPC) metode ini ada metode menunjukkan jumlah koloni bakteri yang dihitung pada media agar dengan alat *colony counter*. sampel koloni bakteri yang digunakan adalah yang berjumlah 30-300 koloni. Adapun beberapa kekurangan dan kelebihan yang digunakan dalam metode ini seperti pada kelebihan metode ini yaitu hanya menghitung bakteri yang tumbuh pada media agar tidak perlu menggunakan mikroskop, serta jika jumlah bakteri yang dihitung terlalu banyak ataupun terlalu sedikit maka dapat dilakukan menggunakan faktor pengenceran. Dan untuk kekurangan pada metode ini adalah, adanya koloni yang berasal lebih dari satu sel mikroba seperti pada mikroba yang memiliki susunan berpasangan atau berantai, kemungkinan ada jenis mikroba tertentu yang tumbuh menyebar di seluruh permukaan media agar sehingga menghalangi mikroba lain, hal ini akan mengakibatkan mikroba lain tersebut tidak terhitung. Kemungkinan adanya jenis mikroba yang tidak dapat tumbuh karena penggunaan jenis media agar, suhu, pH dan kandungan oksigen selama masa inkubasi.⁽¹⁵⁾

Metode lain yang kami gunakan untuk membantu melepaskan ikatan biofilm secara optimal dari permukaan abiotik dengan cara dilakukan *vortex-sonikasi-vortex*, *vortex* 1 menit dilanjutkan dengan sonikasi 1 menit kemudian *vortex* lagi 1 menit.⁽¹⁶⁾

Pengaruh Bahan Kateter pada Pembentukan Biofilm *S. aureus* Menggunakan Metode *Crystal Violet*

Nilai serapan pembentukan biofilm menggunakan *crystal violet* menunjukkan PVC memiliki nilai serapan paling tinggi diikuti silikon dan lateks. Pengukuran pembentukan biofilm dilakukan dengan cara mengurangi kelompok perlakuan dikurangi dengan kelompok kontrol negatif. Pada kelompok kontrol pada PVC dan silikon memiliki nilai serapan sebesar 0,1 sampai 0,3 yang menunjukkan bahwa tidak terjadi penempelan *crystal violet* pada bahan kateter.

Namun pada lateks didapatkan nilai serapan kontrol negatif sebesar 0,3 sampai 0,5 sehingga diduga bahwa terjadi penempelan *crystal violet* pada bahan kateter, dan mempengaruhi perhitungan hasil biofilm. Hal ini menjadikan nilai perhitungan biofilm lateks memiliki angka yang paling kecil. Maka metode perhitungan biofilm menggunakan *crystal violet* tidak dapat digunakan pada bahan lateks.

Biofilm yang terbentuk lebih tinggi pada PVC dibandingkan dengan silikon, pada penelitian sebelumnya sudah dilakukan pewarnaan menggunakan *crystal violet* pada kedua bahan ini. Pada PVC didapatkan nilai serapan biofilm berkisar antara 0,3 sampai 0,7. Hasil perhitungan *crystal violet* berbeda dengan hasil TPC, pada hasil TPC silikon dan PVC tidak berbeda signifikan, sedangkan pada *crystal violet* hasil PVC lebih tinggi daripada silikon. Pada metode *Crystal Violet* ini menilai semua bakteri biofilm yang masih hidup dan sudah ada yang mati sedangkan dengan metode *Total Plate Count* (TPC) yang mampu menilai bakteri yang masih hidup saja. Selain itu metode *crystal violet* diketahui dapat menilai produksi EPS dan protein lain.⁽¹⁷⁾

Penelitian yang menggunakan bahan silikon sebagai dasar pembentukan biofilm sering kali harus melakukan suplementasi dengan fibrinogen. Adapun penelitian lain yang mengatakan bahwa penambahan fibrinogen dapat meningkatkan jumlah produksi biofilm, karena bakteri akan dapat mengikat permukaan sel endotel, selain itu penambahan fibrinogen juga dapat menstimulasi pengikatan adhesi yang membantu bakteri melekat lebih baik satu sama lain.⁽¹⁸⁾ Pada penelitian ini silikon tanpa penambahan fibrinogen sehingga dapat menjelaskan hasil pembentukan biofilm yang lebih rendah.

Pada uji *crystal violet* kali ini berguna untuk membandingkan dua atau lebih sampel, tetapi pada kelemahannya yaitu permukaan yang non absorben dan yang absorben pada pembentukan biofilm, waktu pewarnaan dan penghilangan warna dari *crystal violet* juga mempengaruhi serta panjang gelombang untuk menilai serapan.⁽¹⁶⁾

Adapun penelitian lain yang mengatakan bahwa penambahan fibrinogen dapat meningkatkan jumlah produksi biofilm, karena bakteri akan dapat mengikat permukaan sel endotel, selain itu penambahan fibrinogen juga dapat menstimulasi pengikatan adhesi yang membantu bakteri melekat lebih baik satu sama lain.⁽¹⁸⁾

KETERBATASAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan bakteri *S. aureus* yang terstandar namun bukan produsen biofilm kuat, sehingga nilai serapan biofilm masih kecil. Untuk penelitian lanjutan dapat menggunakan bakteri klinis yang dapat membentuk biofilm yang kuat. Dan pada metode

crystal violet tidak dapat digunakan untuk kateter lateks karena ada bias tingginya kelompok kontrol.

KESIMPULAN

1. Penggunaan metode TPC jumlah biofilm paling tinggi didapatkan pada kateter berbahan lateks dibandingkan dengan silikon dan PVC.
2. Pada metode CV jumlah nilai serapan tertinggi diperoleh pada kateter berbahan PVC dibandingkan dengan silikon dan lateks.
3. Perbedaan ini diduga karena tingginya angka bias pada kateter berbahan lateks.

SARAN

Setelah hasil yang didapatkan oleh peneliti penulis menyarankan untuk:

1. Menambahkan kateter berbahan silikon dengan fibrinogen untuk hasil biofilm lebih optimal.
2. Menggunakan metode lain untuk membandingkan kateter berbahan PVC dengan silikon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Ikatan orang tua mahasiswa (IOM) Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang untuk pendanaan penelitian ini, atas bantuan teknis Arniyati S. Si, Nofie Irmalia S. Si dan dr. Rahma Triliana., M.Kes., PhD sebagai *peer reviewer*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Idrees M, Sawant S, Karodia N, Rahman A. Staphylococcus aureus Biofilm: Morphology, Genetics, Pathogenesis and Treatment Strategies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jul 16;18(14):7602.
- [2] Peng Q, Tang X, Dong W, Sun N, Yuan W. A Review of Biofilm Formation of Staphylococcus aureus and Its Regulation Mechanism. *Antibiotics*. 2022 Dec 22;12(1):12.
- [3] Homenta H. Infeksi Biofilm Bakterial. *J E-Biomedik*. 2016 Jan 27;4(1).
- [4] Walker JN, Flores-Mireles AL, Pinkner CL, Schreiber HL, Joens MS, Park AM, et al. Catheterization alters bladder ecology to potentiate Staphylococcus aureus infection of the urinary tract. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017;114(41):E8721–30.

- [5] Ramadan R, Omar N, Dawaba M, Moemen D. Bacterial biofilm dependent catheter associated urinary tract infections: Characterization, antibiotic resistance pattern and risk factors. **Egypt J Basic Appl Sci.** 2021;8(1):64–74.
- [6] Ionescu AC, Brambilla E, Sighinolfi MC, Mattina R. A new urinary catheter design reduces in-vitro biofilm formation by influencing hydrodynamics. **J Hosp Infect.** 2021 Aug;114:153–62.
- [7] Magesh H, Kumar A, Alam A, Sekar U, Sumantran VN, Vaidyanathan R. Identification of natural compounds which inhibit biofilm formation in clinical isolates of *Klebsiella pneumoniae*. **Indian J Exp Biol.** 2013 Sep;51:764–72.
- [8] Handayani M, Jayadilaga Y, Fitri AU, Rachman DA, Istiqamah NF. Sosialisasi dan Pengenalan Aplikasi Pengolahan Data SPSS pada Mahasiswa Administrasi Kesehatan Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan. **J Inf Pengabdian Masy.** 2023;1(2).
- [9] Arbi TA, Noviyandri PR, Valentina NV. Gambaran Perlekatan Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Berbagai Benang Bedah (Studi Kasus pada Tikus Wistar). **Cakradonya Dent J.** 2023 Jun 19;11(1):48–57.
10. Ramadan R, Omar N, Dawaba M, Moemen D. Bacterial biofilm dependent catheter associated urinary tract infections: Characterization, antibiotic resistance pattern and risk factors. **Egypt J Basic Appl Sci.** 2021 Jan 1;8(1):64–74.
- [11] Desai S, Sanghrajka K, Gajjar D. High Adhesion and Increased Cell Death Contribute to Strong Biofilm Formation in *Klebsiella pneumoniae*. **Pathogens.** 2019 Dec 1;8(4):277.
- [12] Trautner BW, Darouiche RO. Role of biofilm in catheter-associated urinary tract infection. **Am J Infect Control.** 2004 May;32(3):177–83.
- [13] Pandey VK, Srivastava KR, Ajmal G, Thakur VK, Gupta VK, Upadhyay SN, et al. Differential Susceptibility of Catheter Biomaterials to Biofilm-Associated Infections and Their Remedy by Drug-Encapsulated Eudragit RL100 Nanoparticles. **Int J Mol Sci.** 2019 Oct 15;20(20):5110.
- [14] Verma A. Differences in Bacterial Colonization and Biofilm Formation Property of Uropathogens between the Two most Commonly used Indwelling Urinary Catheters. **J Clin Diagn Res.** 2016 Jun 1;10(6).
- [15] Kurniawan SY, Ariami P. SI PINTER Sebagai Alat Penghitung Koloni Bakteri Penunjang Laboratorium Mikrobiologi. **J Biotek.** 2023;11.
- [16] Mandakhalikar KD, Rahmat JN, Chiong E, Neoh KG, Shen L, Tambyah PA. Extraction and quantification of biofilm bacteria: Method optimized for urinary catheters. **Sci Rep.** 2018 May 23;8(1):8069.
- [17] Kamimura R, Kanematsu H, Ogawa A, Kogo T, Miura H, Kawai R, et al. Quantitative Analyses of Biofilm by Using Crystal Violet Staining and Optical Reflection. **Materials.** 2022 Sep 28;15(19):6727.
- [18] Bonifait L, Grignon L, Grenier D. Fibrinogen Induces Biofilm Formation by *Streptococcus suis* and Enhances Its Antibiotic Resistance. **Appl Environ Microbiol.** 2008 Aug;74(15):4969–72.