

PENGARUH BAHAN KATETER PADA PEMBENTUKAN BIOFILM OLEH BAKTERI *Pseudomonas aeruginosa*

Sarah Zakiyyah R, Citra Destya Rahma Putri, Rio Risandiansyah^{1*}

¹Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang

ABSTRAK

Pendahuluan: Infeksi saluran kemih terkait pemasangan kateter atau sering disebut sebagai *Catheter – Associated Urinary Tract Infection* (CAUTI) sering disebabkan oleh *Pseudomonas aeruginosa*. Biofilm merupakan pusat patogenesis CAUTI. Pembentukan biofilm dapat dipengaruhi oleh bahan kateter, tetapi belum banyak diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan biofilm pada berbagai bahan kateter.

Metode: Penelitian eksperimental *in vitro* pembentukan biofilm oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dilakukan pada permukaan berbagai bahan kateter yakni lateks, PVC dan silikon. Potongan kateter direndam dalam media inoculum bakteri selama 3 hari pada suhu 37 °C. Biofilm dinilai berdasarkan jumlah sel *viable* yang diukur dengan *Total Plate Count* (TPC) dan berdasarkan matriks ekstrasel yang diwarnai dengan *Crystal Violet* (CV) dan menghitung selisih serapannya pada panjang gelombang 535 nm, dibandingkan dengan kateter tanpa inokulasi yang kemudian dikonversikan menjadi nilai Biofilm Biomass Unit (BBU). Analisis statistik menggunakan ANOVA One Way ($p < 0.05$) dan dilanjutkan dengan Post-Hoc Test (LSD).

Hasil: Jumlah koloni pada kateter lateks lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan silikon dan PVC ($6,81 \pm 0,54$ dibandingkan dengan $6,22 \pm 0,22$ dan $6,20 \pm 0,22$ log CFU/ml). Berdasarkan nilai selisih BBU menunjukkan bahwa lateks dan PVC memiliki nilai BBU lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan silikon ($0,07 \pm 0,05$ dan $0,08 \pm 0,02$ dibandingkan dengan $0,029 \pm 0,018$).

Kesimpulan: Bahan lateks lebih banyak terbentuk koloni bakteri *Pseudomonas aeruginosa* tetapi berdasarkan uji absorbansi CV jumlah biofilm antara lateks dan PVC tidak signifikan.

Kata Kunci: Biofilm, *Pseudomonas aeruginosa*, 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

THE EFFECT OF CATHETER MATERIALS ON BIOFILM FORMATION BY *Pseudomonas aeruginosa* BACTERIA

Sarah Zakiyyah R, Citra Destya Rahma Putri, Rio Risandiansyah^{1*}

Faculty of Medicine, Islamic University of Malang

ABSTRACT

Introduction: Catheter-related urinary tract infections or often referred to as *Catheter – Associated Urinary Tract Infection* (CAUTI) are often caused by *Pseudomonas aeruginosa*. Biofilm is the center of CAUTI's pathogenesis. The formation of biofilms can be affected by the catheter material, but it has not been widely studied. This study aims to compare biofilms on various catheter materials.

Methods: *In vitro experimental* research on the formation of biofilm by *Pseudomonas aeruginosa* bacteria was carried out on the surface of various catheter materials, namely latex, PVC and silicone. The catheter pieces are soaked in bacterial inoculum medium for 3 days at a temperature of 37 °C. Biofilms were graded based on the number of *viable* cells measured by *Total Plate Count* (TPC) and based on extracellular matrices stained with *Crystal Violet* (CV) and calculated their absorption difference at a wavelength of 535 nm, compared to a catheter without inoculation which was then converted into a Biofilm Biomass Unit (BBU) value. Statistical analysis uses ANOVA One Way ($p < 0.05$) and continues with Post-Hoc Test (LSD).

Results: The number of colonies in latex catheters was significantly higher compared to silicone and PVC (6.81 ± 0.54 compared to 6.22 ± 0.22 and 6.20 ± 0.22 CFU/ml logs). Based on the difference value of BBU, it shows that latex and PVC have significantly higher BBU values compared to silicon (0.07 ± 0.05 and 0.08 ± 0.02 compared to 0.029 ± 0.018).

Conclusion: Latex material forms more colonies of *Pseudomonas aeruginosa* bacteria but based on CV absorbance test, the number of biofilms between latex and PVC is not significant.

Keywords: Biofilm, *Pseudomonas aeruginosa*, 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

Kateter merupakan alat bantu medis berupa selang penghubung antara *urine bag* dan vesika urinaria yang berfungsi untuk mengalirkan urin pada pasien dengan gangguan miksi.⁴ Berdasarkan bahan yang digunakan dalam jangka waktu panjang terdapat tiga jenis bahan kateter, yaitu: Kateter lateks, digunakan untuk penggunaan atau pemakaian dalam jangka waktu sedang (kurang dari tiga minggu). Kateter silikon murni atau teflon, digunakan untuk penggunaan jangka waktu lama 2-3 bulan karena bahan lebih lentur pada meatus uretra. Kateter PVC (*Polyvinyl chloride*), harganya lebih mahal dari bahan lainnya, biasanya digunakan untuk penggunaan 4-6 minggu, bahannya lembut, tidak panas juga nyaman bagi uretra. Pemasangan kateter yang terlalu lama akan bresiko terbentuknya biofilm.⁵

Biofilm adalah koloni mikroorganisme yang melekat satu sama lain pada permukaan, dalam bentuk yang irreversibel. Pembentukan biofilm dimulai dalam beberapa menit setelah kateterisasi. Biofilm diketahui memiliki peran dalam perkembangan CAUTI dan penyumbatan kateter, yang umumnya disebabkan oleh adanya bakteri penghasil urease. Biofilm juga berfungsi sebagai reservoir penyebaran mikroba pada saluran kemih, dan merupakan pusat patogenesis CAUTI.³

Catheter – Associated Urinary Tract Infection (CAUTI) adalah kejadian infeksi saluran kemih yang terjadi terkait pemasangan kateter menetap pada pasien. National Healthcare Safety Network melaporkan angka kejadian CAUTI sekitar 3,1-7,5 infeksi per 1.000 kateter per hari.¹ Pada penelitian Anggi (2019) menyatakan 54 pasien dengan kateter diskriming untuk infeksi saluran kemih. Dari jumlah itu, 24 pasien (44,4%) dinyatakan menderita infeksi saluran kemih berdasarkan kultur urin, dan infeksi yang disebabkan oleh *Pseudomonas aeruginosa* menyumbang 16,7% dari kasus tersebut.²

Pemilihan kateter dapat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap laju pembentukan biofilm melalui modifikasi kimiawi polimer yang menjadi bahan pembuatannya. Oleh karena itu, kateter urin yang berbeda mungkin menunjukkan perbedaan dalam risiko terbentuknya biofilm oleh bakteri. Namun hal ini belum dibuktikan secara laboratoris. Penelitian ini akan melakukan perbandingan kuantifikasi biofilm *Pseudomonas aeruginosa* pada berbagai bahan kateter dengan menggunakan metode *direct dan indirect*.

METODE PENELITIAN

Desain dan Sampel Penelitian

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

jumlah koloni biofilm menggunakan *Total Plate Count* dan absorbansi *Crystal Violet*.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 15 Juli sampai 24 Juli 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 *Pseudomonas aeruginosa* yang sudah distandarisasi dengan standar McFarland 0,5 (~1,5 x 10⁸ sel/ml) ditumbuhkan pada media *Brain Heart Infusion Broth* (BHIB) + 5 % sukrosa sebanyak 4 ml dan diinkubasi dengan suhu 37 °C selama 3 hari.⁶

Perhitungan Jumlah Bakteri Yang Menempel Pada Kateter Menggunakan Total Plate Count

Kateter yang sudah disegmentasi diangkat dari kultur dan dipindahkan kedalam microtube 2 ml yang berisi 1 ml Normal Salin (NS). Setelah itu dilakukan *vortex* terus menerus selama 1 menit dengan kecepatan penuh. Kemudian, *sonikasi* dilakukan pada 10 W selama 50-60 detik. Selanjutnya di *vortex* lagi secara terus menerus selama 1 menit dengan kecepatan penuh. Setelah itu Masing-masing microtube dilakukan pengenceran 1/10x, 1/100x dan 1/1000x. Setelah itu hasil dari perlakuan tersebut dicelupkan kapas lidi dan *distreak* pada media *Nutrien Agar* (NA), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Setelah itu dilakukan perhitungan jumlah koloni sel. Koloni nantinya dijadikan dalam satuan CFU/ml menggunakan rumus berikut;

$$\text{CFU/ml} = \frac{(\text{Jumlah Koloni} - \text{Kontrol}) \times \text{Faktor Pengencer}}{\text{Volume yang ditanam}}$$

Keterangan :

Jumlah koloni yang dimasukkan rumus adalah jumlah koloni yang representative (Jumlah koloni yang representative adalah yang berjumlah antara 30-300 koloni).

Pewarnaan Biofilm dengan Crystal Violet

Pewarnaan Biofilm dilakukan sesuai dengan metode⁷ dan dengan beberapa modifikasi. Kateter yang sudah dipotong kecil - kecil (luas permukaan 1 cm²) menggunakan pisau steril kemudian masukan kemicrotube 2 ml dan dibilas dengan PBS dengan pH 7,2 selama 1 kali untuk menghilangkan planktonic. Kemudian diberikan metanol 96% selama 10 menit lalu methanol disingkirkan, di bilas kembali dengan PBS 1 kali

kemudian dibuang, lalu di tambahkan *Crystal Violet* (CV) 0,1% selama 10 menit dan di bilas dengan PBS 2 kali selanjutnya masukan asam asetat 33 % selama 10 menit untuk melakukan elusi warna *Crystal Violet* (CV) dari bakteri dan biofilm pada kateter. Kemudian dipindahkan kedalam well plate untuk dibaca menggunakan spektrofotometer pada Panjang gelombang 535 nm. Semakin tinggi hasil absorbansinya maka semakin tinggi biofilm yang terbentuk. Pembacaan spektrofotometer dilakukan pengulangan 3 kali dan diambil rata ratanya dan di konversi ke nilai BBU. Nilai BBU diperoleh dengan rumus dibawah ini;

$$\text{BBU} = \frac{\text{Abs}}{0,1}$$

Keterangan:

BBU = Biofilm Biomass Unit

Abs = Absorbansi Crystal Violet

Analisa Statistik

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

HASIL PENELITIAN

Hasil Evaluasi Morfologi *Pseudomonas aeruginosa* pada Media NA (*Nutrient Agar*)

Hasil evaluasi morfologi *Pseudomonas aeruginosa* pada Media NA (*Nutrient Agar*), terlihat pada pertumbuhan bakteri berwarna kuning, seperti terlihat pada **Gambar 1**, warna ini didapatkan dari bakteri *Pseudomonas sp* yang dapat menghasilkan satu atau lebih pigmen yang dihasilkan oleh asam amino aromatik seperti tirosin dan fenilalanin. Salah satu pigmen tersebut antara lain adalah pioverdin yaitu pigmen yang memberikan warna hijau kekuningan).⁸

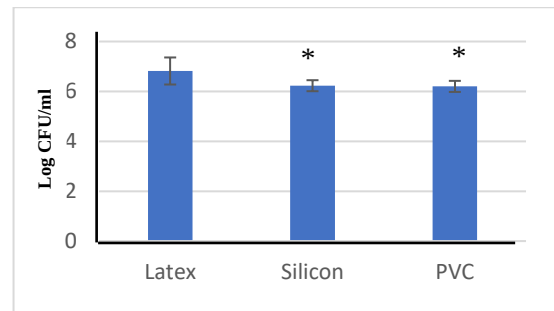


Gambar 1 Gambaran morfologis koloni bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada media *Nutrient Agar* (NA) pada pengenceran 1/10x 1/100x dan 1/1000x.

Keterangan: Bentuk morfologis bakteri gram positif *Pseudomonas aeruginosa* pada media NA memiliki zona lingkaran berwarna hijau kekuningan yang merupakan gambaran khas pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Media NA (*Nutrient 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 secara signifikan memiliki jumlah tertinggi dibandingkan dengan kateter PVC dan kateter silikon ($p < 0,05$). Sedangkan perbandingan yang didapatkan antara kateter silikon dan PVC didapatkan nilai yang tidak signifikan ($p > 0,05$).

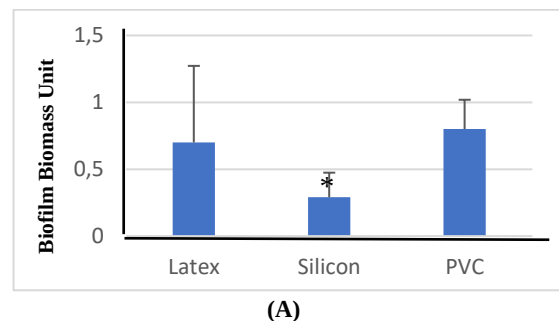


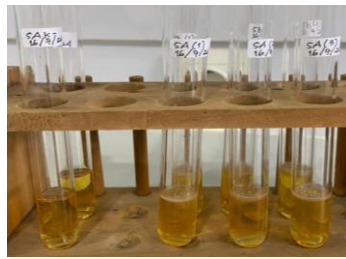
Gambar 2 Hasil Histogram Rata-Rata Jumlah Koloni yang Terbentuk pada Setiap Bahan Kateter

Keterangan: Hasil histogram rata-rata koloni yang terbentuk menunjukkan lateks 6,81 lebih tinggi dibandingkan dengan silikon 6,22 dan PVC 6,2. 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 lateks dan kateter silikon. Untuk uji oneway ANOVA dan dilanjut dengan uji Post-Hoc Test (LSD) kemudian dikonversikan ke nilai Biofilm Biomass Unit (BBU) didapatkan nilai signifikan ($p < 0,05$).





(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).

Keterangan: (A) Hasil menunjukkan pada histogram dengan nilai serapan (Absorbansi) paling rendah silikon dengan nilai 0,29, kemudian lateks 0,7 dan PVC 0,8, setelah dikurangi nilai serapan pada kontrol negatif. Notasi (*) menunjukkan adanya perbedaan signifikan dibandingkan dengan lateks dan PVC ($p < 0,05$). (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	BBU
Lateks	$1,3 \pm 1,6 \times 10^7$	$6,81 \pm 0,541$	$0,7 \pm 0,5$
Silikon	$1,6 \pm 1 \times 10^6$	$6,22 \pm 0,22^*$	$0,29 \pm 0,18^*$
PVC	$1,7 \pm 7,6 \times 10^6$	$6,20 \pm 0,22^*$	$0,8 \pm 0,2$

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* ($p < 0,05$) dan dilanjut dengan uji *Post-Hoc Test (LSD)* kemudian dikonversikan ke nilai Biofilm Biomass Unit (BBU) pada metode CV. Notasi (*) pada kolom Log CFU/ml menunjukkan adanya perbedaan signifikan dibandingkan dengan lateks ($p < 0,05$). Notasi (*) pada kolom absorbansi menunjukkan adanya perbedaan signifikan dibandingkan dengan lateks dan PVC ($p < 0,05$).

PEMBAHASAN

Pengaruh Jumlah Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang Menempel pada Bahan Kateter Menggunakan Metode *Total Plate Count (TPC)*

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pembentukan jumlah koloni biofilm viable pada masing masing bahan kateter. Jumlah koloni yang terhitung pada kateter lateks secara signifikan memiliki jumlah tertinggi dibandingkan dengan kateter silikon dan kateter PVC.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian klinis yang menyebutkan bahwa pembentukan biofilm pada kateter lateks lebih tinggi yaitu 82,85% pada 105 pasien dibandingkan dengan kateter silikon 76,4%. Pada penelitian lain ditemukan bahwa kateter lateks mempunyai kemungkinan pembentukan biofilm sebesar 11,5 kali lipat dibandingkan dengan kateter urin berbahan dasar silikon. Jumlah koloni biofilm yang terbentuk pada kateter lateks lebih tinggi daripada kateter PVC dan silikon. Hal ini didukung dengan penelitian Lee *et al*, (2017) menggunakan *scanning electron microscopy (SEM)* ketika memeriksa kuantitas pembentukan biofilm menurut bahan kateter urin, kateter urin berbasis lateks memiliki lebih banyak pembentukan biofilm 1,5 kali dibandingkan dengan kateter urin berbasis silikon.

Penelitian lain juga menyebutkan kateter lateks memiliki permukaannya yang juga kasar sehingga dapat meningkatkan pembentukan biofilm dibandingkan dengan permukaan kateter silikon yang halus.⁹ Permukaan silikon murni lebih halus

dibandingkan lateks. Hal ini disebabkan kateter lateks permukaannya kasar berpori-pori dan dibuktikan oleh gambar mikroskop elektron pemindaian.¹⁰ Permukaan yang halus tidak menyediakan tempat perlekatan bakteri yang mudah, dan jika bakteri menempel, bakteri akan mudah terlepas dan menyebar ke tempat lain.¹² Permukaan lateks berpori dan mikroorganisme menempel pada pori-pori, yang memfasilitasi pembentukan biofilm. *Pseudomonas vulgaris* membentuk biofilm pada lateks. Selain itu membentuk beragam kristaloid, seperti yang diamati di bawah SEM *scanning electron microscopy*.¹³

Pathogenesis CAUTI erat kaitannya dengan iritasi mukosa karena penggunaan kateter. Kateter urin tidak hanya meningkatkan pembentukan biofilm, tetapi keberadaan kateter sendiri mengganggu banyak mekanisme pertahanan normal kandung kemih. Kateter urin menghubungkan perineum yang steril, dan menyediakan jalur masuknya bakteri di sepanjang permukaan luar dan dalamnya. Urin sering menggenang di kandung kemih atau di dalam kateter itu sendiri, dan stasis urin mendorong perkembangbiakan bakteri. Kateter juga merusak mukosa kandung kemih dengan memicu respons inflamasi dan erosi mekanis.¹¹

Adhesi mikroba pada permukaan biotik atau abiotik merupakan tahap awal pembentukan biofilm. Sifat hidrofobik dan hidrofilik dari permukaan kateter juga memainkan peran sangat penting pada pembentukan biofilm. Mikroorganisme lebih mudah menempel pada

permukaan hidrofobik daripada permukaan hidrofilik. Sel hidrofobik menempel lebih kuat pada permukaan hidrofobik, dan sel hidrofilik menempel lebih kuat pada permukaan hidrofilik¹³. Pada kateter lateks memiliki permukaan yang hidrofobik sehingga adhesi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* lebih mudah terjadi. Mekanisme perlekatan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap non-spesifik dan tahap spesifik. Fase inisiasi pada perlekatan bakteri merupakan tahap non-spesifik. Salah satu faktor yang memengaruhi tahap nonspesifik perlekatan bakteri pada jaringan inang adalah hidrofobisitas sel bakteri tersebut. Hidrofobisitas permukaan sel dihasilkan dari struktur kimia luar yang unik pada sebagian besar permukaan sel. Struktur ini pada bakteri Gram negatif terdapat pada bagian luar yaitu pada selaput membran bakteri. Permukaan luar membran *Pseudomonas aeruginosa* dilapisi oleh lipid yang tersusun dari lipopolisakarida (LPS). Lipopolisakarida pada lapisan tersebut dapat meningkatkan afinitas dan penyerapan hidrofobik pada bakteri¹⁴.

Pengaruh Bahan Kateter pada Pembentukan Biofilm *Pseudomonas aeruginosa* Menggunakan Metode *Crystal Violet*

Metode *crystal violet* dapat mendeteksi bakteri yang hidup dan mati sedangkan pada TPC hanya mampu menilai bakteri yang masih hidup saja. Selain itu metode *crystal violet* dapat mewarnai dinding sel dari bakteri dengan jenis gram yang lain. Tujuan dari metode ini untuk menilai EPS atau produk matriks biofilm yang ditemukan bahwa jumlah absorbansi pada lateks dan PVC memiliki nilai serapan yang sama dan lebih tinggi dari silikon.

Pada lateks dan PVC memiliki nilai selisih BBU berbeda namun lebih tinggi dari silikon. Hal ini disebabkan karena kemungkinan terdapat dari angka yang tinggi pada kateter lateks dan PVC.

Hasil perhitungan menggunakan metode TPC dan *crystal violet* tidak jauh berbeda. Dengan metode TPC, lateks dan PVC sama, dan begitu pula digambarkan di CV. Rendahnya pembentukan biofilm di silikon mungkin dikarenakan pada lateks berbahan silikon biofilm sulit terbentuk. Pada metode *crystal violet* bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang merupakan bakteri gram negatif kehilangan zat pewarna *crystal violet* setelah dicuci dengan alkohol dan kemudian mengambil zat warna kedua yang berwarna hijau kekuningan. Dinding bakteri gram negatif memiliki kandungan lipid yang tinggi dibandingkan bakteri gram positif. Bakteri gram negative mempunyai tiga lapisan dinding sel.

Beberapa penelitian yang menggunakan silikon untuk pembuatan biofilm harus melakukan penambahan fibrinogen untuk memberbanyak produksi biofilm, karena bakteri dapat mengikat permukaan endotel dari fibrinogen sehingga

menstimulasi untuk adhesi lebih baik. Pada penelitian ini tidak dilakukan penambahan fibrinogen sehingga hasil pembentukan biofilm lebih rendah.¹⁶

Pada uji *crystal violet* di penelitian 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

KETERBATASAN PENELITIAN

Biofilm yang terbentuk oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* berada pada permukaan media sehingga tidak semua biofilm menempel pada kateter, hal ini mempengaruhi hasil perhitungan biofilm yang dilakukan terutama pada media CV. Dikater silikon hasil CV tidak menggambarkan konsistensi dibandingkan dengan hasil CV pada silikon sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode TPC jumlah koloni biofilm *Pseudomonas aeruginosa* paling tinggi didapatkan pada kateter berbahan lateks dibandingkan dengan silikon dan PVC.
2. Berdasarkan nilai serapan CV jumlah absorbansi biofilm tertinggi diperoleh pada kateter berbahan PVC dan lateks dibandingkan dengan silikon.

SARAN

Setelah hasil yang didapatkan oleh peneliti penulis menyarankan untuk:

1. Menggunakan metode lain untuk membandingkan biofilm pada kateter berbahan lateks, silikon dan PVC seperti penggunaan mikroskop.
2. Melakukan optimalisasi strain bakteri *Pseudomonas aeruginosa* untuk produksi biofilm pada kateter.

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 dan Nofie Irmalia S. Si. dan Dr. Yudi Purnomo, S.Si, M.Kes, Apt sebagai *peer reviewer*

DAFTAR PUSTAKA

1. Waluyo, Waluyo, Kusnanto Kusnanto, Dan Yanis Kartini. "Pencegahan Catheter Associated Urinary Tractus Infection Melalui Catheter Maintenance." *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES" (Journal Of Health Research "Forikes Voice")*. 2020. 11 (3): 291. <https://doi.org/10.33846/Sf11314>.
2. Anggi, Anggreiny, Dadik Wahyudi Wijaya, Dan Oke Rina Ramayani. "Risk Factors For Catheter-Associated Urinary Tract Infection And Uropathogen Bacterial Profile In The Intensive Care Unit In Hospitals In Medan, Indonesia. 2019." *Open Access Macedonian Journal Of Medical Sciences* 7 (20): 3488–92. <https://doi.org/10.3889/Oamjms.2019.684>.
3. Werneburg, Glenn T. "Catheter-Associated Urinary Tract Infections: Current Challenges And Future Prospects." *Research And Reports In Urology*. Dove Medical Press Ltd. 2022. <https://doi.org/10.2147/RRU.S273663>.
4. Sagar, Sadhana Singh, Rajesh Kumar, Dan Shilpa Deshpande Kaistha. "Biofilm-An Eternalchronicle Of Bacteria." *Indian Journal Of Comparative Microbiology, Immunology And Infectious Diseases*. 2016. 37 (2): 45. <https://doi.org/10.5958/0974-0147.2016.00010.6>.
5. Ramli Rachmat. "Hubungan Pemasangan Kateter Dengan Kejadian Infeksi Saluran Kemih Pada Pasien Di Ruang Rawat Inap Penyakit Dalam Rsud Nene Mallomo Kabupaten Sidenreng Rappang Tahun 2020."
6. Rulia Br Sitepu STKIP Budidaya, Dewi. "Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya Universitas Negeri Medan". 2018. 12.
7. Kusumaningrum, Ardiana, Et Al. "Deteksi Acinetobacter Baumannii Multiresisten Obat Penghasil Biofilm Menggunakan Pewarnaan Berbasis Crystal Violet. 2019. " *Indonesian Journal Of Infectious Disease*, Vol. 5, No. 2, Pp. 41-51, [Doi:10.32667/Ijid.V5i2.86](https://doi.org/10.32667/Ijid.V5i2.86).
8. 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.
9. 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.
10. Singh D, Umrao PD, Kaistha SD Multiple Antibiotic Resistance and Biofilm Formation of Catheter Associated Urinary Tract Infection Causing Microorganisms. 2018.
11. Trautner, Barbara W, And Rabih O Darouiche. "Role of Biofilm in Catheter-Associated Urinary Tract Infection." *American Journal of Infection Control* Vol. 32,3 (2004): 177-83. [Doi:10.1016/J.Ajic.2003.08.005](https://doi.org/10.1016/J.Ajic.2003.08.005)
12. Pandey, V.K.; Srivastava, K.R.; Ajmal, G.; Thakur, V.K.; Gupta, V.K.; Upadhyay, S.N.; Mishra, P.K. Differential Susceptibility of Catheter Biomaterials To Biofilm-Associated Infections And Their Remedy by Drug-Encapsulated Eudragit RL100 Nanoparticles. *Int. J. Mol. Sci*. **2019**, *20*, 5110. <https://doi.org/10.3390/Ijms20205110>
13. Lee KH, Jung Park SU, Choi S, Et Al. The Influence of Urinary Catheter Materials on Forming Biofilms of Microorganisms. *Journal of Bacteriology and Virology*. 2017;47(1):32–40.
14. Brilian, M. Eric, Regina Titi Christinawati Tandelilin, Tetiana Haniastuti, Alma Linggar Jonarta, & Heribertus Dedy Kusuma Yulianto. "Hidrofobisitas Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 Setelah Dipapar Dengan Ekstrak Lidah Buaya (Aloe Vera)." *MKGK (Majalah Kedokteran Gigi Klinik) (Clinical Dental Journal) UGM* [Online], 8.2 (2022): 73-80. Web. 1 Sep. 2024
15. Amin, S. S., Ghozali, T. Z., & Efendi, M. R. S. Identifikasi Bakteri Dari Telapak Tangan Dengan Pewarnaan Gram Identification of Bacteria From Palms With Gram Stain. *Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan*, (2023). 1(1), 30–35.
16. 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.