

PENGARUH PAPARAN SINAR INFRAMERAH TERHADAP PERTUMBUHAN KOLONI *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* DAN *ESCHERICHIA COLI* DENGAN INDIKATOR JUMLAH KOLONI

E D D Rianti^{1*}, P O A Tania², A F Listyawati³

¹Bagian Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jalan Dukuh Kupang XXV/ 54, Surabaya, Jawa Timur

²Bagian Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jalan Dukuh Kupang XXV/ 54, Surabaya, Jawa Timur

³Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jalan Dukuh Kupang XXV/ 54, Surabaya, Jawa Timur

*Email: mbak.devi@gmail.com

Abstrak

Pada analisis mikrobiologi, umumnya dilakukan penghitungan jumlah koloni untuk menentukan pencemaran sampel oleh bakteri. Pemberian paparan sinar inframerah dekat dapat menyebabkan kematian sel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek paparan sinar inframerah terhadap pertumbuhan koloni Staphylococcus aureus dan Escherichia coli dengan indikator jumlah koloni yang tumbuh. Paparan inframerah menggunakan panjang gelombang 940 nm daya 1 mW diameter 5 mm dan variasi jarak 1 cm, 2 cm, 3 cm dengan waktu paparan selama 20 menit. Pengamatan dilakukan secara makroskopik dengan menghitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh menggunakan Quebec colony counter. Sampel Staphylococcus aureus dan Escherichia coli berupa suspensi bakteri sesuai standar 0,5 McFarland. Hasil penelitian dengan uji statistik Kruskal-wallis pada koloni bakteri Staphylococcus aureus diperoleh nilai $p = 0,294$ ($P > 0,05$) tidak ada perbedaan pemberian paparan sinar inframerah terhadap jumlah koloni Staphylococcus aureus, sedangkan uji untuk Escherichia coli uji Kruskal-wallis diperoleh nilai $p = 0,000$ ($p < 0,05$) yang menunjukkan ada pengaruh paparan sinar inframerah terhadap koloni. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pemberian paparan sinar inframerah berpengaruh terhadap pertumbuhan koloni Escherichia coli dan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan koloni Staphylococcus aureus.

Kata kunci: *Escherichia coli, inframerah, Staphylococcus aureus*

1. PENDAHULUAN

Sinar inframerah adalah gelombang elektromagnetik dan berada pada frekuensi 300 GHz sampai 40.000 GHz. Sinar inframerah dihasilkan oleh proses di dalam molekul dan benda panas. Radiasi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang lebih panjang dari cahaya tampak dan lebih pendek dari radiasi gelombang mikro adalah inframerah. Benda panas yang berasal akibat aktivitas (getaran) atomik dan molekuler di dalamnya dianggap memancarkan gelombang panas maka akan membentuk sinar inframerah. Penelitian yang dilakukan Astuti, (2015), menggunakan paparan sinar inframerah untuk menghambat bakteri *Bacillus subtilis*. Penelitian menjelaskan bahwa, paparan inframerah dengan variasi jarak 1,5 cm, 2 cm, dan 3 cm dengan waktu 20 menit dapat diguna untuk kematian koloni bakteri *Bacillus subtilis*. Efek paparan inframerah paling optimal diperoleh pada jarak pemaparan 1,5cm dan durasi waktu pemaparan 15 menit, dengan energi sebesar 1,39 Joule mampu menghambat sebesar 53 %. Penelitian dengan sampel bakteri. Hasil penyinaran tersebut diamati, jenis *light emitting diode* (LED) dengan panjang gelombang 950 nm berpotensi untuk bakteri dan dipilih uji optimasi dengan jarak waktu pemaparan. Variasi jarak 1,5 cm, 2 cm, 3 cm dan variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit.

Nicorescu *et al.*, (2012), menjelaskan bahwa efek paparan cahaya pulsed light pada bakteri menyebabkan rusaknya struktur parietal bakteri, penggunaan cahaya pulsed light adalah *Light Emitting Diode* (LED). *Light Emitting Diode* (LED) adalah semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. *Light emitting diode* digunakan karena dapat memancarkan atau melepaskan energi foton. *Light-Emitting Diode infrared* adalah *dioda* (berfungsi sebagai penyearah) yang dapat memancarkan cahaya dengan

panjang gelombang lebih panjang dari cahaya yang dapat dilihat, tetapi lebih pendek dari gelombang radio (Wanitphakdeedecha,2015).

Secara alamiah, beberapa bakteri menghasilkan endogen porfirin, yaitu molekul pengasorpsi cahaya yang bersifat fotosensitizer (peka terhadap cahaya). Setiap molekul porfirin memiliki kemampuan mengabsorpsi cahaya yang bergantung pada panjang gelombang tertentu (Papageorgiou et al., 2000). Paparan yang diberikan pada bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan bakteri gram negatif (*Escherichia coli*). Bakteri *Staphylococcus aureus* adalah bakteri yang memiliki bentuk bulat berdiameter 0,7-1,2 μm , berkelompok tidak teratur seperti buah anggur, tidak membentuk spora, fakultatif anaerob, serta tidak bergerak. Suhu optimum 37 °C, bakteri ini dapat tumbuh, tetapi suhu kamar (20°C - 25 °C) akan membentuk pigmen. Warna abu-abu sampai kuning keemasan dimiliki oleh koloni dalam perbenihan padat, dengan berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau. Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri yang mampu memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan gas. Suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 37 – 42^o Koloni bakteri ini dapat bertahan dalam beberapa minggu dalam penyimpanan kultur pada suhu kamar dan dapat hidup beberapa bulan dalam tanah dan air. Beberapa keturunan akan mati dalam waktu 15 – 20 menit pada suhu 60 C.

Bakteri dapat dipengaruhi oleh radiasi melalui penyerapan energi, kerusakan sel atau terjadi mutasi. Penyerapan energi radiasi pada materi genetik melalui reaksi fotokimia. Radiasi ini dapat menyebabkan kerusakan biologi yang dapat diperbaiki jika panjang gelombang rendah (Purba, 2011). Cahyonugroho (2010) menjelaskan bahwa, bakteri *Escherichia coli* yang diberi paparan radiasi berpengaruh. Pengaruh lamanya waktu paparan terhadap reduksi jumlah *Escherichia coli* didukung dengan jarak sampel dengan paparan. Semakin lama paparan yang diberikan pada jarak terdekat dari sumber paparan, maka reduksi *Escherichia coli* akan semakin besar pula. Paparan dengan jarak terdekat dari sumber maka mempermudah paparan, serta didukung lamanya waktu paparan.

Penelitian yang akan kami lakukan terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan bakteri gram negatif (*Escherichia coli*) untuk melihat pengaruh paparan inframerah terhadap pertumbuhan koloni kedua bakteri tersebut.

2. METODOLOGI

Rancangan penelitian menggunakan *true experimental*, dan rancangan acak lengkap. Suspensi *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dipapari dengan sinar inframerah dengan panjang gelombang 940 nm daya 1 mW diameter 5 mm dengan variasi jarak pemaparan yaitu 1, 2 dan 3 cm dan waktu 20 menit. Pengamatan dilakukan secara makroskopik dengan melihat jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Lokasi Penelitian, Laboratorium Instrumentasi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya. Mendisain dan mewujudkan peralatan sinar inframerah dengan variasi jarak paparan untuk menunjang penelitian. Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Pengamatan dilakukan secara makroskopik dengan menghitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh menggunakan *Quebec colony counter*.

Sampel *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* berupa suspensi bakteri sesuai standar 0,5 McFarland. Jumlah replikasinya dihitung dengan rumus Federer: $(n - 1) (r - 1) \geq 15$, dengan n = jumlah perlakuan dan r = jumlah replikasinya. Jika $n = 4$ maka diperoleh $r = 6$, ini berarti dalam setiap perlakuan terdapat 6 kali pengulangan. Variabel Penelitian; variabel bebas dari penelitian ini adalah sinar inframerah dengan besar panjang gelombang 940 nm dengan variasi jarak pemaparan yaitu 1, 2 dan 3 cm. Variabel terikat dari penelitian ini adalah jumlah koloni *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Variabel terkontrol dari penelitian ini adalah waktu paparan selama 20 menit.

Alat dan Bahan yang digunakan untuk penelitian; seperangkat alat sinar inframerah, yang digunakan untuk memapari suspensi *Staphylococcus aureus* dan suspensi *Escherichia coli*. 48 Cawan petri yang digunakan untuk menginokulasikan bakteri kontrol dan yang telah diberi perlakuan. 48 tabung reaksi yang digunakan sebagai tempat suspensi bakteri kontrol dan yang

diberi perlakuan. Vortek digunakan untuk mencampur suspensi bakteri secara homogen. 4 buah tabung elenmeyer 500 ml, digunakan sebagai tempat larutan PZ atau suspensi yang akan diencerkan. Laminar flow with UV adalah tempat yang digunakan untuk memindahkan suspensi bakteri agar tidak mengalami pencemaran dari udara. Pengaduk kaca digunakan untuk mengaduk suspensi bakteri tetapi homogenitasnya kurang akurat. Bahan, Isolat *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* yang diperoleh dari laboratorium Mikrobiologi FK UWKS. Eosin Methylene Blue media untuk menumbuhkan *Escherichia coli*. Nutrient Agar merupakan media selektif digunakan untuk menumbuhkan *Staphylococcus aureus*. Larutan PZ atau garam fisiologis adalah larutan isotonik untuk pengencer suspensi bakteri. alkohol 70% untuk mendesinfeksi peralatan yang digunakan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode inokulasi bakteri menggunakan teknik inokulasi *streaking* (teknik goresan). Teknik *streaking* menggunakan media jenis solid (padat) dan suspensi bakteri yang digunakan diinokulasikan ke permukaan media tersebut sebanyak 1 ose kemudian digoreskan menggunakan ose steril. Setelah itu plate yang telah diinokulasikan bakteri dimasukkan ke inkubator untuk proses inkubasi selama 24 jam. Setelah 24 jam masa inkubasi kemudian dilakukan proses penghitungan jumlah koloni dengan cara menghitung koloni yang terpisah (*isolated colony*) menggunakan *quebec colony counter*.

Tabel 1. Jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* akibat diberi paparan sinar inframerah dengan variasi jarak paparan

o.	N	Jumlah koloni (CFU)			
		K ₀	K ₁ (1 cm)	K ₂ (2 cm)	K ₃ (3 cm)
1	244	157	280	363	
2	280	109	251	268	
3	323	298	248	254	
4	311	168	276	225	
5	383	326	246	232	
6	239	197	300	339	

Tabel 2. Jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* akibat diberi paparan sinar inframerah dengan variasi jarak paparan

No.	Jumlah koloni (CFU)			
	K ₀	K ₁ (1cm)	K ₂ (2 cm)	K ₃ (3 cm)
1.	320	151	186	223
2.	284	120	205	265
3.	296	94	146	228
4.	246	145	167	241
5.	313	139	156	255
6.	211	102	154	242

Tiap kelompok perlakuan diberikan paparan infra merah dengan jarak yang berbeda-beda. Kelompok K1, K2 dan K3 menunjukkan jarak infra merah masing-masing sebesar 1, 2, dan 3 cm. Paparan inframerah ini diamati pengaruhnya terhadap jumlah koloni bakteri yaitu *Staphylococcus aureus* yang mewakili bakteri gram negatif, dan bakteri *Escherichia coli* yang mewakili golongan bakteri gram negatif. Inframerah memiliki energi panas yang dapat dipergunakan dalam pemanasan superfisial. Pemberian panas yang berasal dari lampu inframerah akan masuk ke dalam tubuh dengan nilai berbeda-beda, karena merupakan panas superfisial sehingga mekanisme sinar inframerah dipengaruhi konversi panjang gelombang. Konversi energi adalah energi listrik dapat berubah menjadi energi panas (kalor), sehingga perlunya memperhatikan keseimbangan antara energi listrik dan kalor. Perubahan energi listrik menjadi kalor dilengkapi dengan elemen pemanas, kemudian dialiri arus listrik (elektron) yang mengalir melalui elemen pemanas, sehingga dapat mengubah energi listrik menjadi kalor. Kalor merupakan kemampuan yang terjadi akibat adanya perubahan suhu (Kunlestiowati,2018).

Perubahan suhu yang terjadi pada paparan inframerah pada pertumbuhan bakteri menunjukkan adanya pengaruh. Ditunjukkan dari hasil penelitian dengan paparan sinar inframerah dengan panjang gelombang 940 nm, menghasilkan adanya pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri. Hasil data dari pemberian paparan inframerah berdasarkan jarak menunjukkan bahwa kontrol (K1) dengan perlakuan 1(P1) dan P2 (tabel 1 dan 2) jarak 1 cm, 2 cm sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri. Sinar infra merah pada jarak 1 cm, 2 cm menunjukkan bahwa paparan yang dihasilkan sangat peka sehingga mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Hasil pada K1 dengan P3 menunjukkan bahwa sinar inframerah dengan jarak 3 cm, bakteri tidak memperoleh panas dari inframerah secara maksimal.

Berdasarkan Hamanaka (2005) bahwa sinar infra merah yang memiliki panjang gelombang 700 nm - 10^6 nm memiliki karakteristik mudah diserap oleh bahan organik. Material organik dalam bakteri akan cepat menyerap cahaya inframerah saat terjadi proses penyinaran, sehingga kenaikan temperatur dalam bakteri akan terjadi semakin cepat pula. Panas yang dihasilkan dari sinar inframerah dengan panjang gelombang 940 nm dalam penelitian ini dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Hal tersebut dapat terjadi karena bakteri menghasilkan endogen porfirin, yaitu molekul pengasorpsi cahaya bersifat peka terhadap cahaya (fotosensitizer). Menurut Papageorgiou *et al.*, (2000) menjelaskan bahwa setiap molekul porfirin memiliki kemampuan mengabsorpsi cahaya yang bergantung pada panjang gelombang tertentu dan cahaya yang memiliki kombinasi spektrum yang menghasilkan fotosensitizer berbeda.

3.1. Koloni bakteri *Staphylococcus aureus*

Data menunjukkan distribusi yang normal perlu diuji dengan Kolmogorov-Smirnov dengan ketentuan memperoleh nilai signifikansi harus di atas 0,05 ($p > 0,05$). Hasil uji sudah menunjukkan signifikansi $p=0,200$, berarti data sudah berdistribusi normal. Uji homogenitas dapat dilihat dari Levene Test of Homogeneity of Variances, yang memiliki ketentuan variasi data bersifat homogen jika signifikansi harus di atas 0,05 ($p > 0,05$). Hasil uji sudah menunjukkan signifikansi $p=0,042$ ($p < 0,05$), berarti data tidak homogen maka uji beda disarankan menggunakan uji non parametrik dengan uji Kruskal-wallis

3.2. Koloni Bakteri *Escherichia coli*

Distribusi daya yang normal diuji dengan Kolmogorov-Smirnov nilai signifikansi *p-value* di atas 0,05 ($p > 0,05$). Pada uji Kolmogorov-Smirnov untuk koloni *Escherichia coli* didapatkan nilai $p=0,200$, berarti data sudah berdistribusi normal. Uji homogenitas dapat dilihat dari Levene Test of Homogeneity of Variances, yang menunjukkan variasi data bersifat homogen jika signifikansi di

A.1

atas 0,05 ($p > 0,05$). Hasil uji sudah menunjukkan signifikansi $p=0,007$ ($p < 0,05$), berarti data tidak homogen maka uji beda disarankan menggunakan uji non parametrik dengan uji Kruskal-wallis. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov dan Levene *test* pada koloni *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji statistik normalitas dengan Kolmogorov-Smirnov

Uji	Koloni	Signifikansi
Kolmogorov-Smirnov	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,200
	<i>Escherichia coli</i>	0,200
Levene Test of Homogeneity of Variances	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,042
	<i>Escherichia coli</i>	0,007

Data pada jumlah koloni baik *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menunjukkan distribusi data yang normal, namun variasi data tidak homogen, oleh penggunaan uji ANOVA tidak memenuhi syarat. Data diuji secara non parametrik dengan uji Kruskal-Wallis. Berikut hasil uji Kruskal-Wallis pada masing-masing koloni bakteri.

Tabel 4. Uji non parametrik Kruskal-Wallis

Uji	Koloni	Signifikansi
Kruskall-Wallis	<i>Escherichia coli</i>	0,000
	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,294

Uji non parametrik dengan Kruskal-Wallis baik pada *Escherichia coli* menunjukkan nilai $p < 0,005$ yang berarti paparan sinar inframerah berpengaruh terhadap jumlah koloni. Sedangkan paparan inframerah untuk *Staphylococcus aureus* menunjukkan nilai $p=0,294$, yang berarti pemberian inframerah berbagai jarak tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan koloni *Staphylococcus aureus*. Untuk melihat perbedaan jumlah koloni *Escherichia coli* di tiap kelompok perlakuan jarak 1 cm, 2 cm, dan 3 cm serta kontrol dapat dilihat melalui uji beda dan Mann-Whitney.

Tabel 5. Uji Beda Mann-Whitney

Uji Mann-Whitney	Koloni	Signifikansi
Kontrol	P1	0,004*
	P2	0,004*
	P3	0,200
P1	P2	0,006*
	P3	0,004*
P2	P3	0,004*

Superscript* menunjukkan beda signifikan

- Antara K dengan P1, diperoleh signifikansi lebih kecil dari 0,05, ($P < 0,05$) maka ada perbedaan
- Antara K dengan P2, diperoleh signifikansi lebih kecil dari 0,05, ($P < 0,05$) maka ada perbedaan
- Antara K dengan P3, diperoleh signifikansi lebih besar dari 0,05, ($P > 0,05$) maka tidak ada perbedaan
- Antara P1 dengan P2, diperoleh signifikansi lebih kecil dari 0,05, ($P < 0,05$) maka ada perbedaan
- Antara P1 dengan P3, diperoleh signifikansi lebih kecil dari 0,05, ($P < 0,05$) maka ada perbedaan
- Antara P2 dengan P3, diperoleh signifikansi lebih kecil dari 0,05, ($P < 0,05$) maka ada perbedaan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pada koloni bakteri *Staphylococcus aureus* tidak berpengaruh terhadap pemberian paparan sinar inframerah dengan waktu 20 menit. *Staphylococcus aureus*, pengaruh paparan sinar inframerah tidak menunjukkan hasil yang signifikan dikarenakan bakteri ini memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal dalam struktur dinding selnya dan lebih tahan terhadap gangguan fisik apapun sehingga pertumbuhan selnya tidak mudah dihambat. Sedangkan *Escherichia coli* memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis dalam susunan struktur dinding selnya dan bersifat rentan terhadap gangguan secara fisik sehingga pertumbuhan selnya mudah dihambat atau terhenti.

3.3. Paparan Inframerah terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus adalah bakteri Gram positif yang memiliki kemampuan untuk tumbuh pada suhu optimum 37°C sehingga paparan sinar infra merah yang diberikan pada bakteri golongan ini dapat mengakibatkan terjadinya gangguan pertumbuhan. Sinar inframerah dapat menghasilkan panas tinggi yang mampu menembus permukaan dinding sel bakteri kemudian merusak atau menghancurkan lapisan peptidoglikan yang melapisi dinding sel. Namun pada bakteri golongan *Staphylococcus* memiliki lapisan pelindung dinding sel yang tebal sehingga panas yang dihasilkan sinar inframerah memerlukan waktu untuk dapat menghancurkan lapisan tersebut dan merusak keseluruhan struktur dinding sel. Hal ini terbukti dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pertumbuhan *Staphylococcus aureus* terganggu namun tidak dapat menghentikan keseluruhan proses pertumbuhannya. Koloni *Staphylococcus aureus* yang tumbuh masih banyak namun dengan ukuran koloni yang lebih kecil dari ukuran sebenarnya. Hasil ini menunjukkan bahwa paparan sinar inframerah tidak terlalu berpengaruh terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

3.4. Paparan Inframerah terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri yang tergolong kedalam kelompok Enterobacter dan mampu tumbuh pada suhu optimum 37°C . Bakteri ini termasuk jenis bakteri Gram negatif yang memiliki lapisan pelindung dinding sel lebih tipis daripada bakteri Gram positif. Lapisan pelindung dinding sel ini adalah lapisan peptidoglikan yang mudah hancur apabila terkena suhu tinggi. Pemberian paparan sinar inframerah yang menghasilkan suhu diatas suhu umumnya mengakibatkan terjadinya gangguan pertumbuhan pada *Escherichia coli* sehingga koloni yang tumbuh tidak maksimal. Sinar inframerah merusak dinding sel dan lapisan peptidoglikan yang melindunginya sehingga mampu menghancurkan keseluruhan struktur sel didalamnya. Koloni *Escherichia coli* yang tumbuh memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan koloni umumnya dan jumlah koloni yang tumbuh juga menunjukkan terjadinya penurunan yang signifikan dibandingkan dengan koloni bakteri Gram positif. Hal ini menunjukkan bahwa paparan sinar inframerah lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* dibandingkan dengan bakteri golongan Gram positif.

Hasil data penelitian paparan infra merah pada bakteri *Escherichia coli* menunjukkan bahwa, hasil data dengan uji Kruskal-wallis diperoleh hasil nilai; K dengan P1, diperoleh signifikansi ($P < 0,05$) maka ada perbedaan, K dengan P2 signifikansi ($P < 0,05$) ada perbedaan, dan K dengan P3 signifikansi ($P > 0,05$) tidak ada perbedaan. Hasil antar kelompok diperoleh; P1 dengan P2 signifikansi ($P < 0,05$) ada perbedaan, P1 dengan P3 signifikansi ($P < 0,05$) ada perbedaan, dan P2

dengan P3 signifikansi ($P < 0,05$) ada perbedaan. Hasil penelitian menunjukkan pada kelompok K terhadap P3 jarak 3 cm memiliki nilai tidak ada perbedaan, karena paparan inframerah dengan panjang gelombang 940 nm yang menghasilkan panas dari radiasi elektromagnetik tidak memperoleh radiasi panas secara maksimal.

4. KESIMPULAN

Paparan sinar inframerah terbukti berpengaruh hanya pada pertumbuhan koloni bakteri *Escherichia coli* dengan nilai p sebesar 0,000, sedangkan inframerah tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus* dengan nilai p sebesar 0,294 ($p > 0,05$). Penurunan jumlah koloni terlihat pada semakin dekatnya jarak paparan inframerah yaitu 1 cm.

Daftar Pustaka

- Astuti, S.D., Basalamah, R., Yasin, M., (2015), Potensi Pemaparan Light Emitting Diode (LED) Inframerah Untuk Fotoinaktivasi Bakteri *Bacillus subtilis*, *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 17. pp.10-18
- Cahyonugroho, O.H., (2010), Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet Dan Pengadukan Terhadap Reduksi Jumlah Bakteri *E. coli*, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2 No. 1. pp. 18-23.
- Hamanaka, D., (2005), Effect of The Wavelength of Infrared Heaters on The Inactivation of Bacterial Spores At Various Water Activities, *International Journal of Food Microbiology: Elsevier*
- Kunlestiowati, H., (2018), Analisis Penyimpangan Konversi Energi Listrik Menjadi Kalor Pada Perangkat Eksperimen Hukum Joule. *JRKPF UAD*, 5 (1). pp 34-39.
- Nicoresu, I., Nguyen B., Moreau-Ferret, M., et al. (2012), Pulsed Light Inactivation of *Bacillus Subtilis* Vegetative Cells In Suspensions and Spices, *Food Control Journal: Elsevier*
- Papageorgiou, P., Katsambas, A., Chu, A., (2000), Phototherapy with Blue (415nm) and Red (660nm) Light in The Treatment of Acne Vulgaris, *British Journal of Dermatology*, 142(5). pp. 973-8
- Purba, R., (2011), Perubahan Morfologi Sel dan Kemampuan Fermentasi *Saccharomyces* sp. Isolat Daging Buah Durian (*Durio zibethinus* Murr.) yang Diradiasi dengan Sinar Ultraviolet.
- Wanitphakdeedecha, R., Sathaworawon, A., and Munuskiatti, W., (2015), The efficacy of cry Olipolysis Treatment on Arms and Innerthighs Laser in medical Science, *Journal of dermatological Treadmen*. 30. pp. 2165-2169.



A.1