

UJI AKTIVITAS EKSTRAK KURMA AJWA, *POVIDONE IODINE* 10%, DAN *BIOPLACENTON* PADA LUKA BAKAR MENCIT

Shafira Nur Afifa Putri A.R.¹, *Fendy Dwimartyono², Andi Millaty Halifah Dirgahayu Lantara³, Erlin Syahril⁴, Nur Fadhillah Khalid⁵

¹Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Muslim Indonesia

²Departemen Anestesiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia

³Departemen Fisiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia

⁴Departemen Radiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia

⁵Departemen Farmakologi, Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia

ABSTRAK

Luka bakar merupakan kerusakan jaringan yang disebabkan oleh kontak dengan sumber panas dan memerlukan penanganan medis yang tepat. *Povidone iodine* 10% sering digunakan, namun dapat menyebabkan iritasi dan memperlambat penyembuhan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas ekstrak Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*), *Povidone iodine* 10%, dan *Bioplacenton* dalam penyembuhan luka bakar pada mencit (*Mus musculus*). Metode penelitian menggunakan desain *post-test controlled group* dengan empat kelompok perlakuan: kontrol (NaCl 0,9%), ekstrak Kurma Ajwa, *Povidone iodine* 10%, dan *Bioplacenton*. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 24 ekor mencit pada masing-masing 4 kelompok, sehingga mendapatkan 6 ekor mencit tiap kelompok. Uji statistik yang digunakan merupakan Uji Normalitas dan Uji *Saphiro-Wilk* Parameter yang diamati meliputi lama penyembuhan, infeksi, dan reaksi alergi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* mempercepat penyembuhan luka dengan rata-rata 11,5 hari, lebih cepat dibandingkan *Povidone iodine* 10% (12 hari) dan kontrol (13,6 hari). Semua kelompok menunjukkan skor total penyembuhan yang sama (8), tanpa infeksi atau reaksi alergi. Uji statistik *Kruskal-Wallis* menunjukkan perbedaan signifikan pada durasi penyembuhan ($p = 0,003$). Kesimpulannya, ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* efektif dalam mempercepat penyembuhan luka bakar dan dapat menjadi alternatif pengobatan yang aman dan efektif.

Kata kunci: *Bioplacenton*, Kurma Ajwa, Luka Bakar, *Povidone Iodine*, Penyembuhan Luka

ABSTRACT

Burns are tissue damage caused by contact with heat sources and require proper medical treatment. *Povidone iodine* 10% is often used, however, it can cause irritation and slow healing. This study aimed to evaluate the effectiveness of Ajwa Date Extract (*Phoenix dactylifera*), *Povidone iodine* 10%, and *Bioplacenton* in healing burns in mice (*Mus musculus*). The research method used a *post-test controlled group* design with four treatment groups: control (NaCl 0.9%), Ajwa Date Extract, *Povidone iodine* 10%, and *Bioplacenton*. The number of samples used was 24 mice in each of 4 groups, so that 6 mice were obtained in each group. The statistical tests used were the Normality Test and the *Saphiro-Wilk* Test. The parameters observed included the duration of healing, infection, and allergic reactions. The results showed that Ajwa Date and *Bioplacenton* extracts accelerated wound healing by an average of 11.5 days, faster than *Povidone iodine* 10% (12 days) and control (13.6 days). All groups showed the same total healing score (8), with no infections or allergic reactions. The *Kruskal-Wallis* statistical test showed a significant difference in the duration of healing ($p = 0.003$). In conclusion, Ajwa Date Extract and *Bioplacenton* are effective in accelerating the healing of burns and can be a safe and effective treatment alternative.

Keywords: *Bioplacenton*, Ajwa Date, Burn Wounds, *Povidone Iodine*, Wound Healing

(*)Korespondensi: fendy.dwimartyono@umi.ac.id

Pendahuluan

Luka bakar merupakan salah satu bentuk kerusakan jaringan yang diakibatkan oleh kontak dengan sumber panas, dan memiliki dampak klinis yang signifikan.^{1,2} Luka bakar dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk api, bahan kimia, listrik, dan radiasi. Penanganan luka bakar memerlukan perhatian medis yang tepat untuk mencegah komplikasi lebih lanjut, di mana langkah awal umumnya melibatkan pembersihan luka dan pencegahan infeksi.³ Antiseptik seperti *povidone iodine* 10% sering digunakan dalam praktik klinis untuk tujuan ini. Meskipun efektif dalam desinfeksi, penggunaan *povidone iodine* 10% juga dapat menyebabkan iritasi dan memperlambat pembentukan fibroblas yang diperlukan untuk penyembuhan optimal.^{4,5}

Mekanisme kerja fitokimia dari Kurma Ajwa dalam proses penyembuhan luka bakar sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut. Beberapa senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak Kurma Ajwa, seperti flavonoid, dapat berperan dalam beberapa tahapan penyembuhan luka. Flavonoid, misalnya, diketahui memiliki peran penting dalam angiogenesis, yaitu proses pembentukan pembuluh darah baru yang diperlukan untuk mempercepat pemulihan jaringan yang rusak akibat luka bakar. Selain itu, senyawa fenolik yang terdapat dalam Kurma Ajwa juga memiliki efek anti-inflamasi yang dapat mengurangi peradangan pada area luka, sehingga mendukung penyembuhan yang lebih cepat. Efek antibakteri dari ekstrak Kurma Ajwa juga berpotensi untuk mencegah infeksi pada luka bakar, yang sering menjadi salah satu komplikasi yang memperlambat proses penyembuhan. Dalam konteks ini, ekstrak kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*) muncul sebagai salah satu alternatif yang menjanjikan. Kurma

Ajwa dikenal memiliki sifat antibakteri, antifungal, anti-inflamasi, dan antioksidan yang dapat mempercepat proses penyembuhan luka.^{6,7} Selain itu, kurma Ajwa kaya akan senyawa fenolik yang berpotensi memberikan manfaat tambahan dalam penyembuhan luka. Penggunaan bahan alami dalam pengobatan luka bakar semakin diminati, terutama di kalangan masyarakat yang mencari pengobatan dengan efek samping yang minimal.⁸ Namun, meskipun ada potensi besar dari ekstrak kurma Ajwa, penelitian yang mengkaji efektivitasnya dalam penyembuhan luka bakar masih terbatas, sehingga menjadi penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas berbagai ekstrak herbal dalam penyembuhan luka bakar. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa ekstrak alami mengandung *flavonoid*, fenolik, dan senyawa lain yang bertanggung jawab atas aktivitas farmakologinya, termasuk sifat antibakteri dan anti-inflamasi yang krusial dalam menangani luka bakar. Namun, meskipun ada kemajuan dalam penelitian ini, masih terdapat gap dalam pemahaman tentang kombinasi antara pengobatan herbal dan kimia, khususnya dalam konteks penggunaan ekstrak kurma Ajwa bersamaan dengan *povidone iodine* 10% dan *bioplacenton*. Namun, meskipun ada beberapa penelitian mengenai pengobatan luka bakar dengan ekstrak herbal, terdapat gap dalam penelitian yang mengkaji efektivitas dari kombinasi antara ekstrak Kurma Ajwa, *povidone iodine* 10%, dan gel *bioplacenton* secara langsung. Belum ada penelitian yang membandingkan ketiganya dalam satu studi yang terintegrasi, khususnya dalam konteks penyembuhan luka bakar pada mencit. Selain itu, data kuantitatif mengenai interaksi antara ketiga bahan ini dalam

penyembuhan luka bakar masih terbatas, yang menjadikan pentingnya penelitian lebih lanjut untuk mengisi kekosongan pengetahuan ini. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah yang lebih mendalam mengenai potensi sinergi antara pengobatan herbal dan kimia dalam mempercepat proses penyembuhan luka bakar.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk mengeksplorasi efektivitas antara ekstrak kurma Ajwa, *povidone iodine* 10%, dan *bioplacenton* pada luka bakar yang dialami oleh mencit (*Mus musculus*). Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah terdapat pengaruh pemberian ekstrak kurma Ajwa, *povidone iodine* 10%, dan

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium,^{10,11} Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penyembuhan luka bakar derajat II secara makroskopis pada mencit jantan (*Mus musculus*) dengan pemberian ekstrak Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*), *Povidone iodine* 10%, dan *gel Bioplacenton*. Penelitian ini menggunakan *desain post-test controlled group design* yang dilakukan di Laboratorium UP3M dan Laboratorium Farmasi Universitas Muslim Indonesia pada Maret 2025 hingga selesai. Variabel bebas meliputi jenis perlakuan (ekstrak kurma, *Povidone iodine*, *Bioplacenton*), sedangkan variabel terikat adalah proses penyembuhan luka yang dinilai dari durasi penyembuhan, infeksi lokal, dan reaksi alergi. Masing-masing variabel diukur dengan lembar observasi menggunakan skala numerik. Populasi mencakup mencit jantan sehat usia 3–4 bulan dengan berat 20–30 gram. Sampel dihitung dengan rumus *Federer*, menghasilkan minimal 6 ekor per kelompok dari total 4 kelompok perlakuan, ditambah 10% untuk

gel bioplacenton terhadap penyembuhan luka bakar mencit. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data yang signifikan mengenai efektivitas masing-masing pengobatan serta potensi sinergi antara obat herbal dan kimia dalam meningkatkan hasil penyembuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki efektivitas ekstrak kurma Ajwa, *povidone iodine* 10%, dan *bioplacenton* dalam penyembuhan luka bakar. Manfaat penelitian ini tidak hanya akan memberikan informasi berharga bagi masyarakat dan praktisi kesehatan tentang alternatif pengobatan luka bakar yang lebih alami dan minim risiko efek samping, tetapi juga dapat meningkatkan kualitas hidup pasien.

mengantisipasi *drop out*. Kelompok terdiri atas: kontrol (NaCl 0,9%), ekstrak Kurma Ajwa, *Povidone iodine* 10%, dan *gel Bioplacenton*.

Prosedur penelitian mencakup beberapa tahapan. Ekstrak Kurma Ajwa dibuat dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 70% dengan perbandingan 1:5 (bahan: pelarut). Selama proses maserasi, bahan akan direndam dalam etanol selama 72 jam, dengan pengadukan setiap 12 jam. Setelah disaring, filtrat akan diuapkan hingga mendapatkan konsentrasi ekstrak yang diinginkan. Dosis ekstrak Kurma Ajwa yang digunakan adalah 200 mg/kg berat badan mencit, yang diberikan secara topikal pada luka bakar setiap hari selama 6 hari berturut-turut.

Luka bakar induksi dibuat menggunakan plat besi panas dengan suhu 80°C yang ditempelkan pada punggung mencit selama 10 detik, menghasilkan luka bakar derajat II. Perlakuan diberikan segera setelah induksi luka, dan setiap kelompok akan menerima perlakuan topikal sesuai dengan kelompoknya masing-masing, yaitu NaCl 0,9% untuk kelompok

kontrol, ekstrak Kurma Ajwa, Povidone iodine 10%, dan gel Bioplacenton. Evaluasi dilakukan setiap hari berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan: waktu penyembuhan luka, keberadaan infeksi, dan reaksi alergi lokal.

Penilaian luka bakar secara makroskopis menggunakan skala numerik yang telah divalidasi dari penelitian sebelumnya dengan skor total maksimum 8. Skor diberikan berdasarkan parameter seperti ukuran luka (maksimal 3 poin), tanda infeksi (maksimal 3 poin), dan kondisi jaringan (maksimal 2 poin). Setiap parameter diberikan skor berdasarkan observasi visual luka, dengan detail skoring diatur sebagai berikut:

Ukuran luka:

- 0 poin: Luka tertutup sepenuhnya.
- 1 poin: Luka dengan area kecil yang belum sembuh.
- 2 poin: Luka dengan area yang cukup besar, sebagian sembuh.
- 3 poin: Luka terbuka luas, belum sembuh.

Tanda infeksi:

- 0 poin: Tidak ada tanda infeksi.
- 1 poin: Kemungkinan infeksi (kemerahan ringan).
- 2 poin: Infeksi sedang (pembengkakan dan nanah ringan).
- 3 poin: Infeksi berat (nanah banyak dan pembengkakan jelas).

Hasil Penelitian

Mekanisme Kerja Ekstrak Kurma Ajwa, Bioplacenton, dan Povidone Iodine

Ekstrak Kurma Ajwa diketahui memiliki berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, fenolik, dan saponin yang memberikan efek terapeutik dalam penyembuhan luka bakar. Senyawa flavonoid dalam Kurma Ajwa berperan

Kondisi jaringan:

- 0 poin: Jaringan kembali normal.
- 1 poin: Jaringan sedikit rusak, terlihat perdarahan ringan.
- 2 poin: Jaringan rusak berat, pembengkakan terlihat.

Penanganan terhadap nyeri pasca-induksi luka bakar pada mencit dilakukan dengan pendekatan etis, dimana mencit diberikan analgesik sesuai dengan rekomendasi pedoman etika hewan coba. Obat penghilang rasa sakit yang digunakan adalah analgesik non-opioid seperti meloxicam dengan dosis 1 mg/kg berat badan, yang diberikan secara subkutan setelah induksi luka bakar untuk mencegah nyeri akut.

Penelitian ini mengacu pada prinsip etika "3R" (*Replacement, Reduction, Refinement*) dan telah mendapatkan rekomendasi etik dari Komite Etik Penelitian Universitas Muslim Indonesia dengan nomor 174/A.1/KEP-UMI/III/2025 tanggal 21 Maret 2025. Data dianalisis dengan uji homogenitas. Jika data berdistribusi normal dan homogen, analisis dilakukan menggunakan One Way Anova; jika tidak, digunakan uji non-parametrik *Kruskal-Wallis*. Hasil uji $p < 0,05$ menunjukkan perbedaan signifikan antar kelompok, sedangkan $p > 0,05$ menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan.¹²⁻¹⁴

dalam mengurangi peradangan dan mempercepat proses angiogenesis, yaitu pembentukan pembuluh darah baru yang diperlukan untuk pemulihan jaringan luka. Flavonoid juga memiliki sifat antioksidan yang membantu melawan radikal bebas, yang dapat merusak jaringan dan memperlambat proses penyembuhan. Selain itu, ekstrak Kurma

Ajwa memiliki sifat antibakteri dan anti-inflamasi yang dapat mengurangi risiko infeksi pada luka bakar, yang sangat penting dalam proses penyembuhan.

Di sisi lain, Bioplacenton merupakan gel topikal yang mengandung ekstrak plasenta yang dikenal dapat merangsang regenerasi sel-sel kulit dan mempercepat penyembuhan luka. Bioplacenton memiliki mekanisme kerja yang berfokus pada peningkatan proliferasi fibroblas dan kolagen, serta mempercepat proses epitelisasi pada luka bakar. Berbeda dengan ekstrak Kurma Ajwa, Bioplacenton lebih menekankan pada proses regenerasi dan pembentukan jaringan baru yang lebih cepat.

Povidone iodine 10% bekerja dengan cara mengeluarkan efek antiseptik yang sangat kuat. Sebagai agen desinfektan, Povidone iodine menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab infeksi pada luka bakar, namun tidak secara langsung mempercepat regenerasi jaringan. Penggunaannya berfokus pada pencegahan infeksi, yang dapat mengganggu proses penyembuhan luka. Meskipun efektif dalam desinfeksi, penggunaan Povidone iodine dapat menyebabkan iritasi dan menghambat pembentukan fibroblas yang penting untuk penyembuhan optimal, yang membatasi kemampuannya dalam mempercepat penyembuhan jaringan.

Perbedaan Mekanisme dan Efektivitas Pengobatan

1. Ekstrak Kurma Ajwa dan Bioplacenton lebih menekankan pada proses regenerasi jaringan dengan mekanisme anti-inflamasi dan stimulasi pembentukan pembuluh darah serta fibroblas. Hal ini dapat mempercepat proses penyembuhan luka bakar secara makroskopis.

2. Povidone iodine, meskipun efektif dalam mencegah infeksi, tidak memiliki mekanisme yang secara langsung mempercepat penyembuhan jaringan dan dapat berpotensi menyebabkan efek samping berupa iritasi.

Kriteria Penyembuhan, Skoring, dan Klasifikasi

Kriteria Penyembuhan (Hari):

Penyembuhan luka bakar dievaluasi berdasarkan durasi waktu yang diperlukan untuk luka mulai menutup dan sembuh. Kriteria ini dihitung dalam hari, di mana semakin cepat luka sembuh, semakin efektif perlakuan tersebut. Penyembuhan dihitung mulai dari waktu induksi luka bakar hingga penutupan luka atau perbaikan yang signifikan.

Klasifikasi Penyembuhan (Skor 1, 2, 3):

Skor untuk penyembuhan diberikan berdasarkan kondisi luka, diukur dengan pengamatan visual setiap harinya.

1. Skor 1: Luka tidak mengalami perbaikan atau pembentukan jaringan baru, luka tetap terbuka dan tidak ada tanda penyembuhan yang jelas.
2. Skor 2: Luka menunjukkan perbaikan, dengan penutupan sebagian luka dan pembentukan jaringan baru.
3. Skor 3: Luka sembuh sepenuhnya, dengan penutupan luka yang optimal dan tidak ada tanda infeksi atau peradangan.

Klasifikasi Infeksi (Skor 1, 2, 3):

Skor untuk infeksi diberikan berdasarkan tanda-tanda infeksi yang terdeteksi pada luka bakar.

1. Skor 1: Tidak ada tanda infeksi.

2. Skor 2: Tanda infeksi ringan seperti kemerahan atau pembengkakan lokal.
3. Skor 3: Infeksi berat dengan nanah atau pembengkakan yang jelas.

Klasifikasi Alergi (Skor 1, 2, 3):

Skor untuk alergi diberikan berdasarkan reaksi alergi yang teramati pada hewan percobaan setelah perlakuan.

1. Skor 1: Tidak ada tanda alergi.
2. Skor 2: Tanda alergi ringan seperti kemerahan atau gatal.
3. Skor 3: Reaksi alergi parah dengan pembengkakan atau luka yang memburuk.

Penjelasan Terkait Hasil Skor Penyembuhan yang Sama

Meskipun hasil observasi menunjukkan bahwa skor penyembuhan, infeksi, dan alergi adalah sama pada semua kelompok (8), perbedaan durasi penyembuhan antara kelompok perlakuan memang terlihat, dengan

kelompok kontrol membutuhkan waktu lebih lama (13,6 hari) dibandingkan dengan kelompok ekstrak Kurma Ajwa, Bioplacenton, dan Povidone iodine.

Perbedaan durasi penyembuhan yang hanya 0,5 hari antara kelompok perlakuan dan kontrol, meskipun terbilang kecil, menunjukkan potensi pengaruh perlakuan terhadap penyembuhan luka. Walaupun hasil statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan, perbedaan kecil ini bisa jadi tidak cukup besar untuk memberikan kesimpulan definitif bahwa ekstrak Kurma Ajwa atau Bioplacenton jauh lebih efektif dibandingkan Povidone iodine. Perbedaan ini juga bisa dipengaruhi oleh variasi biologis antar individu dalam setiap kelompok. Oleh karena itu, penulis sebaiknya menambahkan analisis statistik lebih lanjut, seperti uji post-hoc atau uji distribusi yang lebih mendalam, untuk membandingkan lebih objektif efektivitas masing-masing perlakuan.

Hasil Observasi Penyembuhan Luka Bakar

Tabel 1. Hasil Penyembuhan Luka Bakar Berdasarkan Hari dan Skor

Kelompok	Penyembuhan (Hari)	Penyembuhan (Skor)	Infeksi (Skor)	Alergi (Skor)	Total	Penyembuhan (Hari) SD	Penyembuhan (Skor) SD	Infeksi (Skor) SD	Alergi (Skor) SD	Total SD
Kontrol (NaCl 0,9%)	13.6	2	3	3	8	0.5	0.1	0.1	0.1	0.2
Perlakuan I (Ekstrak Kurma Ajwa)	11.5	2	3	3	8	0.6	0.1	0.1	0.1	0.2
Perlakuan II (Povidone iodine 10%)	12.0	2	3	3	8	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2
Perlakuan III (Bioplacenton)	11.5	2	3	3	8	0.5	0.1	0.1	0.1	0.2

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan hasil observasi penyembuhan luka bakar berdasarkan durasi penyembuhan, skor penyembuhan, infeksi, alergi, dan total skor pada empat kelompok perlakuan: Kontrol (NaCl 0,9%), Ekstrak Kurma Ajwa, Povidone iodine 10%, dan Bioplacenton. Semua kelompok menunjukkan total skor penyembuhan

yang sama, yaitu 8, dengan skor untuk penyembuhan, infeksi, dan alergi masing-masing 2, 3, dan 3. Kelompok kontrol (NaCl 0,9%) membutuhkan waktu penyembuhan rata-rata 13,6 hari dengan deviasi standar 0,5 hari, sedangkan kelompok perlakuan dengan ekstrak Kurma Ajwa dan Bioplacenton menunjukkan waktu penyembuhan yang lebih cepat, yaitu 11,5 hari (SD 0,6 dan

0,5 hari). Kelompok *Povidone iodine* 10% menunjukkan waktu penyembuhan 12,0 hari (SD 0,4 hari). Semua kelompok menunjukkan nilai standar deviasi yang kecil untuk masing-masing parameter, yang menunjukkan konsistensi hasil antara sampel dalam setiap kelompok.

Dengan demikian, meskipun ada perbedaan dalam durasi penyembuhan antar kelompok, skor total menunjukkan hasil yang serupa di semua kelompok, menunjukkan bahwa ketiga perlakuan dapat memberikan hasil penyembuhan luka bakar yang serupa dengan kontrol.

Hasil Uji Kruskal-Wallis

Tabel 2. Hasil Uji Kruskal-Wallis

Parameter	Kelompok Perlakuan	Statistics Test	
		Kruskal-Wallis	Sig.
Lama Penyembuhan (Hari)	Kelompok Kontrol (NaCl 0,9%)	14,056	0,003
	Kelompok Perlakuan I (Ekstrak Kurma Ajwa)		
	Kelompok Perlakuan II (<i>Povidone iodine</i> 10%)		
	Kelompok Perlakuan III (<i>Bioplacenton</i>)		
Lama Penyembuhan (Skor)	Kelompok Kontrol (NaCl 0,9%)	0,000	1,000
	Kelompok Perlakuan I (Ekstrak Kurma Ajwa)		
	Kelompok Perlakuan II (<i>Povidone iodine</i> 10%)		
	Kelompok Perlakuan III (<i>Bioplacenton</i>)		
Infeksi Lokal (Skor)	Kelompok Kontrol (NaCl 0,9%)	0,000	1,000
	Kelompok Perlakuan I (Ekstrak Kurma Ajwa)		
	Kelompok Perlakuan II (<i>Povidone iodine</i> 10%)		
	Kelompok Perlakuan III (<i>Bioplacenton</i>)		
Alergi (Skor)	Kelompok Kontrol (NaCl 0,9%)	0,000	1,000
	Kelompok Perlakuan I (Ekstrak Kurma Ajwa)		
	Kelompok Perlakuan II (<i>Povidone iodine</i> 10%)		
	Kelompok Perlakuan III (<i>Bioplacenton</i>)		

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan bahwa hanya parameter lama penyembuhan luka berdasarkan hari yang memiliki perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan, dengan nilai

signifikansi (Sig.) sebesar 0,003 (< 0,05) dan nilai statistik 14,056. Hal ini mengindikasikan bahwa jenis perlakuan yang diberikan, seperti ekstrak Kurma Ajwa, *Povidone iodine* 10%, dan gel *Bioplacenton*, mempengaruhi durasi

penyembuhan luka bakar secara bermakna. Sementara itu, parameter lainnya lama penyembuhan berdasarkan skor, infeksi lokal, dan reaksi alergi memiliki nilai signifikansi 1,000, yang menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok pada

Efektivitas Kurma Ajwa, Povidone iodine 10%, dan Bioplacenton terhadap Waktu Penyembuhan Luka Bakar

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ekstrak Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*), *Povidone iodine* 10%, dan *Bioplacenton* dalam penyembuhan luka bakar pada mencit jantan (*Mus musculus*). Berdasarkan hasil observasi, ditemukan bahwa seluruh kelompok perlakuan menghasilkan skor total penyembuhan yang sama, yaitu 8, meskipun terdapat variasi dalam durasi penyembuhan. Kelompok perlakuan I (ekstrak Kurma Ajwa) dan III (*Bioplacenton*) menunjukkan waktu penyembuhan tercepat, rata-rata 11,5 hari, dibandingkan dengan kelompok perlakuan II (*Povidone iodine* 10%) yang memerlukan waktu 12 hari, dan kelompok kontrol (NaCl 0,9%) yang memerlukan waktu 13,6 hari. Meskipun skor total penyembuhan tidak menunjukkan perbedaan signifikan, hasil ini menunjukkan adanya kecenderungan bahwa ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* berpotensi untuk mempercepat proses penyembuhan luka bakar dibandingkan dengan *Povidone iodine* dan kelompok kontrol. Namun, penting untuk dicatat bahwa kesimpulan mengenai efektivitas ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini hanya melihat aktivitas penyembuhan berdasarkan satu konsentrasi dari masing-masing sediaan, tanpa melakukan perbandingan antara konsentrasi yang berbeda. Dalam kajian lebih lanjut, penting untuk menguji

aspek-aspek tersebut. Dengan demikian, meskipun semua perlakuan menunjukkan hasil skor penyembuhan yang serupa, efektivitasnya dalam mempercepat durasi penyembuhan luka menunjukkan variasi yang nyata.

berbagai konsentrasi ekstrak Kurma Ajwa, *Povidone iodine*, dan *Bioplacenton* untuk melihat dosis optimum yang dapat memberikan hasil terbaik dalam mempercepat penyembuhan luka.

Penelitian yang mengkaji ekstrak tanaman lain, seperti daun Senduduk, yang menunjukkan kemampuan mempercepat regenerasi jaringan dan menghambat infeksi, memang memberikan dukungan bagi temuan ini,¹⁵ namun perlu dicatat bahwa tanaman yang digunakan dalam penelitian ini berbeda, yaitu Kurma Ajwa, yang memiliki kandungan fitokimia unik. Ekstrak Kurma Ajwa diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif, termasuk *flavonoid*, *fenolik*, dan *saponin*, yang diketahui memiliki sifat anti-inflamasi, antioksidan, serta antibakteri. *Flavonoid* dalam Kurma Ajwa berperan dalam merangsang angiogenesis (pembentukan pembuluh darah baru) yang penting dalam proses penyembuhan luka. Selain itu, *saponin* juga dapat berfungsi untuk mengurangi peradangan dan mempercepat pembentukan fibroblas, sel yang terlibat dalam pembentukan jaringan baru. Di sisi lain, *Bioplacenton*, yang mengandung ekstrak plasenta, diketahui mampu merangsang *proliferasi fibroblas* dan pembentukan kolagen yang penting dalam penyembuhan luka. Berbeda dengan *Povidone iodine* yang lebih berfokus pada pencegahan infeksi, *Bioplacenton* dan Kurma Ajwa lebih berfokus pada regenerasi jaringan dan pemulihan struktural kulit yang lebih cepat.¹⁶

Dengan demikian, meskipun ada kecenderungan bahwa ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* mempercepat penyembuhan luka bakar, penelitian ini perlu diperluas dengan pengujian konsentrasi yang berbeda serta analisis lebih dalam mengenai mekanisme fitokimia dari masing-masing perlakuan untuk memastikan efektivitas dan potensi terbaik dalam pengobatan luka bakar.

Aktivitas Antimikroba Kurma Ajwa, Povidone iodine 10%, dan Bioplacenton dalam Mencegah Infeksi Luka Bakar

Penelitian mengenai efektivitas ekstrak Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*), *Povidone iodine* 10%, dan *Bioplacenton* terhadap penyembuhan luka bakar pada mencit (*Mus musculus*) menunjukkan hasil yang signifikan, khususnya dalam aspek durasi penyembuhan luka. Meskipun semua kelompok perlakuan menunjukkan skor total penyembuhan luka bakar yang sama, yakni 8, perbedaan mencolok ditemukan pada kecepatan proses penyembuhan. Kelompok yang menerima perlakuan ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* menunjukkan durasi penyembuhan tercepat dengan rata-rata 11,5 hari, dibandingkan kelompok *Povidone iodine* 10% yang memerlukan waktu 12 hari, serta kelompok kontrol (NaCl 0,9%) dengan rata-rata 13,6 hari. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan agen berbasis tanaman seperti ekstrak Kurma Ajwa memiliki potensi klinis yang sebanding, bahkan lebih unggul, dibandingkan metode konvensional dalam mempercepat penyembuhan luka.^{17,18} Uji *Kruskal-Wallis* digunakan untuk analisis lebih lanjut. Uji ini menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik ($p < 0,05$) pada parameter durasi penyembuhan, yang memperkuat temuan bahwa intervensi yang diberikan

memiliki dampak signifikan terhadap kecepatan pemulihan luka.¹⁹

Di samping itu, efektivitas masing-masing perlakuan juga dapat dipahami dari perspektif aktivitas antimikrobanya. *Povidone iodine* 10% dikenal luas di dunia medis karena kemampuannya menghancurkan membran sel mikroba melalui interaksi dengan lipid, menjadikannya pilihan yang baik untuk mencegah infeksi luka.^{17,19} Namun, hasil observasi menunjukkan tidak adanya infeksi pada seluruh kelompok, termasuk yang diberi ekstrak Kurma Ajwa, menandakan bahwa agen alami ini juga memiliki efek protektif yang cukup kuat. Kurma Ajwa terbukti mengandung senyawa aktif seperti *flavonoid*, *polifenol*, dan saponin yang memiliki aktivitas antimikroba dan anti-inflamasi, serta mendukung regenerasi jaringan secara keseluruhan.^{18,20} Bahkan, penelitian terbaru menunjukkan bahwa saponin dari Kurma Ajwa dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel perak, yang sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan meningkatkan potensi antibakteri dari formulasi pengobatan.²¹ Oleh karena itu, meskipun skor penyembuhan antar kelompok tidak berbeda secara signifikan, perbedaan dalam kecepatan penyembuhan dan mekanisme aksi bioaktif membuat ekstrak Kurma Ajwa layak dipertimbangkan sebagai alternatif pengobatan luka bakar yang menjanjikan.²²

Evaluasi Reaksi Alergi Kurma Ajwa, Povidone iodine 10%, dan Bioplacenton pada Luka Bakar

Penelitian mengenai efektivitas ekstrak Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*), *Povidone iodine* 10%, dan *Bioplacenton* dalam mempercepat penyembuhan luka bakar pada mencit (*Mus musculus*) mengungkapkan hasil yang bermakna, terutama dari segi durasi

penyembuhan. Meskipun seluruh kelompok perlakuan menunjukkan skor total penyembuhan yang identik, yakni 8, terdapat perbedaan yang signifikan dalam rata-rata hari penyembuhan. Kelompok yang menerima perlakuan dengan ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* menunjukkan penyembuhan tercepat dengan rata-rata 11,5 hari, diikuti oleh kelompok *Povidone iodine* 10% selama 12 hari, dan kelompok kontrol (NaCl 0,9%) dengan rata-rata penyembuhan paling lama, yaitu 13,6 hari. Hasil ini memperkuat bukti bahwa ekstrak Kurma Ajwa memiliki potensi sebagai agen penyembuh luka yang efektif, sejalan dengan temuan yang menyatakan bahwa kandungan antioksidan dan anti-inflamasi dalam Kurma Ajwa dapat mempercepat proses regenerasi jaringan.⁶ Digunakan uji non-parametrik *Kruskal-Wallis*, hasil uji ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam parameter lama penyembuhan luka berdasarkan hari ($p = 0,003$), mendukung temuan bahwa perlakuan aktif memang berdampak nyata terhadap kecepatan penyembuhan.^{4,5} Kandungan *flavonoid* dalam Kurma Ajwa diduga menjadi faktor penting karena dapat mendukung pembentukan fibroblas dan mengurangi inflamasi secara efektif.⁶

Selain kecepatan penyembuhan, aspek keamanan juga menjadi perhatian penting dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil observasi, tidak ditemukan reaksi alergi pada semua kelompok perlakuan, termasuk yang menerima ekstrak Kurma Ajwa, yang menunjukkan bahwa agen alami ini relatif aman digunakan untuk perawatan luka bakar. Hal ini mendukung literatur sebelumnya yang menyebutkan bahwa Kurma Ajwa memiliki efek imunomodulator yang tidak menyebabkan reaksi negatif saat diaplikasikan secara topikal.⁶ Di sisi lain,

meskipun *Povidone iodine* dikenal efektif sebagai antiseptik karena kemampuannya dalam membunuh mikroorganisme, penggunaannya dalam jangka panjang dapat menyebabkan iritasi atau perlambatan penyembuhan akibat efek toksisitas terhadap sel sehat.⁵ *Bioplacenton* juga terbukti efektif berkat kandungan neomisin dan ekstrak plasenta yang berperan dalam merangsang regenerasi jaringan. Uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan tidak adanya perbedaan skor infeksi antar kelompok, namun durasi penyembuhan yang lebih singkat pada kelompok perlakuan menandakan adanya mekanisme bioaktif yang berperan, seperti peningkatan angiogenesis dan aktivasi sel penyembuhan.⁸

Efektivitas Ekstrak Kurma Ajwa, *Povidone iodine* 10%, dan *Bioplacenton* Berdasarkan Skor Total Nagaoka

Dalam upaya mengevaluasi efektivitas ekstrak Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*), *Povidone iodine* 10%, dan *Bioplacenton* dalam penyembuhan luka bakar pada mencit (*Mus musculus*), penelitian ini menghasilkan temuan yang signifikan, khususnya pada durasi penyembuhan luka. Semua kelompok perlakuan menunjukkan total skor penyembuhan luka yang sama, yaitu 8, yang mencerminkan tidak adanya infeksi dan reaksi alergi yang terdeteksi, memberikan indikasi awal bahwa semua terapi yang digunakan memiliki tingkat keamanan yang baik. Namun, perbedaan muncul pada lama penyembuhan, di mana kelompok yang menerima ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* menunjukkan rata-rata penyembuhan tercepat, yakni 11,5 hari. Ini lebih baik dibandingkan dengan kelompok *Povidone iodine* 10% yang mencatat 12 hari dan kelompok kontrol NaCl 0,9% yang paling lambat, dengan rata-rata

penyembuhan 13,6 hari. Hasil ini memperkuat laporan sebelumnya bahwa pengobatan berbasis tanaman, seperti ekstrak kurma, dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mempercepat proses regenerasi jaringan dan mengurangi risiko inflamasi pada luka.²³ Penggunaan metode analisis non-parametrik seperti uji *Kruskal-Wallis* digunakan, hal ini sejalan dengan pendekatan statistik yang sesuai dalam penelitian biomedis, di mana pemilihan metode analisis bergantung pada distribusi dan homogenitas data.²⁴

Berdasarkan hasil Uji *Kruskal-Wallis* mengungkapkan bahwa hanya parameter lama penyembuhan berdasarkan hari yang menunjukkan perbedaan signifikan antar kelompok perlakuan ($p = 0,003$). Temuan ini menegaskan bahwa jenis perlakuan topikal yang digunakan berpengaruh langsung terhadap percepatan penyembuhan luka, meskipun skor akhir penyembuhan luka tidak berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa komponen bioaktif dalam ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* seperti *flavonoid*, *polifenol*, atau ekstrak plasenta mungkin bekerja lebih efisien dalam mendukung regenerasi jaringan dan mengontrol inflamasi dibandingkan *Povidone iodine*, yang lebih berfokus pada aspek antiseptik.²³ Penelitian sebelumnya yang menggunakan gel herbal berbasis daun sirih dan kemangi juga mendukung efektivitas sediaan topikal berbahan alami dalam mempercepat penyembuhan luka.²⁵

Implikasi Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera*) dan *Bioplacenton* memiliki efektivitas yang signifikan dalam mempercepat penyembuhan luka bakar, dengan durasi penyembuhan yang lebih singkat dibandingkan dengan *Povidone iodine* 10% dan kontrol. Implikasi dari

temuan ini adalah bahwa pengobatan berbasis bahan alami seperti Kurma Ajwa dapat menjadi alternatif yang aman, efektif, dan berpotensi menggantikan atau dikombinasikan dengan terapi konvensional dalam penanganan luka bakar. Penelitian ini juga memberikan dasar bagi pengembangan produk farmasi herbal yang dapat digunakan dalam praktik klinis, terutama dalam konteks meningkatnya permintaan akan pengobatan yang minim efek samping dan lebih ramah terhadap regenerasi jaringan.

Keterbatasan Penelitian

Meskipun penelitian ini memberikan hasil yang menjanjikan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Penelitian ini dilakukan hanya pada hewan uji mencit (*Mus musculus*), sehingga hasilnya belum tentu sepenuhnya dapat digeneralisasi pada manusia. Selain itu, parameter yang diamati terbatas pada aspek makroskopis seperti durasi penyembuhan, infeksi lokal, dan reaksi alergi, tanpa melakukan analisis histopatologis atau molekuler yang dapat memberikan gambaran lebih dalam mengenai proses biologis yang terlibat. Penelitian ini juga tidak mengevaluasi efek jangka panjang dari penggunaan ekstrak Kurma Ajwa, serta tidak mempertimbangkan variasi dosis dan metode aplikasi lain yang mungkin lebih optimal.

Simpulan dan Saran

Penelitian ini menyimpulkan bahwa ekstrak Kurma Ajwa dan *Bioplacenton* menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dalam mempercepat penyembuhan luka bakar dibandingkan dengan *Povidone iodine* 10% dan NaCl 0,9%, tanpa menimbulkan infeksi maupun reaksi alergi. Hasil ini mendukung potensi penggunaan ekstrak

alami sebagai terapi alternatif atau pendamping dalam manajemen luka bakar. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan kajian lanjutan yang melibatkan analisis mikroskopis jaringan, pengujian pada model hewan yang lebih kompleks, serta uji klinis pada manusia untuk memastikan keamanan dan efektivitas penggunaan ekstrak Kurma Ajwa secara luas.

Daftar Pustaka

1. Almira V, Reeny Purnamasari, Solecha Setiawati, Lisa Yuniati, Andi Irwansyah Achmad. Karakteristik Pasien Luka Bakar Rawat Inap. *Fakumi Med J J Mhs Kedokt.* 2024;4(6):422–8.
2. Saputra D. Tinjauan Komprehensif tentang Luka Bakar dan Penanganannya. *J Sci Univ Andalas Padang* [Internet]. 2023;2(5):207–18. Available from: <http://journal.scientic.id/index.php/sciena/issue/view/12>
3. Bahlia MR, Rizaldy MB. Luka Bakar. *Vitalitas Medis J Kesehat dan Kedokt.* 2025;2(1):61–71.
4. Hardiani CC, Dewajanti AM, Kurniawan H, Sumbayak EM. Pengaruh Daun Binahong (*Anredera Cordifolia* (Ten.) Steenis) pada Proses Penyembuhan Luka. *J Kedokt Meditek* [Internet]. 2023 Jan 14;29(1):1–10. Available from: <https://ejournal.ukrida.ac.id/index.php/Meditek/article/view/2433>
5. Wissen S, Sumaji B, Lesmana D. Perbedaan Waktu Penutupan Luka Insisi yang Diaplikasikan Solutio Povidone Iodine 10% dengan Unguentum Kloramfenikol 2% pada Mencit Swiss Webster. *J Med Heal* [Internet]. 2020 Aug 31;2(6):138–44. Available from: <https://journal.maranatha.edu/index.php/jmh/article/view/2036>
6. Amiruddin M, Rusyd I. Efektivitas Ekstrak Daging dan Biji Buah Kurma Ajwa (*Phoenix dactylifera* L.) terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme dalam Rongga Mulut. *e-GiGi* [Internet]. 2024 Jun 18;13(1):132–7. Available from: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/egigi/article/view/55963>
7. Hafilda F, Da'i M. Uji Sitotoksik Ekstrak Etanol dan Fraksi Biji Kurma Ajwa (*Phoenix Dactylifera* L.) Terhadap Sel Kanker Payudara MCF-7. *Usadha J Pharm* [Internet]. 2022 Feb 2;26–36. Available from: <https://jsr.ums.ac.id/ujp/article/view/3>
8. Putra IMAS, Erliana NKE. Pengaruh Ekstrak Etanol Daun Pangi (*Pangium edule*) terhadap Penyembuhan Luka Bakar pada Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Galur Wistar. *J Ilm Medicam* [Internet]. 2022 Sep 30;8(2):127–33. Available from: <https://ejournal.unmas.ac.id/index.php/Medicamento/article/view/5167>
9. Agnesia Y, Sari SW, Nu'man H, Ramadhani DW, Nopianto. Buku Ajar Metode Penelitian Kesehatan. Pekalongan: Penerbit NEM; 2023.
10. Liberty IA. Metode Penelitian Kesehatan. Pekalongan: Penerbit NEM; 2024. 27–35 p.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh tenaga pendidik, dosen dan khususnya pembimbing penelitian, serta penulis berterimakasih atas segala dedikasi yang diberikan oleh pihak kampus di Fakultas Kedokteran, Universitas Muslim Indonesia.

11. Ghozali I. Konsep, Teknik, dan Aplikasi Menggunakan Program SmartPLS 3.0. 2021.
12. Hardani, Andriani H, Utami EF, Fardani RA, Sukmana DJ, Auliya NH, et al. Buku Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif. Cetakan 1. Abadi H, editor. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta; 2020. 245 p.
13. Rukajat A. Pendekatan Penelitian Kuantitatif. Yogyakarta: Budi Utama; 2018.
14. Sri Hainil, Delladari Mayefis, Alvin Kurniawan. Formulation and Stability Test of Cream Ethanol Extract Senduduk Leaves (*Melastoma malabatricum* L.) On Burn Healing of Male White Mice. *Int J Res Pharm Sci* [Internet]. 2020 Dec 21;11(4):7973–9. Available from: <https://pharmascope.org/ijrps/article/view/4712>
15. Alkausar T, Denni D, Kamelia M, Jaya Kesuma A. Formulation and Effectivity of Noni Fruit (*Morinda citrifolia*) and Aloe vera Extract Gel (GEMOCA) for Burn Wounds in White Mouse (*Mus musculus*). Saregar A, Umam R, Rahmat A, editors. *E3S Web Conf* [Internet]. 2024 Jan 29;482:01006. Available from: <https://www.e3s-conferences.org/10.1051/e3sconf/202448201006>
16. Hu L, Ye X, Zeng X, Duan X, Xiu Q, Ding Z, et al. The Effect of Oral Mucosal Disinfection with Povidone-Iodine in Oral and Maxillofacial Surgery. *J Craniofac Surg* [Internet]. 2024 Nov;35(8):e730–3. Available from: <https://journals.lww.com/10.1097/SCS.00000000000010499>
17. Anwar S, Raut R, Alsahli MA, Almatroudi A, Alfheaid H, Alzahrani FM, et al. Role of Ajwa Date Fruit Pulp and Seed in the Management of Diseases through In Vitro and In Silico Analysis. *Biology (Basel)* [Internet]. 2022 Jan 5;11(1):78. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-7737/11/1/78>
18. Gupta S, Shinde RK, Shinde S. Comparison of the Outcomes of Cadexomer Iodine and Povidone-Iodine Ointments in Wound Management. *Cureus* [Internet]. 2022 May 2;14(5):e24667. Available from: <https://www.cureus.com/articles/95924-comparison-of-the-outcomes-of-cadexomer-iodine-and-povidone-iodine-ointments-in-wound-management>
19. Rahma M, Mappaware NA, Diana A. Case Report: The Effect of Ajwa Dates on Calcium Levels in Perimenopausal Women. *J La Medihealtico* [Internet]. 2024 Jun 6;5(2):418–23. Available from: <https://newinera.com/index.php/JournalLaMedihealtico/article/view/1265>
20. Adnan M, Siddiqui AJ, Ashraf SA, Ashraf MS, Alomrani SO, Alreshidi M, et al. Saponin-Derived Silver Nanoparticles from Phoenix dactylifera (Ajwa Dates) Exhibit Broad-Spectrum Bioactivities Combating Bacterial Infections. *Antibiotics* [Internet]. 2023 Sep 7;12(9):1415. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/12/9/1415>
21. Shi H, Tsai KH -Y., Ma D, Wang X, Desai R, Parungao RJ, et al. Controlled Dual Release of Dihydrotestosterone and Flutamide From Polycaprolactone Electrospun Scaffolds Accelerate Burn Wound Healing. *FASEB J* [Internet]. 2022 May

- 8;36(5):e22310. Available from:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1096/fj.202101803R>
22. Buana Januarti I, Kiki Waluyo Wahyu Ningsih, Aries Badrus Sholeh. Uji Aktivitas Sediaan Gel Ekstrak Daun Sirih (*Piper Betle L.*) Terhadap Penyembuhan Luka Sayat Pada Kelinci (*Oryctolagus Cuniculus*). *Med Sains J Ilm Kefarmasian* [Internet]. 2023 Feb 16;8(1):229–40. Available from: <https://ojs.ummada.ac.id/index.php/iojs/article/view/574>
23. Sianturi R. Uji Homogenitas Sebagai Syarat Pengujian Analisis. *J Pendidikan, Sains Sos dan Agama* [Internet]. 2022 Jul 30;8(1):386–97. Available from: <https://jurnal.radenwijaya.ac.id/index.php/PSSA/article/view/507>
24. Walukow A, Pareta DN, Tumbel SL, Tombuku JL, Sambou CN. Uji Efektitivitas Sediaan Gel Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum basilicum L*) Terhadap Penyembuhan Luka Sayatan Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). *J Pharm Sci* [Internet]. 2023 Jul 12;6(3):958–64. Available from: <https://journal-jps.com/new/index.php/jps/article/view/173>