



Optimasi Formulasi Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O Dengan Variasi Carbopol 940 Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *Bacillus subtilis*

Optimization of ZnO-Ag₂O Nanoparticle Emulgel Formulation with Carbopol 940 Variation as an Antibacterial Agent Against Bacillus subtilis

Rose Intan Perma Sari^{1*}, Muhammad Arifin¹, Evi Maryanti², Charles Banon²

¹Prodi D3 Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

²Prodi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

*email korespondensi: roseintan@unib.ac.id

ABSTRAK

Nanopartikel ZnO-Ag₂O memiliki efektivitas antimikroba dan antioksidan yang tinggi. Nanopartikel ZnO-Ag₂O memiliki masalah pada penyerapan zat dalam tubuh dan potensi toksisitas bila diberikan secara oral. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas emulgel nanopartikel ZnO-Ag₂O dengan variasi konsentrasi carbopol 940 sebagai *gelling agent*. Nanopartikel ZnO-Ag₂O diformulasi menjadi emulgel dengan variasi carbopol 940 pada konsentrasi 0,5%, 1% dan 1,5%. Evaluasi yang dilakukan pada sediaan emulgel adalah evaluasi sifat fisik yang terdiri dari evaluasi organoleptik, homogenitas, daya sebar, pH, viskositas, dan uji stabilitas *real time* selama 4 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emulgel yang diuji memenuhi uji sifat fisik. Stabilitas fisik sediaan emulgel dengan masing-masing konsentrasi pada evaluasi pH 4,2-6,3; daya sebar 4,27-7 cm dan viskositas 3.247-47.466 cps, setiap pengujian dilakukan tiga kali replikasi. Hasil uji statistik sig. (p-value) < 0,05, yang berarti bahwa terdapat perbedaan bermakna dalam pengamatan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah konsentrasi carbopol terbaik sebagai *gelling agent* emulgel adalah F2 (1%) sebagai formulasi yang paling stabil berdasarkan sifat fisik emulgel. Emulgel memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *bacillus subtilis*, konsentrasi penghambatan emulgel terhadap *bacillus subtilis* adalah 3,5± 0,35 kategori sedang.

Kata kunci: Carbopol 940; Emulgel; Nanopartikel; Stabilitas; ZnO-Ag₂O

ABSTRACT

ZnO-Ag₂O nanoparticles exhibit high antimicrobial and antioxidant activity. However, they face challenges regarding absorption within the body and potential toxicity when administered orally. This study aimed to determine the stability of ZnO-Ag₂O nanoparticle emulgels using varying concentrations of Carbopol 940 as the gelling agent. ZnO-Ag₂O nanoparticles were formulated into emulgels with Carbopol 940 concentrations of 0.5%, 1%, and 1.5%. Evaluations focused on physical properties—specifically organoleptic characteristics, homogeneity, spread ability, pH, and viscosity—alongside a real-time stability test conducted over four weeks. The results indicated that the tested emulgels met the physical property standards. Physical stability evaluations yielded pH values of 4.2–6.3, spread ability of 4.27–7 cm, and viscosity of 3,247–47,466 cps; all tests were performed in triplicate. Statistical analysis showed a significance value (p-value) of < 0.05, indicating significant differences among the observations. The study concluded that the optimal Carbopol 940 concentration for the emulgel gelling agent was 1% (Formula F2), which demonstrated the greatest stability based on physical properties. The emulgel exhibited antibacterial activity against *Bacillus subtilis*, with an inhibitory concentration of 3.5 ± 0.35, falling into the moderate category.

Keywords: Carbopol 940; Emulgel; Nanoparticles; Stability; ZnO-Ag₂O

PENDAHULUAN

Bacillus subtilis adalah bakteri batang Gram-positif yang banyak ditemukan di tanah dan bahan tanaman yang membusuk, dan sangat penting dalam penguraian produk limbah. Patogen pembentuk spora ini merupakan aerob fakultatif dan memiliki suhu pertumbuhan optimal berkisar antara 25°C hingga 35°C. Bakteri ini dianggap tidak patogen bagi manusia; namun, dapat menyebabkan infeksi nosokomial sekunder pada pasien dengan gangguan imun yang dapat berakibat fatal. Selain infeksi pada luka kulit dan luka bakar, *B. subtilis* juga menyebabkan infeksi pada saluran pernapasan dan saluran kemih (Saleh, Kheirandish, Azizi, & Azizi, 2014).

ZnO (seng oksida) dan Ag₂O (perak dioksida) nanopartikel telah banyak diteliti karena aktivitas antimikroba, antiinflamasi, dan perlindungan terhadap sinar UV (Radulescu et al., 2023). Kombinasi kedua bahan ini berpotensi menghasilkan sediaan topikal multifungsi untuk aplikasi seperti penyembuhan luka, pengobatan infeksi kulit, atau *sunscreen* (Masho, Arasu, Bogale, & Gendo, 2024). Nanopartikel ZnO-Ag₂O memiliki masalah pada penyerapan zat dalam tubuh dan potensi toksisitas bila diberikan secara oral. Nanopartikel ZnO-Ag₂O memiliki kelarutan yang rendah sehingga tidak benar-benar larut dalam air maupun minyak, tetapi terdispersi sebagai suspensi koloid. Karakteristik ini memengaruhi pemilihan sistem penghantaran, di mana nanopartikel umumnya lebih mudah terdispersi pada fase air sehingga lebih sesuai diformulasikan dalam emulsi minyak dalam air (O/W). Pada aplikasi topikal, penetrasi ZnO-Ag₂O melalui kulit normal relatif terbatas karena terhalang oleh stratum corneum, sehingga absorpsi sistemik dan risiko toksisitas lebih rendah dibandingkan pemberian oral. Namun, penggunaan surfaktan atau modifikasi permukaan nanopartikel tetap diperlukan untuk meningkatkan stabilitas dispersi dan efektivitas formulasi (McClements, 2017). Nanopartikel ZnO-Ag₂O dengan konsentrasi 0,4% dapat memberikan keseimbangan antara efektivitas, stabilitas formulasi, dan keamanan sediaan topikal. Konsentrasi ini diharapkan mampu menghasilkan aktivitas biologis yang optimal dengan risiko iritasi, sitotoksitas, dan agregasi partikel yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi yang lebih tinggi. Selain itu, konsentrasi 0,4% masih berada dalam rentang konsentrasi nanopartikel logam oksida (0,1–1,0%) yang telah dilaporkan efektif untuk aplikasi topikal tanpa mengganggu stabilitas fisik sediaan (Espitia et al., 2012).

Emulgel adalah sediaan yang terdiri dari emulsi dan gel. Jenis emulsi yang digunakan dapat berupa minyak dalam air (O/W) atau air dalam minyak (W/O), yang akhirnya dicampur dengan agen pembentuk gel untuk memformulasi emulgel (Yati, Nugrahaeni, Melinda, & Wati, 2024). Jenis formulasi baru ini telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir untuk pengantaran obat topikal dan telah terbukti sesuai untuk membawa obat hidrofobik. Selain itu,

diharapkan bahwa emulgel akan menjadi solusi utama untuk memuat agen obat hidrofobik dalam formulasi gel (Ermawati, Yugatama, & Wulandari, 2020). Oleh karena itu, emulgel memiliki karakteristik gel dan emulsi; dengan demikian, ia beroperasi sebagai sistem pelepasan obat dengan kontrol ganda (Fakir et al., 2024). Karena manfaat ini, banyak produsen farmasi telah mulai memproduksi emulgel secara komersial. Formulasi ini semakin populer dalam pengembangan sediaan dermatologis karena kemampuannya meningkatkan penetrasi zat aktif melalui kulit serta memberikan efek *sustained release* (Bhaumik et al., 2024). Emulgel untuk penggunaan dermatologis memiliki beberapa sifat yang menguntungkan seperti bersifat tixotropik, tidak berminyak, mudah dioleskan, mudah dihilangkan, bersifat emolien, tidak meninggalkan noda, larut dalam air, memiliki masa simpan lebih lama, ramah lingkungan, memiliki tampilan transparan dan menyenangkan (Bhaumik et al., 2024). Salah satu tantangan utama dalam formulasi emulgel adalah memastikan stabilitas fisik dan kimiawi, terutama ketika menginkorporasi bahan aktif nanopartikel seperti ZnO dan Ag₂O.

Pemilihan bahan pengental (*gelling agent*) menjadi faktor kritis dalam formulasi emulgel (Garg et al. 2015). Carbopol 940, polimer sintetis dari asam akrilik, sering digunakan karena kemampuan membentuk gel jernih, stabilitas pH tinggi, dan sifat *mucoadhesive* yang baik (Handayani, Mita, & Ibrahim, 2015). Rentang konsentrasi 0,5–1,5% banyak digunakan dalam penelitian formulasi topikal untuk memperoleh konsentrasi optimum yang menghasilkan sifat fisik dan stabilitas sediaan terbaik tanpa mengurangi kenyamanan penggunaan (Rowe et al., 2009). Konsentrasi carbopol 940 memengaruhi viskositas, tekstur, dan pelepasan zat aktif (Sabalingam & Siriwardhene, 2022). Variasi konsentrasi polimer ini perlu dioptimasi untuk menyeimbangkan antara stabilitas emulgel, kemudahan aplikasi, dan *drug release profile* (Ermawati et al., 2020). Carbopol 940, polimer akrilat, umum digunakan sebagai *gelling agent* karena sifat tiksotropik dan kompatibilitas dengan bahan lain (Anggraeni, Al-Hakim, & Maharani 2025). Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui stabilitas emulgel nanopartikel ZnO-Ag₂O dengan variasi konsentrasi carbopol 940 sebagai *gelling agent* dan menguji efektivitas antibakteri terhadap bakteri *bacillus subtilis*.

METODE

Alat

Alat yang digunakan yaitu, timbangan analitik (Ohaus®), viscometer *Brookfield* (NDJ-8S®), pH meter (Ohaus ST 3100®), kaca arloji, jangka sorong (tricle brand).

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu, nanopartikel ZnO-Ag₂O, aquadest (CV Rudang Jaya®), minyak zaitun (*olive oil*), tween 80 (Pallav®), PEG 400 (Sigma®), carbopol 940 (Sanare Lab®), gliserin (Wilmar®), propylene glikol (Merck®), dan trietanolamin (TEA) (Millipore®).

Formulasi Emulgel nanopartikel ZnO-Ag₂O

Tabel.1 Formula Emulgen Nanopartikel ZnO-Ag₂O

Bahan	Formula (%)			Fungsi
	F1	F2	F3	
Formula Emulsi				
Nanopartikel ZnO-Ag ₂ O	0,4	0,4	0,4	Zat Aktif
Minyak Zaitun	10	10	10	Fasa Minyak
Twee 80	80	80	80	Surfactan
PEG 400	10	10	10	Co-surfactan
Formulasi Gel				
Carbopol 940	0,5	1	1,5	Gelling Agent
Propilenglikol	5	5	5	Humectan
Gliserin	10	10	10	Humectan
Trietanolamin	4	4	4	Alkalizing
Aqua ad	100	100	100	Pelarut

Pembuatan Emulgel nanopartikel ZnO-Ag₂O

Dispersikan nanopartikel ZnO-Ag₂O kedalam minyak zaitun lakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan konstan 400 rpm pada suhu 40°C. Kemudian campurkan tween 80 diaduk dan PEG 400 diaduk sampai terbentuk masa emulsi (masa 1). Larutkan carbopol 940 kedalam aquadest panas bersuhu 80°C 20xnya, ditambahkan trietanolamin lakukan pengadukan hingga terbentuk massa gel transparan, lalu ditambahkan dengan gliserin dan di propilenglikol lakukan pengadukan hingga homogen (masa 2). Kemudian tambahkan masa 1 ke masa 2 pada suhu 40°C sambil diaduk pada kecepatan 300 rpm sampai terbentuk emulgel.

Pengujian Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O Organoleptik

Pengujian dilakukan dengan mengamati bentuk visual. Pengujian organoleptik yang dilakukan meliputi bentuk, warna, dan aroma dari sediaan (Singh & Singh, 2021).

Homogenitas

Pengujian dilakukan dengan mengoleskan secara merata sebanyak 0,5 gram sediaan emulgel di atas permukaan kaca objek. Kemudian, amati apakah terdapat butiran kasar atau

tidak, sediaan emulgel yang homogen menunjukkan bahwa tidak ada terdapat butiran kasar (Singh & Singh, 2021).

Daya Sebar

Uji ini dilakukan dengan menimbang 0,5 g emulgel yang diletakkan di atas gelas datar, lalu gelas lain diletakkan di atasnya. Selanjutnya, 150 g beban ditambahkan dan didiamkan selama 1 menit, lalu diameter konstan diukur. Perlakuan yang sama dilakukan dengan beban 200 g. Daya sebar yang baik berkisar antara 4-7 cm (Sultan et al., 2024).

Derajat Keasaman (pH)

Uji pH dilakukan untuk menentukan tingkat keasaman sediaan sehingga sediaan tidak menyebabkan iritasi pada kulit. Sediaan emulgel diuji pH-nya menggunakan pH meter dengan mencelupkan pH meter ke dalam sediaan. Nilai pH dicatat pada layar pH meter. Uji pH juga dilakukan untuk menentukan apakah pH sediaan emulgel memenuhi persyaratan SNI 16-3499-1996. pH kulit adalah 4,5-6,5 (Sultan et al., 2024).

Viskositas

Pengujian viskositas emulgel dilakukan dengan menimbang 100 g dalam gelas kimia dan kemudian menentukan viskositas menggunakan viskometer spindel Brookfield spindel 7 dengan kecepatan 50 rpm (Sultan et al., 2024).

Uji Stabilitas

Uji stabilitas sediaan dilakukan dengan menyimpan sediaan pada suhu $30\pm 2^{\circ}\text{C}/25\pm 2^{\circ}\text{C}$ dengan kondisi wadah tertutup rapat selama 4 minggu (Sultan et al., 2024).

Uji Efektivitas Antibakteri

Efektivitas antibakteri diuji dengan menggunakan metode difusi cakram pada bakteri *bacillus subtilis*. Kultur bakteri disiapkan dengan menginokulasi satu koloni uji organisme pada Tryptic Soy Agar (TSA). Masukkan medium Nutrient Agar ke dalam cawan petri sebanyak 10 mL, ditambahkan 0,2 mL suspensi bakteri ke dalam cawan petri, lalu homogenkan dan diamkan sampai memadat. Masukkan kertas cakram yang sudah direndam dengan emulgel, nanopartikel ZnO-Ag₂O, kontrol negatif (aquadest) dan kontrol positif (Bioplasenton®) diatas permukaan cawan petri yang sudah memadat, selanjutnya diinkubasi dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam dan amati zona hambatnya yang terjadi, kemudian ukur zona hambat menggunakan jangka sorong. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali. Zona inhibisi yang terbentuk diamati dan dicatat selama periode inkubasi (Sari et al., 2024).

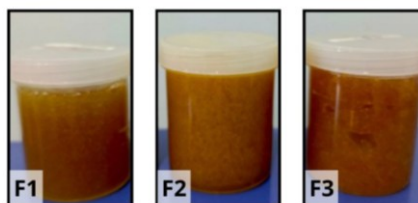
ANALISIS DATA

Analisis data dengan SPSS digunakan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi carbopol 940 pada formula emulgel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji organoleptik dilakukan secara langsung melalui aroma, bentuk, dan warna sediaan emulgel menggunakan panca indra. Hasil uji organoleptik ketiga formula menunjukkan bau khas dari nanopartikel ZnO-Ag₂O, konsistensi semi-padat (emulgel), dan warna cokelat kekuningan. Pada pengujian stabilitas sediaan yang dilakukan selama 4 minggu didapat perubahan warna dari sediaan pada minggu ke-3 dan ke-4, dimana warna sediaan berubah menjadi lebih coklat. Perubahan warna ini disebabkan pengaruh antara karbomer dengan nanopartikel ZnO-Ag₂O, perubahan ini disebabkan adanya ion perak (Ag⁺) yang dilepaskan dari nanopartikel ZnO-Ag₂O selain itu kemungkinan ZNO melepaskan ion seng yang berinteraksi. Karbomer, sebagai polimer asam poliakrilat, dapat berinteraksi dengan ion logam (termasuk ion perak) dan mempengaruhi stabilitasnya dalam sediaan. Interaksi ini dapat memicu pengendapan atau reaksi kimia yang menghasilkan perubahan warna yang tidak diinginkan (Afkhami et al., 2023).

Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui distribusi partikel dalam sediaan emulgel berdasarkan ada tidaknya partikel yang terpisah. Sediaan harus homogen dan terdistribusi secara merata untuk menghindari iritasi saat dioleskan ke permukaan kulit (Sultan et al., 2024). Hasil yang diperoleh ketiga formulasi menunjukkan homogenitas yang baik hingga minggu ke-4, ditandai dengan tidak adanya butiran dan gumpalan pada *slide*. Hal ini menunjukkan bahwa sediaan memiliki komposisi yang homogen, menunjukkan bahwa bahan-bahan yang digunakan tercampur sempurna.



Gambar 1. Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O

Uji Daya Sebar

Uji daya sebar bertujuan untuk menentukan kualitas sediaan, yang dapat menyebar dengan cepat pada kulit. Daya sebar yang baik untuk sediaan topikal adalah sekitar 4-7 cm. Semakin tinggi daya sebar, semakin mudah sediaan tersebut disiapkan dan didistribusikan

secara merata pada kulit (Sultan et al., 2024). Dapat diamati bahwa semakin kecil konsentrasi karbopol 940, semakin besar daya sebar sediaan tersebut, yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi karbopol 940 berpengaruh terhadap daya sebar sediaan, karena semakin tinggi konsentrasi karbopol 940, semakin kecil daya sebar sediaan. Hal ini disebabkan karena peningkatan konsentrasi menyebabkan matriks yang terbentuk pada sediaan emulgel menjadi lebih padat dan konsistensi sediaan emulgel menjadi lebih kental (Milutinov et al., 2023). Pada pengujian stabilitas dapat dilihat terjadi peningkatan daya sebar pada tiap minggu, hal ini disebabkan karbomer membentuk jaringan tiga dimensi yang menahan air dan memberi kekentalan selama penyimpanan, jaringan ini dapat melemah atau rusak karena perubahan pH, suhu, atau interaksi dengan bahan lain akibatnya, struktur gel menjadi lebih longgar viskositas menurun dan daya sebar meningkat (Safitri, 2021).

Tabel 2. Hasil Uji Daya Sebar Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O

Formulasi	Rata-rata Daya Sebar (cm) minggu ke-				
	0	1	2	3	4
F1	6,62±0,04	6,68±0,01	6,73±0,04	6,82±0,01	7±0,05
F2	5,77±0,02	5,82±0,05	5,96±0,01	6,14±0,03	6,43±0,04
F3	4,27±0,01	4,56±0,05	4,87±0,02	5,12±0,03	5,58±0,02

Pada uji stabilitas selama 4 minggu didapatkan uji normalitas data uji daya sebar menggunakan *shapiro-wilk* menunjukkan bahwa data terdistribusi normal (F1) (p -value 0,638 > 0,05); (F2) (p -value 0,546 > 0,05); (F3) (p -value 0,979 > 0,05), sedangkan pada uji homogenitas didapatkan hasil sig homogen (0,115 > 0,05). sehingga untuk mengetahui kestabilan daya sebar dilakukan analisa *one way anova* dan didapatkan p -value 0,001 yang artinya terdapat perbedaan bermakna dalam pengamatan.

Uji pH

Uji pH dilakukan untuk menentukan kesesuaian antara pH sediaan topikal dan pH kulit, yang memengaruhi penerimaan kulit terhadap sediaan. Sediaan topikal harus memiliki pH yang sama dengan pH kulit yaitu 4,5-6,5. Nilai pH kurang dari 4 dapat menyebabkan iritasi pada kulit, dan jika pH lebih dari 7, kulit akan menjadi kering dan kehilangan kelembapan (Najih et al., 2021). Hasil uji pH ditunjukkan pada tabel. 3, yang menunjukkan bahwa sediaan emulgel yang memenuhi rentang pH yaitu 5,17-6,35. Dapat diamati bahwa semakin kecil konsentrasi karbopol 940, semakin besar pH sediaan tersebut, yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi karbopol 940 berpengaruh terhadap pH sediaan. Karbopol 940 merupakan gel asam, dan ketika ditambahkan ke dalam air, ia mempertahankan tingkat pH asam. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi karbomer menyebabkan penurunan pH sediaan emulgel.

Penurunan tingkat pH dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti suhu, ketidakstabilan zat aktif, dan keberadaan CO₂ di udara, yang bereaksi dengan fase air, menghasilkan tingkat pH asam. Pada pengujian stabilitas dapat dilihat terjadi penurunan pH pada tiap minggu, hal ini dapat disebabkan perubahan struktur karbomer akibat suhu dan waktu dan degradasi atau hidrolisis dari komponen emulgel (Yati et al., 2024).

Tabel 3. Hasil pH Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O

Formulasi	Rata-rata pH minggu ke-				
	0	1	2	3	4
F1	6,3±0,03	6,1±0,01	5,7±0,03	5,5±0,01	5,2±0,01
F2	5,8±0,02	5,7±0,03	5,4±0,01	5,2±0,01	5,0±0,04
F3	5,1±0,03	4,9±0,03	4,6±0,02	4,4±0,02	4,2±0,02

Pada uji stabilitas selama 4 minggu didapatkan uji normalitas data uji pH menggunakan *shapiro-wilk* menunjukkan bahwa data terdistribusi normal (F1) (p-value 0,867 > 0,05); (F2) (p-value 0,603 > 0,05); (F3) (p-value 0,884 > 0,05), sedangkan pada uji homogenitas didapatkan hasil sig homogen (0,605 < 0,05). sehingga untuk mengetahui kestabilan pH dilakukan analisa *one way anova* dan didapatkan *p-value* 0,001 yang artinya terdapat perbedaan bermakna dalam pengamatan.

Uji Viskositas

Viskositas adalah kemampuan suatu cairan untuk mengalir. Viskositas emulgel meningkat dengan kehadiran agen pembentuk gel. Syarat viskositas emulgel menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 16-4399-1996 adalah 2.000 - 50.000 centipoise (cPs). Hasil uji viskositas didapatkan rata-rata 6.666 - 47.466 yang menunjukkan bahwa sediaan emulgel memenuhi rentang viskositas. Berdasarkan hasil tersebut, ditemukan adanya perbedaan yang signifikan antar formula, sehingga variasi konsentrasi carbopol memengaruhi viskositas sediaan emulgel, karena semakin tinggi konsentrasi carbopol, viskositas sediaan akan meningkat karena carbopol dapat mengembang ketika terdispersi dalam air membentuk koloid (Milutinov et al., 2023). Pada uji stabilitas menunjukkan bahwa viskositas masing-masing formula mengalami penurunan pada tiap minggunya. Penurunan viskositas dapat terjadi akibat perubahan suhu lingkungan sekitar dan lamanya waktu penyimpanan, karena semakin lama waktu penyimpanan, semakin lama sediaan dipengaruhi oleh lingkungan misalnya udara, sehingga viskositas sediaan (Yati et al., 2024).

Tabel 4. Hasil Viskositas Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O

Formulasi	Rata-rata viskositas (cps)				
	minggu ke-				
	0	1	2	3	4
F1	6.666±0,03	5.430±0,01	4.847±0,03	4.074±0,01	3.247±0,01
F2	20.533±0,02	17.813±0,03	12.882±0,01	7.136±0,01	5.925±0,04
F3	47.466±0,03	44.746±0,03	41.066±0,02	39.173±0,02	34.799±0,02

Pada uji stabilitas selama 4 minggu didapatkan uji normalitas data uji viskositas menggunakan *shapiro-wilk* menunjukkan bahwa data berdistribusi normal (F1) (p-value 0,989 > 0,05); (F2) (p-value 0,523 > 0,05); (F3) (p-value 0,967 > 0,05), sedangkan pada uji homogenitas didapatkan hasil sig tidak homogen (0,046 < 0,05). sehingga untuk mengetahui kestabilan daya sebar dilakukan analisa *one way anova* dan didapatkan *p-value* 0,000 yang artinya terdapat perbedaan bermakna dalam pengamatan. Hasil uji viskositas ini berkaitan dengan nilai uji daya sebar, karena semakin tinggi nilai viskositas maka sediaan akan semakin mudah menyebar pada kulit (Kindangen et al., 2018).

Uji Efektivitas Antibakteri

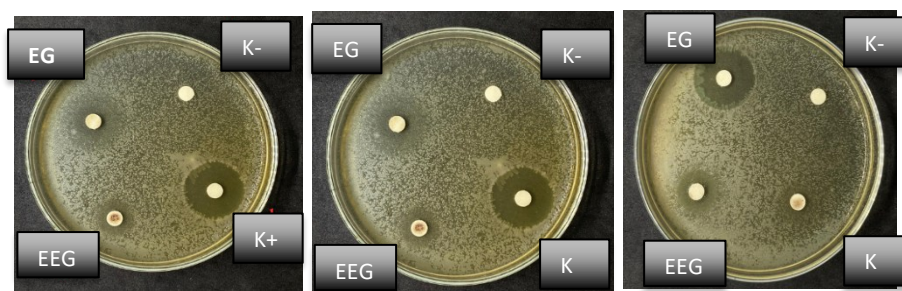
Aktivitas antibakteri emulgel diuji dengan uji difusi cakram pada bakteri *bacillus subtilis*. Kontrol negatif yang digunakan adalah aquadest dan kontrol positif yang digunakan adalah Bioplasenton®. Aktivitas antibakteri yang efektif dapat dinilai berdasarkan diameter zona jernih terbesar dengan konsentrasi terkecil. Diameter zona inhibisi dipengaruhi oleh banyak faktor berbeda seperti metode penyebaran suspensi bakteri yang tumbuh dalam media yang terdistribusi kurang merata, konsentrasi zat pada cakram, sensitivitas bakteri terhadap zat tersebut. Laporan inhibisi pertumbuhan bakteri diklasifikasikan menjadi 4 kelompok yaitu respons lemah (0-3mm), sedang (3-6mm), dan kuat (>6mm). Berdasarkan klasifikasi tersebut ternyata emulgel memiliki daya hambat terhadap bakteri *bacillus subtilis* dengan kategori sedang 3,5mm.

Diameter zona hambat emulgel yang lebih kecil dibandingkan kontrol positif Bioplasenton® menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri emulgel masih lebih rendah. Hal ini disebabkan karena Bioplasenton® mengandung neomycin sulfate, yaitu antibiotik yang bekerja secara spesifik menghambat sintesis protein bakteri sehingga menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih kuat. Sebaliknya, nanopartikel ZnO-Ag₂O bekerja melalui pelepasan ion Zn²⁺ dan Ag⁺ serta pembentukan *reactive oxygen species* (ROS), sehingga efek antibakterinya bergantung pada proses difusi dan pelepasan ion (Raghupathi et al., 2011). Selain itu, penggunaan Carbopol 940 sebagai basis emulgel meningkatkan viskositas sediaan sehingga memperlambat difusi bahan aktif ke dalam media agar. Kondisi tersebut menyebabkan

diameter zona hambat emulgel lebih kecil dibandingkan Bioplacenton®, meskipun masih menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Bacillus subtilis* (Rowe et al., 2009).

Tabel 5. Hasil Uji Efektivitas Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O

Formula	Diameter Zona Hambat			Rata-rata	kategori
	I	II	III		
Emulgel	3,1	3,95	3,5	3,5± 0,35	Sedang
nanopartikel ZnO-Ag ₂ O	4,15	5,15	5,05	4,78±0,45	Sedang
K+	17,15	16,5	16,7	16,78±0,27	Kuat
K-	0	0	0	0	-



Gambar 2. Hasil Uji Efektivitas Emulgel Nanopartikel ZnO-Ag₂O

Keterangan: EG = Nanopartikel ZnO-Ag₂O
EEG = Emulgel

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO-Ag₂O dengan variasi carbopol 940 dapat diformulasikan menjadi emulgel yang memenuhi syarat berdasarkan evaluasi organoleptik, homogenitas, daya sebar, drajat pH, viskositas dan stabilitas. Konsentrasi Carbopol terbaik sebagai *gelling agent* emulgel adalah F2 (1%) sebagai formulasi yang paling stabil berdasarkan sifat fisik emulgel. Emulgel yang diteliti memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *bacillus subtilis*, konsentrasi penghambatan emulgel terhadap *bacillus subtilis* adalah 3,5± 0,35 kategori sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu atas penyediaan fasilitas dan daya yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

Afkhami, F., Forghan, P., Gutmann, J. L., & Kishen, A. (2023). Silver nanoparticles and their therapeutic applications in endodontics: A Narrative Review. *Pharmaceutics*, 15(715), 1–20.

- Anggraeni, W., Al-hakim, N. A., & Maharani, N. I. (2025). Evaluation of sunflower seed oil emulgel with carbopol 940 : physical properties and moisturizing effectiveness. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 5(1), 12–26. <https://doi.org/10.37311/ijpe.v5i1.29584>
- Bhaumik, A., Keservani, R. K., Patil, S. J., Maurya, N. K., Yeolekar, V., Armo, R., ... Mahajan, V. R. (2024). Antifungal emulgel: design, development and characterization for topical administration. *Biochem. Cell. Arch*, 24(2), 2613–2619.
- Ermawati, D. E., Yugatama, A., & Wulandari, W. (2020). Uji sifat fisik, sun protecting factor, dan in vivo zno terdispersi dalam sediaan nanoemulgel. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 5(1), 49. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v5i1.31660>
- Fakir, J. S., Ahire, C. M., Surana, K. R., Kalam, A., Ahamad, A. A., Davanage, M. D., ... Mahajan, S. K. (2024). Formulation and evaluation of antibacterial and anti- inflammatory emulgel containing eugenia caryophyllus buds extract. 21(3), 1183–1196.
- Garg, T., Rath, G., & Goyal, A. K. (2015). Comprehensive review on additives of topical dosage forms for drug delivery. *Drug Delivery*, 22(8), 969–987. <https://doi.org/10.3109/10717544.2013.879355>
- Handayani, M., Mita, N., & Ibrahim, A. (2015). Formulasi dan optimasi basis emulgel carbopol 940 dan trietanolamin dengan berbagai variasi konsentrasi. April, 53–60. <https://doi.org/10.25026/mpc.v1i1.8>
- Espitia, P. J. P., Soares, N. D. F. F., Coimbra, J. S. D. R., Andrade, N. J. D., Cruz, R. S., Medeiros, E. A. A. (2012). Zinc oxide nanoparticles : synthesis , antimicrobial activity and food packaging applications. *Food Bioprocess Technol*, 5, 1447–1464. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0797-6>
- Kindangen, O. C., Paulina, V. Y. Y., & Wewengkang, D. S. (2018). Formulasi gel antijerawat ekstrak etanol daun kemangi (ocimum basilicum l.) Dan uji aktivitasnya terhadap bakteri staphylococcus aureus seecara in vitro. *PHARMACONJurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT*, 7(3), 238–293.
- Masho, T. J., Arasu, P. T., Bogale, R. F., & Gendo, K. M. (2024). Green synthesis, characterization of Ag2O doped ZnO nanoparticles using aqueous extract of Croton macrostachyus leaf for photo degradation, and antioxidant activities. *Results in Chemistry*, 7, 101478. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101478>
- Mcclements, D. J. (2017). Delivery by design (DbD): a standardized approach to the development of efficacious nanoparticle- and microparticle-based delivery systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 00, 1–20. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12313>
- Milutinov, J., Krstonošić, V., Ćirin, D., & Pavlović, N. (2023). Emulgels: promising carrier systems

- for food ingredients and drugs. *Polymers*, 15(10).
<https://doi.org/10.3390/polym15102302>
- Najih, Y. A., Rakhma, D. N., Utami, A. S. D., & Andayani, R. (2021). Formulasi emulgel minyak ikan salmon dengan gelling agent na-alginat dari alga coklat (*sargassum* sp). *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(1), 50–57. <https://doi.org/10.25026/jsk.v3i1.226>
- Radulescu, D. M., Surdu, V. A., Fikai, A., Fikai, D., Grumezescu, A. M., & Andronescu, E. (2023). Green synthesis of metal and metal oxide nanoparticles: a review of the principles and biomedical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(20).
<https://doi.org/10.3390/ijms242015397>
- Raghupathi, K. R., Koodali, R. T., & Manna, A. C. (2011). Size-dependent bacterial growth inhibition and mechanism of antibacterial activity of zinc oxide nanoparticles. *Langmuir*, 27(7), 4020–4028.
- Rowe, R. C., Sheskey, P., & Quinn, M. (2009). *Handbook of pharmaceutical excipients*. Libros Digitales-Pharmaceutical Press.
- Safitri, I. (2021). Overview : application of carbopol 940 in gel. *Proceedings of the International Conference on Health and Medical Sciences*, 34(Ahms 2020), 80–84.
- Saleh, F., Kheirandish, F., Azizi, H., & Azizi, M. (2014). Research in molecular medicine molecular diagnosis and characterization of bacillus subtilis isolated from burn wound in Iran. *Research in Molecular Medicine*, 2(3), 40–44.
<https://doi.org/10.18869/acadpub.rmm.2.2.40>
- Sari, R. I. P., Ardinata, N., Hermansyah, O., Rahmawati, S., & Masrijal, C. D. P. (2024). Testing the activity and formulation of natural hand soap based on natural surfactants of lerak fruit (*sapindus rarak* DC.) against staphylococcus aureus. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 9(1), 347–354. <https://doi.org/10.37874/ms.v9i1.1151>
- Singh, V., & Singh, S. (2021). Formulation and evaluation of aceclofenac topical emulgels. *International Pharmaceutical Research of Modern*, 5(4), 151–157.
- Sabalingam, S., & Siriwardhene. M. A., (2022). A review on emerging applications of emulgel as topical drug delivery system. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 13(1), 452–463. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.13.1.0048>
- Sultan, A. R. W., Ropiqa, M., Apridamayanti, P., & Anastasia, D. S. (2024). Formulation and antioxidant activity emulgel senggani leaf (*Melastoma malabathricum* L.) water fractions with variations of gelling agent using DPPH method. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 9(3), 737–748. <https://doi.org/10.37874/ms.v9i3.1289>
- Yati, K., Nugrahaeni, F., Melinda, R., & Wati, L. R. (2024). Utilization of emulgel watermelon (*Citrullus lanatus*) flesh extract as a topical antioxidant. *Borneo Journal of Pharmacy*, 7(2), 147–160. <https://doi.org/10.33084/bjop.v7i2.6599>