

KELAYAKAN EKSTRAK KULIT BAWANG PUTIH SEBAGAI GEL JERAWAT UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI PENYEBAB JERAWAT

Intan Syara zain^{1*}, Eny Widhia Agustin²

Universitas Negeri Semarang^{1,2}

*Corresponding Author : intansyara24@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Jerawat merupakan masalah kulit yang umum terjadi, yang sering disebabkan oleh infeksi bakteri seperti *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian ekstrak kulit bawang putih (*Allium sativum*) sebagai bahan aktif dalam formulasi gel anti jerawat, dengan penekanan pada kemampuan antibakterinya. Kulit bawang putih dipilih karena kandungan senyawa aktifnya, seperti flavonoid dan allicin, yang diyakini memiliki sifat antibakteri. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 70%, dan aktivitas antibakteri ekstrak diuji dengan metode difusi cakram terhadap *P. acnes* dan *S. aureus*. Hasil uji menunjukkan bahwa ekstrak kulit bawang putih dapat menghasilkan zona hambat terhadap kedua bakteri uji, meskipun aktivitas antibakterinya lebih menonjol pada konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi. Selanjutnya, ekstrak diformulasikan menjadi gel dan dievaluasi parameter fisiknya, meliputi homogenitas, *organoleptis*, pH, dan analisis FTIR. Formulasi gel yang mengandung ekstrak kulit bawang putih memenuhi parameter fisik yang baik, dengan pH yang sesuai dan tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan pada uji stabilitas. Namun, efektivitas gel dalam menghambat pertumbuhan bakteri penyebab jerawat masih terbilang rendah. Kesimpulannya, meskipun ekstrak kulit bawang putih memiliki potensi sebagai bahan aktif dengan sifat antibakteri, efektivitasnya sebagai bahan utama dalam gel anti jerawat terbatas. Oleh karena itu, diperlukan optimasi formulasi atau kombinasi dengan bahan antibakteri lain untuk meningkatkan efektivitas produk tersebut.

Kata kunci : ekstrak gel, jerawat, kulit bawang putih, polusi

ABSTRACT

Acne is a common skin problem, which is often caused by bacterial infections such as *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus*. This study aims to evaluate the suitability of garlic skin extract (*Allium sativum*) as an active ingredient in anti-acne gel formulations, with an emphasis on its antibacterial ability. Garlic peel was chosen for its active compounds, such as flavonoids and allicin, which are believed to have antibacterial properties. Extraction was performed using the maceration method with 70% ethanol solvent, and the antibacterial activity of the extract was tested by the disc diffusion method against *P. acnes* and *S. aureus*. The test results showed that the garlic skin extract could produce inhibition zones against both test bacteria, although the antibacterial activity was more prominent at higher extract concentrations. Furthermore, the extract was formulated into a gel and evaluated for physical parameters, including homogeneity, organoleptic, pH, and FTIR analysis. The gel formulation containing garlic skin extract met the good physical parameters, with an appropriate pH and showed no significant changes in the stability test. However, the effectiveness of the gel in inhibiting the growth of acne-causing bacteria was still low. In conclusion, although garlic peel extract has potential as an active ingredient with antibacterial properties, its effectiveness as the main ingredient in anti-acne gel is limited. Therefore, formulation optimization or combination with other antibacterial ingredients is needed to increase the effectiveness of the product.

Keywords : acne, extract gel, pollution, garlic peel

PENDAHULUAN

Polusi udara adalah salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dapat merusak kesehatan manusia, kualitas hidup, dan fungsi alami ekosistem. Pencemaran udara telah

menjadi masalah global yang semakin meningkat dan mendapat perhatian internasional, khususnya terkait dengan dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem (Fernanda et al., 2023). Udara yang tercemar mengandung berbagai polutan berbahaya seperti partikel debu, asap kendaraan, asap industri, serta gas beracun seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan ozon (O₃) yang dapat merusak kesehatan secara langsung maupun tidak langsung (Hidayat, 2019). Berdasarkan data dari *World Health Organization* (WHO), lebih dari 90% populasi dunia hidup di daerah dengan kualitas udara yang buruk, yang berdampak pada tingginya angka kematian terkait penyakit pernapasan dan kardiovaskular (WHO, 2021).

Polutan udara, seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃), dan partikel debu halus PM_{2.5}, berpotensi merusak berbagai sistem organ tubuh manusia. Paparan jangka panjang terhadap polusi udara diketahui dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan, termasuk asma, bronkitis, serta penyakit paru obstruktif kronik (COPD). Selain itu, efek buruk polusi udara juga telah terbukti memperburuk kondisi jantung dan meningkatkan kejadian stroke (Miller et al., 2024). Namun, dampak polusi udara tidak hanya terbatas pada sistem pernapasan dan kardiovaskular, tetapi juga berpotensi memengaruhi organ tubuh lainnya seperti hati, ginjal, sistem pencernaan, dan kulit (Sunarto et al., 2023).

Paparan polusi udara pada kulit manusia dapat menyebabkan masalah dermatologis yang signifikan. Kulit merupakan organ pertama yang terpapar langsung dengan polutan, yang dapat merusak lapisan pelindung kulit dan mengganggu proses regenerasi sel-sel kulit (Simpson et al., 2024). Polutan seperti partikel debu halus, gas ozon, serta zat berbahaya lainnya dapat merusak struktur kolagen dan elastin dalam kulit, yang berujung pada penuaan dini, kekeringan kulit, dan peningkatan kerutan (Reynolds et al., 2023). Salah satu masalah kulit yang banyak ditemui akibat paparan polusi udara adalah jerawat. Polusi udara dapat menyebabkan penumpukan kotoran dan minyak pada permukaan kulit, yang jika tidak dibersihkan dengan baik, dapat menyumbat pori-pori dan menjadi tempat berkembang biaknya bakteri penyebab jerawat seperti *Staphylococcus aureus* dan *Propionibacterium acnes* (D. Kim et al., 2023).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa polusi udara dapat merusak fungsi perlindungan kulit terhadap bakteri patogen, memperburuk kondisi kulit yang sudah terinfeksi, dan memperlambat proses penyembuhan (Górski et al., 2024). Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Kim et al. (2024), ditemukan bahwa paparan polusi udara jangka panjang dapat menyebabkan peradangan pada kulit, yang akhirnya berkontribusi pada timbulnya jerawat dan penyakit kulit lainnya. Selain itu, polusi udara juga dapat meningkatkan produksi radikal bebas pada kulit, yang mengarah pada stres oksidatif dan kerusakan sel kulit (R. W. Kim et al., 2024). Pengobatan jerawat umumnya melibatkan penggunaan obat-obatan topikal, seperti krim atau gel yang mengandung bahan antibakteri, antiinflamasi, dan pengontrol minyak (Althwanay et al., 2024). Di samping perawatan medis konvensional, penggunaan bahan alami sebagai alternatif pengobatan semakin diminati, mengingat potensi bahan alami dalam mengatasi masalah jerawat dengan lebih aman dan minim efek samping. Salah satu bahan alami yang dikenal memiliki sifat antibakteri, antiinflamasi, dan antimikroba adalah allicin, yang ditemukan dalam ekstrak kulit bawang putih (Choo et al., 2020). Allicin diketahui dapat menghambat pertumbuhan bakteri penyebab jerawat, seperti *Propionibacterium acnes*, serta memiliki efek antiinflamasi yang dapat mengurangi peradangan pada kulit yang terinfeksi (Prabowo et al., 2023).

Kulit bawang putih juga mengandung berbagai senyawa bioaktif lainnya, seperti *flavonoid*, *fenolik*, dan β , yang berperan sebagai antioksidan untuk melindungi sel-sel kulit dari kerusakan akibat radikal bebas (Dong et al., 2024). Kulit bawang putih juga kaya akan vitamin A, C, dan E, yang berfungsi sebagai antioksidan kuat dan berpotensi meningkatkan kualitas kulit, mengurangi tanda-tanda penuaan, serta meningkatkan elastisitas dan kelembaban kulit (Mustaruddin, 2022). Penelitian oleh Patil (2023) menunjukkan bahwa ekstrak kulit bawang

putih dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan krim anti-jerawat yang efektif, serta produk kosmetik lainnya seperti tabir surya yang melindungi kulit dari kerusakan akibat sinar UV (S. Patil, 2023).

Selain itu, penggunaan kulit bawang putih dalam produk kosmetik juga berpotensi meningkatkan nilai fungsional bahan tersebut, dengan memberikan manfaat kesehatan kulit yang lebih luas. Hasil penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa ekstrak kulit bawang putih memiliki potensi dalam membantu mengatasi jerawat, serta melindungi kulit dari kerusakan akibat paparan polusi dan sinar matahari (Fajryana et al., 2022). Oleh karena itu, penggunaan kulit bawang putih dalam produk perawatan kulit dapat menjadi alternatif yang efektif untuk mengatasi jerawat, mengurangi dampak polusi udara pada kulit, serta meningkatkan kesehatan kulit secara keseluruhan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan gel jerawat berbasis ekstrak kulit bawang putih. Di harapkan bahwa gel jerawat ini dapat memberikan solusi alami yang lebih aman dan efektif dalam mengatasi masalah jerawat yang disebabkan oleh paparan polusi udara, sekaligus memberikan pemanfaatan lebih lanjut terhadap kulit bawang putih dalam dunia kosmetik.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen laboratorium untuk memformulasi gel berbasis ekstrak kulit bawang putih dan menguji kualitas fisik serta fungsionalnya. Populasi dalam penelitian ini terdiri dari kulit bawang putih dan bahan kimia yang digunakan dalam formulasi gel. Sampel yang digunakan adalah 500 gram kulit bawang putih yang diperoleh dari pedagang pasar. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang dan Laboratorium Biologi Universitas Diponegoro, Semarang, selama 4 bulan, dari September 2024 hingga Januari 2025. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengukur pH untuk mengukur tingkat keasaman gel, alat uji homogenitas untuk memastikan bahan aktif terdistribusi merata, FTIR untuk menganalisis senyawa yang terkandung dalam ekstrak kulit bawang putih, serta cakram untuk uji daya penghambatan bakteri. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk menilai kualitas fisik dan fungsional gel yang dihasilkan dari uji organoleptik, pH, homogenitas, FTIR, dan penghambatan bakteri.

HASIL

Hasil ekstraksi kulit bawang putih



Gambar 1. Hasil Ekstrak Kulit Bawang Putih Dengan Etanol 70%

Hasil ekstrak kulit bawang putih memiliki warna coklat keemasan dengan aroma bawang putih yang khas.

Hasil Formulasi Organoleptik

Tabel 2. Organoleptik

Penampilan Fisik Gel	F0	F1	F2
Bentuk	Elastis, kenyal	Elastis, kenyal	Elastis, kenyal
Bau	Gel Khas	Bawang Putih Khas	Bawang Putih Khas
Warna	Jelas	Kuning Kecoklatan	Kecoklatan

Sediaan gel yang dihasilkan memiliki bentuk, warna, dan aroma yang berbeda yang dipengaruhi oleh konsentrasi yang berbeda.

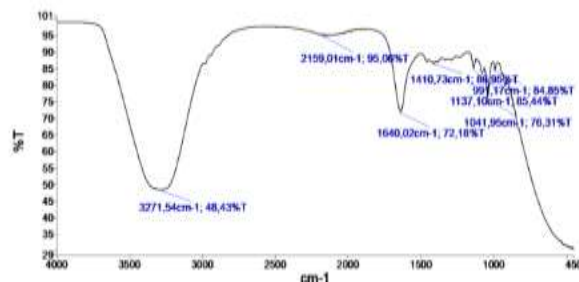
Hasil Uji pH

Uji pH dilakukan untuk mengukur keasaman atau alkalinitas formulasi gel. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pengukur pH. Hasil uji pH pada ekstrak kulit bawang putih adalah 5,8 pada (F0) pH 10,17 pada (F1) pH 10,39 pada (F2) pH 10,51 yang merupakan pH formulasi ini bersifat basa.

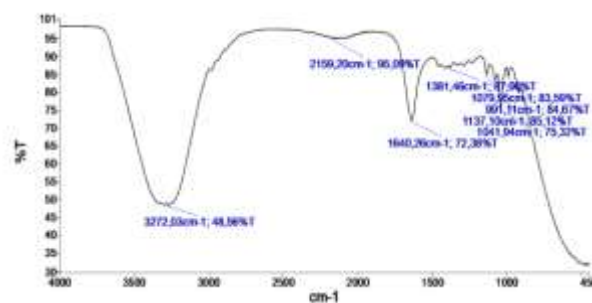
Hasil Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengamati hasil formulasi gel apakah telah memenuhi persyaratan homogenitas, yaitu tidak adanya butiran kasar pada gelas. Gel dioleskan pada kaca bening dan kemudian diamati. Hasil pengamatan dari kaca menunjukkan bahwa tidak ada lagi butiran yang ditemukan, menunjukkan bahwa persiapan ini homogen.

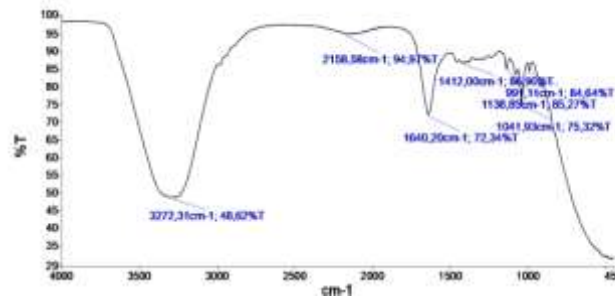
Hasil Tes FTIR



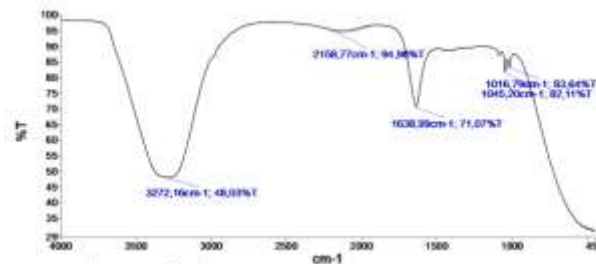
Gambar 2. Hasil Uji Kontrol



Gambar 3. Hasil Tes F0



Gambar 4. Hasil Tes F1



Gambar 4. Hasil Uji Ekstrak Kulit Bawang Putih

Hasil FTIR ekstrak kulit bawang putih Pengujian FTIR digunakan untuk mengetahui kandungan ekstrak kulit bawang putih. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa senyawa yang terindikasi positif pada ekstrak kulit bawang putih yang mengandung senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, atau senyawa belerang yang khas kulit bawang putih. Puncak di daerah karbonil dan hidroksil memberikan indikasi kuat tentang keberadaan senyawa yang berpotensi menjadi antioksidan atau antimikroba. Hasil analisis FTIR untuk sampel kontrol menunjukkan 7 puncak yang signifikan dan hasil analisis FTIR untuk sampel F1 menunjukkan 8 puncak yang signifikan, yaitu munculnya puncak baru pada $1381,46 \text{ cm}^{-1}$ dan perubahan intensitas pada beberapa puncak lainnya, yang disebabkan oleh adanya ekstrak kulit bawang pada formulasi ini. Dan pada Sampel F2 memiliki pola yang serupa, tetapi intensitas puncaknya sedikit berbeda, terutama pada puncak pada $1412,00 \text{ cm}^{-1}$ dan $1136,85 \text{ cm}^{-1}$, yang dapat mencerminkan perubahan konsentrasi senyawa aktif dari ekstrak kulit bawang pada formulasi ini.

Hasil Kekuatan Penghambatan Gel Terhadap Bakteri



Gambar 6. Hasil Uji Penghambatan Bakteri



Gambar 7. Hasil Uji Penghambatan Bakteri

Dalam uji bakteri terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*, beberapa cakram sampel (F0, F1, F2, dan ekstrak) terlihat ditempatkan pada media agar-agar. Respon bakteri terhadap setiap sampel dapat diidentifikasi melalui zona bening (zona penghambatan) yang terbentuk di sekitar cakram. Semakin besar zona penghambatan, semakin sensitif bakteri terhadap sampel. Pengujian sensitivitas dilakukan dengan menggunakan ekstrak dan beberapa sampel (F0, F1, F2). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa hanya ekstrak yang memberikan zona penghambatan dengan diameter $\pm 0,8$ cm (8 mm) pada bakteri *Staphylococcus aureus*. Sedangkan sampel lain (F0, F1, F2) tidak menunjukkan zona penghambatan yang signifikan, sehingga dianggap tidak efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Ekstrak kulit bawang putih yang dihasilkan memiliki warna coklat keemasan yang khas, menunjukkan adanya flavonoid dan senyawa *organosulfur*, terutama *allicin*, yang terkandung dalam kulit bawang putih. Aroma yang dihasilkan cukup kuat, mirip dengan bau bawang putih mentah, menunjukkan adanya senyawa belerang yang terkandung dalam ekstrak. Uji pH ekstrak menunjukkan nilai pH sekitar 5,8, yang mendekati pH normal kulit manusia, sehingga cocok untuk digunakan dalam produk kosmetik atau perawatan kulit. Namun, pH gel cukup tinggi yaitu 10,17 dimana pH ini basah dan dapat menyebabkan iritasi kulit sehingga diperlukan reformulasi lebih lanjut dalam pembuatan gel.

PEMBAHASAN

Hasil uji organoleptik pada sediaan gel menunjukkan bahwa variasi ekstrak kulit bawang putih tidak mempengaruhi bau, tetapi mempengaruhi warna sediaan yang semakin gelap seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak kulit bawang putih. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2024), yang juga menemukan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak bawang putih dapat mempengaruhi warna sediaan, namun tidak berpengaruh pada bau (Sari, 2024). Perbedaan bentuk sediaan gel yang diamati dalam penelitian ini disebabkan oleh jumlah ekstrak yang digunakan, yang mana semakin banyak ekstrak, semakin gelap gel yang terbentuk. Ini konsisten dengan studi yang dilakukan oleh Bravo-Núñez et al. (2023) yang melaporkan bahwa konsentrasi ekstrak bawang putih dapat mempengaruhi kekentalan dan konsistensi gel yang dihasilkan (Bravo-Núñez et al., 2023).

Uji homogenitas menunjukkan bahwa semua formula gel ekstrak kulit bawang putih homogen tanpa partikel yang terlihat, yang menandakan distribusi bahan aktif yang merata. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Mao et al. (2020), yang menyatakan bahwa homogenitas dalam formulasi gel sangat penting untuk memastikan kestabilan sediaan dan efektivitas bahan aktif (Mao et al., 2020). Sifat stabil gel dapat dipengaruhi oleh penggunaan karbopol sebagai

basa gel, yang tidak hanya berfungsi sebagai pembawa ekstrak tetapi juga berperan sebagai pengemulsi dan penstabil. Penelitian oleh Akmal et al. (2024) juga menggarisbawahi pentingnya penggunaan karbopol dalam formulasi gel karena kemampuannya dalam menjaga kestabilan fisik gel (Akmal et al., 2024).

Selain itu, triethanolamine (TEA) berfungsi sebagai pengemulsi dan memberikan konsistensi yang baik pada karbopol serta mempertebal dan memperjelas gel. Penelitian oleh Lie et al. (2020) juga mengkonfirmasi bahwa TEA sangat efektif dalam meningkatkan tekstur gel dengan memberikan stabilitas yang lebih baik (Li et al., 2020). Propilen glikol, sebagai pelarut dan humektan, berperan penting dalam menjaga kelembaban dan stabilitas gel, sejalan dengan hasil yang ditemukan oleh Pinto et al. (2023) yang melaporkan bahwa propilen glikol memiliki efek positif dalam mempertahankan kelembaban kulit (Pinto et al., 2023).

Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi ekstrak pada formulasi F1 dan F2 mempengaruhi intensitas puncak penyerapan gugus hidroksil (-OH), karbonil (C=O), dan eter (C-O-C), yang terkait dengan kandungan senyawa aktif dalam ekstrak kulit bawang putih. Peningkatan intensitas puncak pada formulasi dengan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi (F2) menunjukkan adanya kandungan senyawa aktif yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Mouffok et al. (2023), yang juga menemukan bahwa ekstrak kulit bawang putih mengandung senyawa aktif seperti allicin, yang dapat berkontribusi pada sifat antibakteri (Mouffok et al., 2023). Pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap intensitas puncak FTIR juga diperkuat oleh penelitian oleh Bhatwalkar et al. (2021), yang menyatakan bahwa senyawa organosulfur dalam bawang putih memberikan kontribusi signifikan terhadap aktivitas antibakteri gel (Bhatwalkar et al., 2021).

Perbandingan antara F0 (tanpa ekstrak) dan formulasi dengan ekstrak menunjukkan adanya tambahan puncak atau peningkatan intensitas puncak pada formulasi dengan ekstrak, yang mengindikasikan adanya senyawa aktif dari ekstrak kulit bawang putih. Penelitian oleh Ivkovic et al. (2024) juga mendukung hasil ini, yang menunjukkan bahwa senyawa-senyawa aktif dalam ekstrak kulit bawang putih dapat berkontribusi terhadap efektivitasnya sebagai bahan aktif dalam produk kosmetik (Ivkovic et al., 2024).

Pada uji aktivitas penghambatan bakteri, ditemukan zona penghambatan sebesar 8mm terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Namun, pengaruh penyimpanan ekstrak yang tidak tepat dan pengaruh faktor lingkungan seperti suhu dan cahaya dapat mempengaruhi diameter zona penghambatan yang terbentuk. Hal ini konsisten dengan penelitian oleh Parwanto et al. (2017), yang melaporkan bahwa penyimpanan ekstrak dalam kondisi yang tidak sesuai dapat menurunkan efektivitas antibakteri (Parwanto et al., 2023). Sampel dalam penelitian ini disimpan pada suhu kamar 24°C-32°C selama kurang lebih 3 bulan, yang dapat menjelaskan hasil yang tidak optimal. Sebagai perbandingan, penelitian oleh Azizah (2024) menemukan bahwa ekstrak kulit bawang putih etanol 70% dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan diameter penghambatan mencapai 0,9mm (Azizah, 2024). Namun, penelitian melaporkan bahwa penghambatan antibakteri yang kuat dapat diperoleh dengan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi dan penyimpanan yang tepat (Mossie, 2024).

Zona penghambatan yang lebih besar ditemukan pada penelitian sebelumnya yang melibatkan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi dan penyimpanan yang lebih baik, dengan diameter penghambatan mencapai 10,9mm untuk konsentrasi 3%. Hasil ini menunjukkan bahwa faktor penyimpanan dan pengolahan yang tepat sangat berperan dalam efektivitas penghambatan bakteri, sesuai dengan temuan dari penelitian oleh (Huang et al., 2022). Oleh karena itu, untuk meningkatkan efektivitas formulasi gel ini, penting untuk memastikan bahwa ekstrak kulit bawang putih disimpan pada suhu rendah (sekitar 2°C) dan terlindung dari sinar matahari, serta menggunakan kulit bawang putih yang segar dengan umur panen kurang dari 6 bulan, seperti yang disarankan oleh (P. Patil et al., 2024).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan potensi ekstrak kulit bawang putih sebagai bahan aktif dalam gel anti jerawat. Meskipun beberapa faktor, seperti penyimpanan ekstrak, dapat mempengaruhi hasil, gel yang diformulasikan dengan ekstrak kulit bawang putih memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai produk perawatan kulit yang efektif. Pengembangan lebih lanjut dengan pengoptimalan formulasi dan metode penyimpanan yang tepat diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan efektivitas produk.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit bawang putih (*Allium sativum*) memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri penyebab jerawat, seperti *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*, tetapi daya hambatnya relatif rendah. Selain itu, formulasi gel yang dihasilkan menunjukkan pH dasar, yang tidak ideal untuk kulit wajah karena dapat mengganggu keseimbangan alami pH kulit (pH fisiologis kulit berkisar antara 4,5–6,5). Dengan demikian, ekstrak kulit bawang putih dalam bentuk gel tidak dapat dikatakan cocok sebagai produk anti jerawat tanpa pengoptimalan lebih lanjut. Diperlukan perbaikan formulasi, seperti menyesuaikan pH gel agar sesuai dengan kondisi kulit, menggunakan metode ekstraksi yang lebih efisien untuk meningkatkan konsentrasi senyawa aktif, atau menggabungkan dengan bahan antibakteri lain yang lebih efektif. Penelitian ini menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan potensi ekstrak kulit bawang putih dalam aplikasi perawatan kulit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Semarang dan Universitas Diponegoro Semarang atas fasilitas laboratoriumnya, serta kepada dosen pembimbing dan rekan-rekan yang telah mendukung penelitian ini. Terima kasih juga kepada keluarga dan semua pihak yang turut berkontribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, T., Tanjung, Y. P., & Indriani, I. (2024). Facial Wash Gel Formulation from Papaya Leaf Extract (*Carica papaya* L.) With Carbopol 940 As Gelling Agent and Its Stability Study. *Keluwih*, 5(2), 82–88. <https://doi.org/10.24123/kesdok.v5i2.6082>
- Althwanay, A., Aledani, E. M., Kaur, H., Kasapoglu, M., Yadavalli, R., Nawaz, S., & Nath, T. S. (2024). Efficacy of Topical Treatments in the Management of Mild-to-Moderate Acne Vulgaris: A Systematic Review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.57909>
- Azhari, A. Q., Mayasari, D., & Rusli, R. (2021). Formulasi Sediaan Gel Total Jerawat Berbahan Aktif Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Propionibacterium acnes*. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 14, 359–365. <https://doi.org/10.25026/mpc.v14i1.603>
- Azizah, S. N. (2024). POTENSI EKSTRAK ETANOL 70 % BAWANG HITAM (BLACK GARLIC) SEBAGAI ANTIBAKTERI TERHADAP *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *JURNAL ILMIAH FARMASI AKADEMI FARMASI JEMBER*. <https://doi.org/10.53864/jifakfar.v7i1.189>
- Bhatwalkar, S. B., Mondal, R., Krishna, S., Adam, J., Govender, P., & Anupam, R. (2021). Antibacterial Properties of Organosulfur Compounds of Garlic (*Allium sativum*). *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.613077>

- Bravo-Núñez, Á., Golding, M., Gómez, M., & Matia-Merino, L. (2023). Emulsification Properties of Garlic Aqueous Extract: Effect of Heat Treatment and pH Modification. *Foods*, 12. <https://doi.org/10.3390/foods12203721>
- Capinera, John L. (2021). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Block Caving – A Viable Alternative?*, 21(1), 1–9.
- Choo, S., Chin, V., Wong, E., Madhavan, P., Tay, S., Yong, P., & Chong, P. (2020). Review: antimicrobial properties of allicin used alone or in combination with other medications. *Folia Microbiologica*, 65, 451–465. <https://doi.org/10.1007/s12223-020-00786-5>
- Dong, Y., Zhang, J., Xie, A., Yue, X., Li, M., & Zhou, Q. (2024). Garlic peel extract as an antioxidant inhibits triple-negative breast tumor growth and angiogenesis by inhibiting cyclooxygenase-2 expression. *Food Science & Nutrition*, 12, 6886–6895. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4320>
- Fajryana, A., Ginting, C., Chiuman, L., & Ginting, S. F. (2022). Antibacterial Activity of Garlic Extract (*Allium Sativum*) using Fermentation and Non Fermentation towards *Propionibacterium Acne*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1083/1/012070>
- Fernanda, M. D., Sibero, H. T., & Mutiara, H. (2023). Polusi Udara dan Permasalahan terhadap Kulit. *Medical Profession Journal of Lampung*, 13(1), 66–71. <https://doi.org/10.53089/medula.v13i1.590>
- Górski, M., Bychowski, M., Kwaśna, J., Załęska, A., Kaźmierczyk, I., Lenart, K., Homza, M., Zakrzewska, N., Bednarek, S., & Kulicka, J. (2024). The Air We Breathe: Exploring the multifaceted impacts of Air Pollution on health and disease. *Journal of Education, Health and Sport*, 75, 56376. <https://doi.org/10.12775/jehs.2024.75.56376>
- Hidayat, A. (2019). Dampak Polusi Udara Pada Kesehatan Jantung. *Universitas Medan Area*, November, 1–12.
- Huang, C.-H., Hsieh, C.-Y., Lee, Y.-C., Ou, T.-Y., Chang, T.-H., Lee, S., Tseng, C.-H., & Tsai, Y. (2022). Inhibitory Effects of High-Hydrostatic-Pressure Processing on Growth and Histamine Formation of Histamine-Forming Bacteria in Yellowfin Tuna Meat during Storage. *Biology*, 11. <https://doi.org/10.3390/biology11050702>
- Ivkovic, M., Ilic, M., Nastić, N., Krivošija, S., Vidovic, S., & Zloh, M. (2024). In Silico Evaluation of the Potential for the Rational Use of Garlic and Onion Crop Residue Extracts in Cosmetics. *ECSOC 2024*. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-28-20217>
- Kim, D., Roh, E., Shin, H.-S., & Kim, J.-E. (2023). Higenamine Reduces Fine-Dust-Induced Matrix Metalloproteinase (MMP)-1 in Human Keratinocytes. *Plants*, 12(13), 2479. <https://doi.org/10.3390/plants12132479>
- Kim, R. W., Takeshita, J., & Abuabara, K. (2024). Air Pollution and Inflammatory Skin Disease—Can Clinicians Make Recommendations to Reduce Risk? *JAMA Network Open*, 7(7), e2421633. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.21633>
- Lenny, A. A. (2016). Daya Hambat Ekstrak Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*. *Skripsi, Fakultas Ilmu Keperawatan Dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang : Semarang*, 49.
- Li, X., Liu, C., Wang, J., Li, W., Lin, B., Zhu, W., Xu, Y., Yi, S., Mi, H., & Li, J. (2020). Tea Polyphenols Affect Oxidative Modification and Solution Stability of Myofibrillar Protein from Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Food Biophysics*, 15, 397–408. <https://doi.org/10.1007/s11483-020-09635-x>
- Mao, L., Lu, Y., Cui, M., Miao, S., & Gao, Y. (2020). Design of gel structures in water and oil phases for improved delivery of bioactive food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 1651–1666. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1587737>

- Miller, M. R., Cesare, M. Di, Rahimzadeh, S., Adeoye, M., Perel, P., Taylor, S., Shrikhande, S., Armstrong-Walenczak, K., Shah, A., Berenstein, C. D., Vedanthan, R., Achiri, E. N., Mehta, S., Adeoye, A. M., Piñeiro, D., & Pinto, F. J. (2024). Clearing the Air to Address Pollution’s Cardiovascular Health Crisis. *Global Heart*, 19(1), 82. <https://doi.org/10.5334/gh.1364>
- Mossie, T. (2024). In vitro antibacterial activity of Bersama abyssinica Fresen crude extract against representative Gram-positive and Gram-negative bacterial isolates. *Veterinary Medicine and Science*, 10. <https://doi.org/10.1002/vms3.1498>
- Mouffok, A., Bellouche, D., Debbous, I., Anane, A., Khouldia, Y., Boubli, A., Darwish, A., Lemaoui, T., & Benguerba, Y. (2023). Synergy of Garlic Extract and Deep Eutectic Solvents as Promising Natural Antibiotics: Experimental and COSMO-RS. *Journal of Molecular Liquids*. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.121321>
- Mustaruddin. (2022). The Effectiveness Test of Ethanol Extract 96% Garlic Pubber Skin as Anti-Aging. *International Journal of Public Health Excellence (IJPHE)*. <https://doi.org/10.55299/ijphe.v1i2.196>
- Nugrahani, A. P., Rahmadina, S. A., Lestari, N. D., & Mulyani, S. (2022). Inovasi Sunscreen Dari Ekstrak Kulit Bawang Putih Dan Bawang Merah Sebagai Anti-Kusam, Anti-Jerawat, Dan Anti-Aging. *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia (SN-KPK)*, 13(1), 153–165.
- Nurfirzatulloh, I., Suherti, I., Insani, M., Shafira, R. A., Abriyani, E., Universitas Buana, M., Karawang, P., Universitas, D., Perjuangan, B., & Abstract, K. (2023). Literature Review Article: Identifikasi Gugus Fungsi Tanin Pada Beberapa Tumbuhan Dengan Instrumen Ftir. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(4), 201–209.
- Parwanto, E., Amalia, H., Tjahyadi, D., Edy, H. J., Oladimeji, A. V., Tjahyadi, J. J. V., & Gabrielle, L. (2023). Effect of Extreme Temperature Storage on Flavonoids levels and Antibacterial activity of Lantana camara Linn. leaf extract cream. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. <https://doi.org/10.52711/0974-360x.2023.00399>
- Patil, P., Rajput, V., Patil, A., Chougule, P., & Chougule, N. (2024). Formulation and Evaluation of a Polyherbal Gel for Skin Disorders. *International Journal For Multidisciplinary Research*. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i04.25605>
- Patil, S. (2023). Formulations and Evaluations of Herbal Anti-Acne Gel from Coriander and Garlic. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.52184>
- Pinto, J. R., Silva, S. M., & Leonardi, G. (2023). Effects of 1,3-propanediol associated, or not, with butylene glycol and/or glycerol on skin hydration and skin barrier function. *International Journal of Cosmetic Science*, 46, 85–95. <https://doi.org/10.1111/ics.12911>
- Prabowo, I., Malona, D. N., & Puspita, O. S. (2023). COMPARISON OF THE ANTIMICROBIAL EFFECTIVENESS OF GARLIC EXTRACT AND THE ANTIBIOTIC CLINDAMYCIN ON THE GROWTH OF THE BACTERIA PROPIONIBACTERIUM ACNES AND STAPHYLOCOCCUS EPIDERMIDIS. *Journal of Research in Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. <https://doi.org/10.33533/jrpps.v2i2.7182>
- Reynolds, W. J., Eje, N., Christensen, P., Li, W., Daly, S. M., Parsa, R., Chavan, B., & Birch-Machin, M. A. (2023). Biological effects of air pollution on the function of human skin equivalents. *FASEB BioAdvances*, 5, 470–483. <https://doi.org/10.1096/fba.2023-00068>
- Sari, D. N. (2024). Uji Antioksidan Dan Daya Terima Tablet Effervescent Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum*, L.) Dan Bunga Telang (*Clitoria ternatea*). *Jurnal AGROHITA: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*. <https://doi.org/10.31604/jap.v9i2.16428>
- Simpson, A., DiColandrea, T., & Przyborski, S. (2024). Assessing the impact of airborne particulate pollution on human skin utilizing a novel human skin equivalent containing <sc>MUTZ</sc>-

3-derived Langerhans cells. *Bioengineering & Translational Medicine*.
<https://doi.org/10.1002/btm2.10738>

Sunarto, A., Neilwan, A., Syahfreadi, Setyawati, K., Aisyah, S., & Hadi, S. U. (n.d.). *Sosialisasi Dampak Polusi Udara Terhadap Ibu Hamil Hingga Lansia*.

Yusuf, A. L., Nugraha, D., Wahlanto, P., Indriastuti, M., Ismail, R., & Himah, F. A. (2022). Formulation and Evaluation of Bitter Gourd Fruit Extract (*Momordica Charantia* L.) Gel Preparation with Variation of Carbopol 940 Concentration. *Pharmacy Genius*, 1(1), 50–61.