

PENGARUH LAJU ALIR AIR TERHADAP PHASE INVERSION DALAM PEMBUATAN SUNSCREEN DENGAN METODE LOW ENERGY EMULSIFICATION (LEE)

Mauriel Marsha Kurnia¹⁾, Enjarlis¹⁾, Sidik Marsudi.¹⁾

1) Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia

Email : maurielkurnia@gmail.com

Abstrak

Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap kesehatan kulit dan dampak buruk sinar UV telah mendorong pertumbuhan industri perawatan kulit, khususnya produk tabir surya. Namun, proses produksi tabir surya konvensional seringkali membutuhkan energi tinggi dan bahan tambahan kimia yang berpotensi menimbulkan iritasi kulit. Penelitian ini bertujuan mengembangkan formulasi tabir surya berbasis emulsi dengan metode Low Energy Emulsification (LEE) melalui pendekatan pull system untuk menghasilkan produk yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Proses dilakukan dengan memvariasikan laju alir air saat pendinginan untuk mempelajari pengaruhnya terhadap fenomena phase inversion, pH, viskositas, dan ukuran droplet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada komposisi awal 30:70 (air:minyak) terjadi pemisahan karena fase air yang terlalu sedikit, sedangkan pada komposisi 40:60 terbentuk emulsi stabil tetapi tidak terjadi fenomena phase inversion. Seluruh sampel hasil pengujian memiliki pH dalam rentang standar (5,00–5,80) dan viskositas 3.000–6.000 cP selama penyimpanan 7 hari pada suhu 60°C, menunjukkan kestabilan produk. Pengamatan mikroskopis menunjukkan ukuran droplet relatif kecil dan seragam. Percobaan dengan dua kali transfer air saat cooling menghasilkan droplet paling kecil dan menyerupai metode eksis. Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi laju alir air saat pendinginan dapat mempengaruhi karakteristik droplet dan kestabilan emulsi meskipun pembalikan fase tidak terjadi.

Kata kunci: *low energy emulsification, phase inversion, laju alir air, tabir surya, pull system.*

Pendahuluan

Industri kosmetik di Indonesia berkembang pesat seiring meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kesehatan kulit. Kosmetik kini tidak hanya digunakan untuk mempercantik penampilan, tetapi juga untuk melindungi kulit dari paparan sinar matahari yang berlebihan. Radiasi sinar UV dapat menimbulkan efek akut seperti eritema dan pigmentasi, serta efek kronis seperti penuaan dini dan kanker kulit [1]. Salah satu solusi efektif untuk melindungi kulit dari bahaya tersebut adalah penggunaan produk perawatan kulit (*skincare*), khususnya sunscreen atau tabir surya, yang berfungsi mencegah penyerapan sinar UV oleh kulit [2].

Sunscreen merupakan sediaan emulsi yang terdiri dari campuran fase air dan fase minyak [3]. Proses pembuatan sunscreen di industri biasanya dilakukan dengan metode emulsifikasi pada suhu tinggi (75–80°C) dengan menggunakan mesin homogenizer hingga terbentuk krim yang stabil dan homogen, kemudian dilanjutkan dengan proses pendinginan menggunakan bantuan air *chiller*. Tahap pendinginan ini menjadi titik kritis dalam pembuatan emulsi karena berpengaruh terhadap viskositas dan kestabilan produk. Pendinginan yang tidak tepat dan terlalu lama dapat menyebabkan *overmixing*, yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas produk, dan juga dapat memperpanjang waktu produksi akibat perlunya *rework* karena produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi.

Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan metode Low Energy Emulsification (LEE), yaitu proses pembentukan emulsi dengan energi mekanik dan panas yang rendah. Salah satu tekniknya adalah Phase Inversion Composition (PIC), di mana perubahan komposisi antara fase minyak dan air menyebabkan terjadinya perubahan tipe emulsi. Metode LEE memiliki keunggulan berupa efisiensi energi, waktu proses yang lebih singkat, serta menghasilkan emulsi dengan ukuran partikel lebih halus dan stabil. Dengan demikian, penerapan metode LEE pada pembuatan sunscreen diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses sekaligus menghasilkan produk berkualitas tinggi.

Studi Pustaka

Emulsi merupakan sistem dispersi dua fase yang tidak saling larut, yaitu fase air dan fase minyak, yang distabilkan oleh surfaktan. Dalam industri kosmetik, emulsi berperan penting untuk menghasilkan produk seperti lotion, krim, dan tabir surya dengan tekstur dan stabilitas yang baik. Stabilitas emulsi dipengaruhi oleh ukuran droplet, viskositas, serta kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan antarmuka. Ketidakseimbangan antara fase atau jenis surfaktan yang tidak sesuai dapat menyebabkan pemisahan fase dan menurunkan kualitas produk [4].

Metode Low Energy Emulsification (LEE) dikembangkan sebagai alternatif dari metode emulsifikasi berenergi tinggi yang membutuhkan peralatan dan energi besar. LEE memanfaatkan perubahan kondisi termodinamika sistem, seperti suhu (Phase Inversion Temperature, PIT) atau komposisi (Phase Inversion Composition, PIC), untuk menurunkan tegangan antarmuka dan membentuk droplet berukuran kecil secara spontan [5]. Fenomena penting yang dapat terjadi pada metode ini adalah phase inversion, yaitu perubahan tipe emulsi dari water-in-oil (w/o) menjadi oil-in-water (o/w) atau sebaliknya, tergantung pada komposisi dan jenis surfaktan yang digunakan [6].

Dalam pembuatan produk kosmetik seperti sunscreen, kestabilan emulsi menjadi faktor kunci yang menentukan efektivitas dan daya tahan produk. Nilai pH yang stabil menunjukkan tidak adanya degradasi bahan aktif, sedangkan viskositas dan ukuran droplet yang sesuai menandakan sistem yang stabil secara fisik. Penggunaan metode LEE dengan pengaturan laju alir air dan suhu pendinginan diharapkan dapat menghasilkan emulsi yang efisien secara energi, memiliki droplet seragam, serta stabil terhadap penyimpanan jangka panjang. Dengan demikian, pendekatan ini dapat menjadi inovasi dalam formulasi kosmetik yang ramah lingkungan dan hemat energi.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan tujuan mengembangkan formulasi tabir surya menggunakan metode *Low Energy Emulsification* (LEE). Alat yang digunakan meliputi homogenizer, pH meter, viskometer Brookfield, mikroskop keyence, serta oven stabilitas. Bahan penelitian dibagi menjadi empat fase utama (A, B, C, dan D). Dimana Fasa A merupakan fasa air, B merupakan pengental, C merupakan fasa minyak yang terdiri dari UV Filter, dan D merupakan pengawet.

Proses pembuatan emulsi dilakukan dengan memanaskan fase minyak dan fase air hingga suhu 80°C, kemudian mencampurkan keduanya menggunakan homogenizer pada kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Setelah terbentuk emulsi yang stabil, proses pendinginan (*cooling*) dilakukan dengan cara menambahkan air secara bertahap dengan variasi laju alir berbeda untuk mempelajari pengaruhnya terhadap fenomena *phase inversion*, pH, viskositas, dan ukuran droplet. Dan dilakukan juga pemantauan adanya kemungkinan pembalikan fase dan kestabilan sistem.

Produk yang dihasilkan kemudian diuji stabilitas untuk menentukan nilai pH, viskositas, dan ukuran droplet menggunakan alat uji yang sesuai. Uji stabilitas dilakukan dengan menyimpan sampel di dalam oven pada suhu 60°C selama tujuh hari untuk mengamati perubahan parameter tersebut terhadap waktu. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif untuk menilai kestabilan fisik produk dan meninjau efektivitas metode LEE dalam menghasilkan emulsi tabir surya yang stabil dan efisien secara energi. Lalu hasil yang diperoleh dengan metode LEE dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dengan metode eksis.

Hasil dan Pembahasan

Efek Suhu dan Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai pH

Dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian efek suhu dan waktu penyimpanan terhadap nilai pH.

Tabel 1. Efek Suhu dan Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai pH

Suhu	Trial ke	pH					
		Hari 0	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 7
60°C	Eksis	5,14	5,26	5,00	5,23	5,20	5,28
	1	5,28	5,23	5,02	5,20	5,16	5,27
	2	5,10	5,21	5,00	5,15	5,11	5,22
	3	5,16	5,24	5,01	5,18	5,18	5,25

Pengujian pH dilakukan pada hari ke-0, 1, 2, 3, 4 dan 7 pada suhu penyimpanan 60°C. pH sistem juga menjadi indikator penting kestabilan. Perubahan pH dapat mengubah muatan surfaktan atau bahan aktif sehingga film antarmuka melemah. Hasil pengukuran menunjukkan nilai pH seluruh sampel berada dalam kisaran standar (5,00–5,80). Stabilitas pH menunjukkan tidak ada degradasi bahan atau reaksi yang merusak antarmuka selama penyimpanan suhu tinggi (60 °C). Tidak terlihat penurunan atau kenaikan pH yang signifikan selama periode penyimpanan. Hal ini menandakan bahwa sistem emulsi yang dihasilkan dengan metode Low Energy Emulsification (LEE) relatif stabil terhadap degradasi kimia yang dapat mengubah pH. Stabilitas pH ini menunjukkan tidak terjadi reaksi yang merusak komponen aktif atau surfaktan selama penyimpanan pada suhu tinggi.

Efek Suhu dan Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai Viskositas

Dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian efek suhu dan waktu penyimpanan terhadap nilai viskositas

Tabel 2. Efek Suhu dan Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai Viskositas

Suhu	Trial ke	Viskositas (cP)					
		Hari 0	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 7
60°C	Eksis	3920	4787	4607	4673	4800	4147
	1	3767	4087	3880	4133	4400	4100
	2	3920	4850	4540	4800	4887	4360
	3	4247	4720	4393	4733	4847	3900

Viskositas fase kontinyu juga berpengaruh pada kestabilan. Semakin tinggi viskositas, gerakan Brownian droplet lebih lambat sehingga laju tumbukan antar droplet lebih kecil. Hal ini mengurangi risiko agregasi dan koalesensi yang menyebabkan destabilisasi. Pada penelitian ini, viskositas yang tetap berada dalam spesifikasi 3.000–6.000 cP selama penyimpanan 7 hari menunjukkan bahwa sistem internal emulsi tetap stabil.

Pada tiap percobaan (eksis, trial 1, 2, dan 3) untuk pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap nilai viskositas, didapatkan hasil dengan data seperti pada Tabel 2.

Uji viskositas juga dilakukan pada waktu yang sama dengan pengujian pH. Nilai viskositas yang diperoleh dari semua sampel masuk kedalam standar karena berada dalam rentang spesifikasi 3.000–6.000 cP. Tidak terjadi perubahan viskositas yang drastis selama masa penyimpanan 7 hari. Viskositas yang stabil mengindikasikan fase terdispersi tetap halus dan tidak mengalami koalesensi besar-besaran yang dapat mempercepat pemisahan. Dengan demikian metode LEE yang digunakan mampu mempertahankan struktur internal emulsi sehingga ketebalan dan tekstur produk tetap sesuai spesifikasi meskipun disimpan pada suhu tinggi.

Efek Suhu dan Penyimpanan Terhadap Ukuran Droplet

Pada tiap percobaan (eksis, trial 1, 2, dan 3) untuk pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap ukuran droplet, didapatkan hasil dengan data seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Efek Suhu dan Penyimpanan Terhadap Ukuran Droplet

Suhu	Trial ke	Droplet					
		Hari 0	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 7
60°C	Eksis						
Suhu	Trial ke	Droplet					
60°C	1						
Suhu	Trial ke	Droplet					
60°C	2						
Suhu	Trial ke	Droplet					
60°C	3						

Pengamatan mikroskopis pada ukuran droplet menunjukkan bahwa ukuran droplet pada hari-hari awal relatif kecil dan seragam. Trial ke-2 (dua kali transfer air saat cooling) menghasilkan droplet paling kecil dan paling menyerupai droplet metode eksis. Semakin kecil dan seragam ukuran droplet, semakin tinggi kestabilan emulsi karena luas permukaan yang besar membuat surfaktan lebih efektif melapisi setiap droplet. Selama penyimpanan 7 hari pada suhu 60 °C, ukuran droplet tidak menunjukkan pertambahan yang berarti, yang berarti tidak terjadi aglomerasi atau coalescence besar yang dapat memicu destabilisasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini selaras dengan teori emulsifikasi energi rendah: meskipun phase inversion tidak terjadi pada formula 40:60, sistem tetap menghasilkan emulsi stabil dengan pH, viskositas, dan droplet yang memenuhi spesifikasi. Hal ini menegaskan bahwa fenomena pembalikan fase memang bukan syarat mutlak untuk menghasilkan emulsi stabil, tetapi dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan droplet lebih kecil jika kondisi formulasi mendukung.

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan percobaan untuk mempelajari Pengaruh Laju Air terhadap Phase Inversion dalam Pembuatan Sunscreen dengan Metode Low Energy Emulsification (LEE). Berikut ini adalah beberapa kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, diantaranya :

1. Proses pembuatan sunscreen dengan metode Low Energy Emulsification (LEE) berhasil menghasilkan produk yang secara umum memenuhi spesifikasi pH (5,00–5,80), viskositas (3.000–6.000 cP), dan ukuran droplet yang relatif seragam. Namun pada Trial ke 2 (transfer air 2x) hasil droplet yang didapat lebih kecil dan homogen sehingga dapat dipertimbangkan sebagai prosedur yang bisa dilakukan saat cooling berlangsung.
2. Uji penyimpanan (suhu 60 °C selama 7 hari) menunjukkan pH dan viskositas tetap dalam spesifikasi, menandakan kestabilan yang baik pada kondisi tersebut.
3. Variasi laju alir air saat pendinginan (cooling) tetap dapat dilakukan untuk mengkaji pengaruhnya terhadap ukuran droplet dan kestabilan emulsi meskipun pembalikan fase tidak terjadi.

Daftar Pustaka

- [1] Adhami, V.M., Syed, D.N., Khan, N. dan Afaq, F., 2008, Phytochemicals for Prevention of Solar Ultraviolet Radiation-induced Damages, Department of Dermatology, University of Wisconsin Madison, Madison, Photochem. Photobiol.
- [2] Muawanah, I. A. Ulfah, Seriaji, B, & Syoufian, A. 2014. Pengaruh Konsentrasi Virgin Coconut Oil (VCO) Terhadap Stabilitas Emulsi Kosmetik dan Nilai Sun Protection Factor. pp. 2-3.
- [3] Avianka, V., Mardhiani, Y. D., & Santoso, R. (2022). *Studi Pustaka Peningkatan Nilai SPF (Sun Protection Factor) pada Tabir Surya dengan Penambahan Bahan Alam*. Jurnal Sains dan Kesehatan, 4(1), 79–88. Sofia, Elma., Riduan, Rony., Abdi, Chairul. 2015. Evaluasi Keberadaan Sisa Klor Di Jaringan Distribusi IPA Sungai Lulut PDAM Bandarmasih. *Jurnal Teknik Lingkungan*. (1), 33-52.
- [4] McClements, D. J. (2012). *Crystals and crystallization in oil-in-water emulsions: Implications for emulsion-based delivery systems*. Advances in Colloid and Interface Science, 174, 1-30.Patmawati., Sukmawati. 2020. Pengaruh Dosis Klorin Terhadap Coliform Wai Sauq Bantaran Sungai Mandar. *Jurnal Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*. (6), 27-30.
- [5] Perazzo, A., Preziosi, V., & Guido, S. (2015). Phase inversion emulsification: Current understanding and applications. Advances in Colloid and Interface Science, 222, 581–599.
- [6] Liu, F., Wang, Y., Li, X., Zhang, Z., Dai, X., Wang, X., Xin, Y., Liu, K., Gao, L., Du, D., Xing, C., Jiang, H., & Liu, Z. (2020). The phase inversion mechanism of the pH-sensitive reversible invert emulsion from w/o to o/w. Open Physics, 18(1). pp 383–386.