

## EVALUASI PENGGUNAAN KEMASAN PVC, PVDC, DAN HDPE TERHADAP STABILITAS FISIK DAN KIMIA PRODUK KAPSUL

Salsabila Nur Izdihar Putri<sup>1</sup>, Selfina Gala<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Fajar, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

\*Corresponding author

\*Email: [selfinagala@unifa.ac.id](mailto:selfinagala@unifa.ac.id)

### Abstrak

Stabilitas fisik dan kimia kapsul suplemen kesehatan dipengaruhi oleh sifat material kemasan yang digunakan, khususnya kemampuannya sebagai penghalang terhadap kelembapan dan oksigen. Namun, studi komparatif mengenai efektivitas material kemasan PVC, PVDC, dan HDPE terhadap stabilitas kapsul masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemasan PVC, PVDC, dan HDPE terhadap stabilitas kapsul L-glutathione. Penelitian ini dilakukan dengan desain eksperimental stabilitas pada kondisi akselerasi suhu  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembapan relatif  $75\% \pm 5\%$  dengan interval waktu 10, 20, 30 hari. Pengujian stabilitas berdasarkan spesifikasi produk dengan parameter meliputi pemerian, keseragaman bobot, kadar air, waktu hancur, serta kadar L-glutathione (zat aktif). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemasan PVC mengalami ketidaksesuaian pada beberapa parameter, yaitu pemerian, keseragaman bobot, dan kadar L-glutathione. Sementara itu, kemasan PVDC dan HDPE masih memenuhi syarat pada seluruh parameter pengujian selama masa penyimpanan. Kemasan PVDC menunjukkan kemampuan terbaik dalam mempertahankan kadar zat aktif L-glutathione tertinggi secara konsisten pada setiap interval waktu. Hasil analisis statistik *two-way ANOVA* dengan dua replikasi menunjukkan bahwa jenis kemasan, waktu penyimpanan, dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap kadar L-glutathione ( $p < 0,05$ ). Temuan ini memberikan dampak penting bagi industri dalam menentukan jenis kemasan yang optimal. Serta, bagi regulator dalam memperkuat evaluasi kesesuaian kemasan dalam menjamin mutu, keamanan, dan efektivitas produk selama masa simpan.

**Kata kunci : stabilitas kapsul, kemasan blister, PVC, PVDC, HDPE**

### Abstract

*The physical and chemical stability of health supplement capsules is influenced by the packaging materials used, particularly their barrier capacity against moisture and oxygen. However, comparative studies on the effectiveness of PVC, PVDC, and HDPE packaging materials in maintaining capsule stability remain limited. This study evaluated the effects of PVC, PVDV, and HDPE packaging on the stability of L-glutathione capsules. The research was conducted using an experimental stability design under accelerated condition at  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  and  $75\% \pm 5\%$  Relative Humidity, with time intervals of 10, 20, and 30 days. Stability testing followed product specifications, encompassing parameters such as appearance, weight variation, disintegration time, moisture content, and L-glutathione content (active ingredient). Results revealed that PVC packaged samples exhibited noncompliance in several parameters, including appearance, weight variation, and L-glutathione content. In contrast, PVDC and HDPE packaging maintained compliance across all tested parameters throughout the storage period. PVDC demonstrated the best performance in maintaining the highest L-glutathione content consistently across all observation intervals. Statistical analysis using two-way ANOVA with two replications revealed that packaging type, storage duration, and their interaction significantly influenced L-glutathione content ( $p < 0,05$ ). These findings provide important implications for the pharmaceutical and supplement industries in determining optimal packaging materials, as well as for regulatory authorities in strengthening the evaluation of packaging suitability to ensure product quality, safety, and efficacy during storage.*

**Keywords : capsules stability, blister packaging, PVC, PVDC, HDPE**

## Pendahuluan

Stabilitas merupakan faktor penting dalam menjamin mutu, keamanan dan efektivitas suplemen kesehatan (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM), 2025). Uji stabilitas dilakukan untuk memastikan produk tetap mempertahankan identitas, potensi, kualitas, serta kemurnian sepanjang masa simpan yang ditetapkan (Allen et al., 2019). Salah satu faktor yang berperan penting dalam menjaga stabilitas sediaan farmasi adalah interaksi antara obat dan kemasan.

Sediaan kapsul suplemen, khususnya yang mengandung L-glutathione memiliki kerentanan tinggi terhadap degradasi selama penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh sifat L-glutathione yang mudah mengalami oksidasi menjadi glutathione disulfida akibat paparan oksigen dan kondisi lingkungan (Boonme & Wuttikul, 2018). Selain oksidasi, faktor kelembapan juga dapat menurunkan stabilitas senyawa bioaktif. Paparan air dapat memicu hidrolisis dan mempercepat reaksi degradasi (Hao et al., 2026). Kerentanan ini diperkuat oleh karakteristik penggunaan cangkang kapsul yang dapat menyerap atau melepaskan air, yang berpotensi menyebabkan perubahan sifat fisik produk (Allen & Howard C, 2014).

Penelitian dilakukan oleh Yaren Çapkin & Gökelma (2023), menunjukkan bahwa sistem kemasan memiliki peranan penting dalam melindungi produk obat dari faktor lingkungan yang dapat memengaruhi stabilitas. Pada kemasan blister, penggunaan material seperti *Polyvinyl Chloride (PVC)* dan *Polyvinylidene Chloride (PVDC)* memberikan tingkat perlindungan yang berbeda, di mana PVDC memiliki kemampuan barrier yang lebih baik terhadap uap air dan oksigen dibandingkan dengan PVC (Dezena et al., 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Shedafa et al. (2016), menunjukkan bahwa kualitas material kemasan dan sistem penutup sangat berpengaruh terhadap kemampuan kemasan dalam melindungi produk obat yang sensitif terhadap kelembapan. Permeabilitas uap air dan sistem penutup pada botol *High Density Polyethylene (HDPE)* digunakan sebagai kemasan primer untuk obat yang sensitif terhadap kelembapan. HDPE memiliki ketahanan terhadap kelembapan, kekuatan mekanik yang baik serta permeabilitas yang rendah terhadap uap air (Mudjanarko et al., 2019).

Namun demikian, sebagian besar penelitian yang ada berfokus pada karakteristik masing-masing material kemasan secara terpisah, tanpa banyak penelitian yang secara

langsung membandingkan efektivitasnya dalam satu kerangka studi. Studi komparatif antara blister PVC, PVDC, dan botol HDPE untuk produk kapsul masih sangat terbatas. Pemilihan material kemasan yang tepat menjadi faktor penting untuk mempertahankan kualitas fisik dan kimia produk selama masa simpan (Jaime et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh jenis kemasan blister PVC dan PVDC, serta botol HDPE terhadap stabilitas produk kapsul selama periode penyimpanan tertentu. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan data komparatif yang mendukung pemilihan material kemasan yang optimal, serta menjadi dasar dalam menjaga mutu produk dan mendukung pertimbangan bagi industri yang memproduksi suplemen kesehatan dalam memilih jenis kemasan yang optimal, sehingga produk yang dihasilkan tetap stabil, aman dan efektif selama masa penyimpanan.

## Metode

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh jenis kemasan terhadap stabilitas kapsul suplemen yang mengandung L-glutathione. Uji stabilitas dilakukan pada kondisi akselerasi dengan paparan suhu  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembapan relatif  $75\% \pm 5\%$  untuk mempercepat potensi kegagalan perlindungan kemasan. Sampel dikemas menggunakan tiga jenis kemasan, yaitu PVC, PVDC, dan HDPE serta interval waktu penyimpanan 10, 20, dan 30 hari.

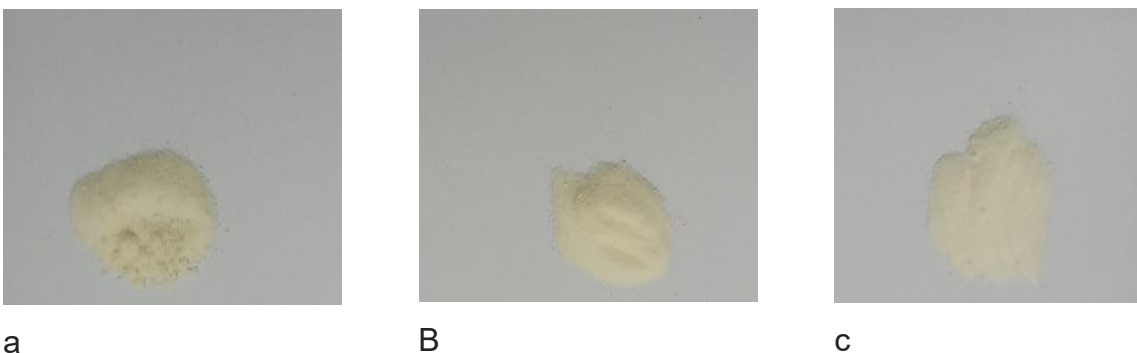
Alat yang digunakan meliputi timbangan analitik, *moisture analyzer*, *disintegration tester*, *Chamber*, Sonikator, HPLC, kolom C8 4,0 mm x 250 mm, cawan petri, labu ukur 50 mL, labu ukur 20 mL, *beaker glass* 1000 mL, pipet volume 20 mL, dan *microfilter* 0,45  $\mu\text{m}$ . Adapun bahan yang digunakan adalah sampel suplemen kesehatan, akuadest, standar L-glutathione, asam fosfat, methanol, EDTA, kertas perkamen, dan kertas putih.

Penelitian ini diawali dengan tahap persiapan sampel. Sampel dilakukan pengemasan menggunakan jenis kemasan PVC, PVDC, dan HDPE. Setelah dikemas, dilakukan uji kebocoran untuk memastikan tidak adanya kebocoran yang dapat memengaruhi hasil pengujian stabilitas. Selanjutnya, sampel yang telah lolos uji kebocoran disimpan dalam *chamber* stabilitas pada kondisi akselerasi yaitu suhu  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembapan relatif  $75\% \pm 5\%$ . Penyimpanan dilakukan selama 30 hari dengan interval waktu pengujian pada hari ke-10, 20, dan 30.

Pada setiap interval waktu, dilakukan pengambilan sampel untuk dianalisis. Parameter yang diuji meliputi pemerian, keseragaman bobot, kadar air, waktu hancur, dan kadar L-glutathione. Data hasil pengujian kemudian dilakukan analisis deskriptif dan analisis statistik menggunakan metode *two-way* ANOVA dengan dua replikasi untuk mengetahui pengaruh jenis kemasan, waktu penyimpanan, serta interaksi keduanya terhadap stabilitas kimia produk.

## Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis kemasan (PVC, PVDC, dan HDPE) terhadap stabilitas fisik dan kimia produk kapsul. Serta, menentukan jenis kemasan yang paling optimal dalam mempertahankan mutu produk berdasarkan parameter yang dianalisis. Parameter meliputi pemerian, keseragaman bobot, kadar air, waktu hancur, dan kadar zat aktif L-glutathione.



Gambar 1. Pemerian Sampel Interval 10 Hari: a. PVC; b. PVDC; c. HDPE

Berdasarkan pengamatan pemerian pada interval 10 hari, sampel pada ketiga jenis kemasan masing-masing menunjukkan karakteristik yang masih memenuhi syarat spesifikasi produk, yaitu serbuk granul berwarna krem.



Gambar 2. Pemerian Sampel Interval 20 Hari: a. PVC; b. PVDC; c. HDPE

Pada pengamatan interval 20 hari, mulai menunjukkan adanya perubahan fisik pada sebagian sampel. Sampel dengan kemasan PVC menunjukkan perubahan serbuk membentuk kristalin yang menggumpal mengikuti bentuk kapsul dengan warna kuning muda, sehingga tidak lagi memenuhi persyaratan. Sampel pada kemasan PVDC mulai mengalami penggumpalan lemah, namun masih dapat dihancurkan kembali menjadi serbuk granul yang berwarna krem. Adapun, sampel pada kemasan HDPE menunjukkan bentuk serbuk granul berwarna krem.



Gambar 3. Pemerian Sampel Interval 30 Hari: a. PVC; b. PVDC; c. HDPE

Pada pengamatan pada interval 30 hari, terjadi perubahan fisik yang semakin jelas. Sampel pada kemasan PVC menunjukkan isi kapsul berwarna kuning membentuk kristal dan sulit dipisahkan dari cangkang kapsulnya. Pada kemasan PVDC, terjadi penggumpalan sampel lebih banyak dengan warna krem. Namun, masih bisa dihancurkan kembali menjadi serbuk granul. Sementara itu, sampel pada kemasan HDPE mampu mempertahankan bentuk serbuk dan warna sesuai dengan spesifikasi produk.

Perubahan fisik berupa pepadatan dan penggumpalan yang terjadi pada sampel selama penyimpanan berkaitan dengan sifat higroskopis bahan. Bahan aktif dalam bentuk padatan menyerap kelembapan dari lingkungan yang menyebabkan peningkatan interaksi antar partikel, sehingga terjadi aglomerasi dan pepadatan (Ratih & Gosepa (2024). Adapun perubahan warna yang terjadi akibat adanya reaksi degradasi oksidasi dan hidrolisis, reaksi tersebut menyebabkan meningkatnya laju degradasi akibat kondisi penyimpanan dan permeabilitas kemasan terhadap uap air dan oksigen (Sinko, 2017).

Penyerapan air ini dapat menyebabkan perubahan sifat fisikokimia yang berdampak pada stabilitas dan umur simpan sediaan. Peningkatan kelembapan juga berperan dalam terjadinya penggumpalan serbuk, sehingga higroskopisitas merupakan faktor utama membentuk gumpalan. Kelembapan ini dipengaruhi oleh permeabilitas kemasan terhadap uap air. Kemasan PVC memiliki permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan PVDC dan HDPE, sehingga uap air dari lingkungan masuk ke dalam kemasan dan diserap oleh produk kapsul. Penyerapan kelembapan ini menyebabkan partikel menjadi lebih lengket dan saling berikatan, sehingga terbentuk aglomerasi dan pepadatan.

Tabel 1. Data Hasil Keseragaman Bobot Netto

No	Interval 10 Hari			Interval 20 Hari			Interval 30 Hari		
	PVC (mg)	PVDC (mg)	HDPE (mg)	PVC (mg)	PVDC (mg)	HDPE (mg)	PVC (mg)	PVDC (mg)	HDPE (mg)
1	395,3	362,3	354,4	395,0	367,7	357,6	NA	372,0	383,5
2	373,1	385,7	386,5	394,0	378,9	370,8	NA	360,2	374,9
3	368,6	382,5	338,7	381,7	387,1	362,5	NA	394,4	385,5
4	391,0	372,0	382,3	380,9	370,6	373,5	NA	380,6	361,0
5	391,2	373,0	380,8	387,3	382,6	380,8	NA	372,0	373,3
6	372,5	368,8	360,1	393,4	388,4	372,0	NA	381,0	358,3
7	387,8	372,6	364,6	392,6	378,5	373,4	NA	371,4	392,9
8	384,2	374,5	356,4	391,3	376,3	374,7	NA	380,7	375,6
9	391,4	367,6	372,3	387,3	375,2	364,4	NA	386,6	389,7
10	389,9	375,3	377,7	398,5	376,0	366,3	NA	370,5	375,8
Rata-rata	384,5	373,4	367,4	390,2	378,1	369,6	NA	376,9	377,1

Hasil pengujian parameter keseragaman bobot menunjukkan bahwa sampel dalam kemasan PVC telah mengalami ketidaksesuaian dengan spesifikasi produk 354 mg  $\pm$  7,5% sejak interval 10 hari. Sementara itu, kemasan PVDC dan HDPE masih memenuhi syarat selama penyimpanan hingga interval 30 hari. Peningkatan bobot kapsul

disebabkan oleh penyerapan uap air dari lingkungan yang meningkatkan massa serbuk dalam kapsul. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kemasan dengan permeabilitas tinggi terhadap uap air dapat menyebabkan peningkatan massa produk selama penyimpanan (Dezena et al., 2019).

Tabel 2. Data Hasil Kadar Air

No	Interval 10 Hari			Interval 20 Hari			Interval 30 Hari		
	PVC (%)	PVDC (%)	HDPE (%)	PVC (%)	PVDC (%)	HDPE (%)	PVC (%)	PVDC (%)	HDPE (%)
1	9,22	8,19	8,17	8,17	7,22	7,39	10,49	9,48	9,34
2	9,44	9,04	8,19	9,03	8,11	8,58	10,11	9,58	8,92
Rata-rata	9,33	8,62	8,18	8,60	7,67	7,99	10,30	9,53	9,13

Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa pada interval 30 hari, sampel dalam kemasan PVC tidak memenuhi syarat spesifikasi produk  $\leq 10,0\%$ , sedangkan sampel pada kemasan PVDC dan HDPE masih memenuhi syarat hingga interval 30 hari. Hal ini menunjukkan bahwa jenis kemasan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar air. PVC memiliki sifat penghambat yang rendah terhadap uap air, sehingga memungkinkan terjadinya difusi uap air ke dalam kemasan. Akibatnya, kadar air dalam sampel meningkat seiring waktu penyimpanan. Selain faktor kemasan, kondisi sampel yang memadat juga dapat memengaruhi hasil pengujian kadar air. Sampel yang memadat dapat menyebabkan distribusi yang tidak merata saat pengujian menggunakan alat *moisture analyzer*, sehingga hasil yang diperoleh dapat bervariasi (Foteeva et al., 2021).

Tabel 3. Data Hasil Waktu Hancur

No	Interval 10 Hari			Interval 20 Hari			Interval 30 Hari		
	PVC (menit)	PVDC (menit)	HDPE (menit)	PVC (menit)	PVDC (menit)	HDPE (menit)	PVC (menit)	PVDC (menit)	HDPE (menit)
1	7,7	7,7	4,6	8,8	7,23	9,4	10,22	6,3	8,5

No	Interval 10 Hari			Interval 20 Hari			Interval 30 Hari		
	PVC (menit)	PVDC (menit)	HDPE (menit)	PVC (menit)	PVDC (menit)	HDPE (menit)	PVC (menit)	PVDC (menit)	HDPE (menit)
2	8,23	8,6	7,28	8,30	11,10	9,4	11,1	6,3	9
3	8,23	10,33	9,3	12,27	11,10	9,4	11,25	7,29	9
4	9,33	12,4	9,22	12,27	15,0	9,4	12,28	8,2	10,1
5	11,18	12,19	10,16	12,30	15,0	13,6	13,16	10,14	12,11
6	11,18	15,15	10,16	12,30	15,0	13,6	14,32	11,18	14,23
Waktu Maksimal	11,18	15,15	10,16	12,30	15,0	13,6	14,32	11,18	14,23

Hasil pengujian waktu hancur menunjukkan bahwa seluruh sampel memenuhi syarat spesifikasi produk untuk parameter waktu hancur selama penyimpanan hingga interval 30 hari, baik pada kemasan PVC, PVDC, dan HDPE.

Tabel 4. Data Hasil Kadar L-glutathione

No	Interval 10 Hari			Interval 20 Hari			Interval 30 Hari		
	PVC (%)	PVDC (%)	HDPE (%)	PVC (%)	PVDC (%)	HDPE (%)	PVC (%)	PVDC (%)	HDPE (%)
1	96,6	102,8	94,8	93,8	95,6	92,1	88,9	94,5	92,0
2	95,8	102,8	94,2	92,4	95,5	92,0	85,5	92,5	92,3
Rata- rata	96,2	102,8	94,5	93,1	95,6	92,1	87,2	93,5	92,2

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar L-glutathione pada kemasan PVC pada interval 30 hari tidak memenuhi syarat spesifikasi produk 90,0 – 110,0%, sedangkan pada kemasan PVDC dan HDPE masih memenuhi syarat. Selain itu, kemasan PVDC secara konsisten menunjukkan nilai kadar L-glutathione tertinggi setiap interval penyimpanan. Penurunan kadar zat aktif ini disebabkan oleh degradasi yang disebabkan oleh paparan oksigen dan kelembapan lingkungan. PVC memiliki permeabilitas yang tinggi terhadap oksigen dan uap air, sehingga memungkinkan terjadinya reaksi oksidasi

lebih cepat. L-glutathione merupakan senyawa yang sensitif terhadap oksidasi (Sheskey et al., 2017), sehingga keberadaan oksigen dapat mempercepat penurunan kadar zat aktif pada produk. Kondisi kelembapan yang tinggi juga dapat mempercepat degradasi kimia. Peningkatan kadar air dalam sistem dapat meningkatkan mobilitas molekul dan mempercepat reaksi oksidasi maupun degradasi lainnya. Studi mengenai stabilitas L-glutathione menunjukkan bahwa degradasi oksidatif dapat terjadi secara signifikan dan mengikuti kinetika reaksi tertentu, terutama dalam kondisi yang mendukung terjadinya oksidasi (Tsiasioti et al., 2020).

Implikasi dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis kemasan berpengaruh terhadap masa simpan (*shelf life*) produk. Kemasan PVC menunjukkan ketidaksesuaian pada beberapa parameter pada interval 30 hari yang mengindikasikan masa simpan yang lebih pendek. Sebaliknya, pada kemasan PVDC dan HDPE mampu mempertahankan seluruh parameter dalam batas spesifikasi selama masa simpan yang menunjukkan potensi masa simpan yang lebih panjang. Dengan demikian, pemilihan kemasan dengan sifat barrier yang baik terhadap oksigen dan uap air menjadi faktor penting dalam memperpanjang umur simpan produk.

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis kemasan dan waktu penyimpanan terhadap kadar L-glutathione menggunakan uji *Two-Way ANOVA*. Hasil uji ANOVA disajikan pada Tabel 5.

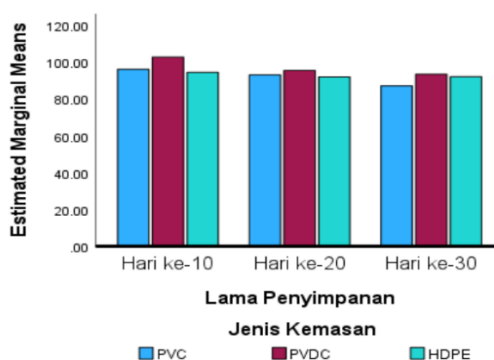
Tabel 5. Data Hasil ANOVA

Parameter	df	F	Sig.	Kesimpulan
Kemasan	2	44,378	< 0,001	Signifikan
Waktu	2	69,982	< 0,001	Signifikan
Kemasan*Waktu	4	10,131	0,002	Signifikan

Uji ANOVA menunjukkan bahwa faktor jenis kemasan dan faktor waktu penyimpanan memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar L-glutathione dengan diperoleh masing-masing nilai  $p < 0,001$ . Interaksi antar jenis kemasan dan waktu penyimpanan juga menunjukkan pengaruh yang signifikan dengan nilai  $p = 0,002$ . Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kadar L-glutathione dipengaruhi secara signifikan oleh

masing-masing faktor dan juga oleh kombinasi keduanya. Pengaruh tersebut menyebabkan terjadinya penurunan kadar L-glutathione pada produk suplemen kesehatan selama penyimpanan.

Berikut grafik yang menunjukkan adanya perbedaan nilai kadar L-glutathione pada masing-masing jenis kemasan selama penyimpanan. Pada hari ke-10, kemasan PVDC menunjukkan nilai kadar tertinggi diikuti oleh HDPE dan PVC. Pada hari ke-20, seluruh kemasan mengalami penurunan kadar dan kemasan PVDC tetap mempertahankan kadar L-glutathione tertinggi dibandingkan dengan kemasan lainnya. Selanjutnya, pada hari ke-30 penurunan kadar semakin terlihat. Kemasan PVC mengalami degradasi terbesar sehingga kadar yang diperoleh di bawah syarat spesifikasi produk. Sebaliknya, kemasan PVDC dan HDPE masih memenuhi persyaratan spesifikasi produk dengan nilai kadar pada kemasan PVDC yang konsisten memperoleh kadar L-glutathione yang paling tinggi di antara ketiga kemasan.



Gambar 4. Grafik *Estimated Marginal Means* Kadar L-glutathione berdasarkan Jenis Kemasan dan Waktu Penyimpanan

Berdasarkan Gambar 4., kadar L-glutathione mengalami penurunan selama penyimpanan pada semua jenis kemasan, namun dengan pola yang berbeda. Perbedaan pola perubahan kadar antar kemasan menunjukkan adanya interaksi yang terjadi antara jenis kemasan terhadap kadar L-glutathione. Hal ini sejalan dengan hasil uji ANOVA yang menunjukkan bahwa faktor jenis kemasan, waktu penyimpanan, serta interaksi keduanya memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar L-glutathione.

## Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pengaruh jenis kemasan terhadap stabilitas produk kapsul suplemen kesehatan selama masa penyimpanan, dapat disimpulkan bahwa jenis kemasan berpengaruh terhadap stabilitas fisik dan kimia produk kapsul. Pada aspek stabilitas fisik, sampel pada kemasan PVC tidak memenuhi spesifikasi yang ditandai dengan terjadinya pematatan berwarna kuning, peningkatan bobot sejak interval 20 hari yaitu 390,2 mg, kadar air meningkat pada interval 30 hari yaitu 10,30%, serta penurunan kadar L-glutathione yaitu 87,2% pada interval 30 hari. Sementara itu, pada sampel kemasan PVDC memenuhi spesifikasi dengan terbentuknya penggumpalan lemah yang dapat dihancurkan kembali membentuk serbuk granul, dan sampel pada kemasan HDPE memenuhi spesifikasi hingga interval 30 hari. Hasil analisis statistik menggunakan uji *two-way* ANOVA menunjukkan bahwa jenis kemasan, lama penyimpanan, serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang signifikan. Secara keseluruhan, kemasan PVDC merupakan jenis kemasan yang paling optimal dalam menjaga stabilitas produk kapsul, karena mampu mempertahankan kadar zat aktif tertinggi secara konsisten selama penyimpanan dibandingkan dengan kemasan PVC dan HDPE. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa data komparatif mengenai efektivitas material kemasan PVC, PVDC, dan HDPE terhadap stabilitas kapsul, yang dapat menjadi dasar dalam pemilihan kemasan yang tepat. Selain itu, temuan ini juga memberikan dasar awal dalam mendukung evaluasi stabilitas produk selama penyimpanan yang berkaitan dengan pertimbangan umur simpan.

## Daftar Referensi

- Allen, L. V, & Howard C. (2014). *Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems* (10th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Allen, L. V, Howard C, A., & Popovich, N. G. (2019). *Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery System* (11th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 6 Tahun 2025 tentang Pedoman Uji Stabilitas Suplemen Kesehatan*.

- Boonme, P., & Wuttikul, K. (2018). STABILITY ENHANCEMENT OF L-GLUTATHIONE BY ENTRAPMENT IN WATER-IN-OIL MICROEMULSION. *Bulletin of Health Science and Technology*, 16(1), 80–87.
- Dezena, R. M. B., Coelho Silva, R. C., & Luiz, G. F. (2019). Chemical approaches for the identification of PVC and PVDC in pharmaceutical packaging materials. In *Brazilian Journal of Analytical Chemistry* (Vol. 6, Number 25, pp. 10–12). Visao Fokka Communication Agency. <https://doi.org/10.30744/BRJAC.2179-3425.LETTER.RMBDEZENA.N25>
- Foteeva, A. V., Chugunova, M. P., Prozorova, N. A., & Vshivkof, P. N. (2021). The Aspects of Pharmaceutical Development of the Tablets Based on Dry Extracts. *Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, (36). <https://doi.org/10.34907/jpqai.2021.81.36.007>
- Hao, M., Tan, X., Liu, K., & Xin, N. (2026). Nanoencapsulation of nutraceuticals: enhancing stability and bioavailability in functional foods. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1746176>
- Jaime, S. B. M., Alves, R. M. V., & Bócoli, P. F. J. (2022). Moisture and oxigen barrier properties of glass, PET and HDPE bottles for pharmaceutical products. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 71. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2022.103330>
- Mudjanarko, S. W., Koespiadi, Suprayitno, & Limantara, A. D. (2019). *VARIASI HDPE (High Density Polyethylene): Untuk Lapis Aus Asphalts Concrete Wearing Coarse (AC-WC)*. Scorpindo Media Pustaka. <http://bit.ly/VariasiHDPE>
- Ratih, H., & Gosepa, O. S. (2024). PENANGANAN PERMASALAHAN SIFAT HIGROSKOPIS PADA FORMULASI SEDIAAN TABLET. *Kartika : Jurnal Ilmiah Farmasi*, 9(2), 72–87. <https://doi.org/10.26874/kjif.v9i2.728>
- Shedafa, R., Tibalinda, P., Manyanga, V., Sempombe, J., Temu, M., Masota, N., Kaale, E., & Bonsmann, C. (2016). Assessment of Moisture Permeability and Closure Systems of High Density Polyethylene Plastic Bottles Used as Primary Packaging Containers for Moisture Sensitive Medicines. *Pharmacology & Pharmacy*, 07(08), 321–325. <https://doi.org/10.4236/pp.2016.78039>

Sheskey, P. J., Cook, W. G., & Cable, C. G. (2017). *Handbook of Pharmaceutical Excipients* (8th ed.).

Sinko, P. J. (2017). *Martin's physical pharmacy and pharmaceutical sciences : physical chemical and biopharmaceutical principles in the pharmaceutical sciences* (D. B. Troy, Ed.; 6th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Tsiasioti, A., Zacharis, C. K., Tzanavaras, P. D., & Zotou, A. S. (2020). Study of the oxidative forced degradation of glutathione in its nutraceutical formulations using zone fluidics and green liquid chromatography. *Separations*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/separations7010016>

Yaren Çapkın, İ., & Gökelma, M. (2023). A review on characterization and recyclability of pharmaceutical blisters. *Cleaner Waste Systems*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100082>