

PERKEMBANGAN FORMULASI DAN KARAKTERISASI CANGKANG KAPSUL BERBASIS BAHAN ALAM SEBAGAI ALTERNATIF GELATIN

Putri Tri Hartini^{1*}, Joyce Victory², Devi Permata Sari³, Nadya Hafizah⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Farmasi, Fakultas MIPA dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau

E-mail: putritrihartini@umri.ac.id, 230205035@student.umri.ac.id,
230205043@student.umri.ac.id

Abstract

This study aims to review the development of non-gelatin capsule shells based on natural polymers using a Systematic Literature Review (SLR) method. Various scientific studies were analyzed to evaluate the potential of carrageenan, alginate, starch, pectin, and cellulose as alternative materials to gelatin. The results show that each polymer exhibits different characteristics in film-forming ability, mechanical strength, and disintegration time. Carrageenan shows strong gelation properties, cellulose provides structural strength, while starch and alginate offer advantages in raw material availability. However, no single polymer fully meets the ideal requirements of capsule shells. Therefore, a composite polymer approach is considered the most effective strategy for developing stable, functional, and sustainable non-gelatin capsules.

Keywords: *non-gelatin capsule, natural polymers, carrageenan, cellulose, SLR*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perkembangan cangkang kapsul non-gelatin berbasis polimer alam melalui metode Systematic Literature Review (SLR). Berbagai literatur ilmiah dianalisis untuk mengetahui potensi karagenan, alginat, pati, pektin, dan selulosa sebagai bahan alternatif gelatin. Hasil kajian menunjukkan bahwa setiap polimer memiliki karakteristik berbeda dalam hal kemampuan pembentukan film, kekuatan mekanik, dan waktu disintegrasi. Karagenan unggul dalam gelasi, selulosa pada kekuatan struktur, sedangkan pati dan alginat memiliki keunggulan pada ketersediaan bahan baku. Namun, tidak ada satu bahan tunggal yang mampu memenuhi seluruh kriteria ideal cangkang kapsul. Oleh karena itu, pendekatan komposit polimer menjadi strategi paling efektif dalam pengembangan kapsul non-gelatin yang stabil, fungsional, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: kapsul non-gelatin, polimer alam, karagenan, selulosa, SLR

Article history

Received: Juli 2026

Reviewed: Juli 2026

Published: Juli 2026

Plagirism checker no 234.8576

Copyright : Author

Publish by : Nutricia



This work is licensed under a [creative commons attribution-noncommercial 4.0 international license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Cangkang kapsul merupakan salah satu bentuk sediaan farmasi padat yang banyak digunakan karena memiliki keunggulan dalam hal kemudahan penggunaan, ketepatan dosis, stabilitas zat aktif, serta mampu menutupi rasa dan bau obat yang tidak menyenangkan. Secara konvensional, cangkang kapsul umumnya terbuat dari gelatin yang berasal dari hewan. Namun, penggunaan gelatin mulai mengalami berbagai keterbatasan, terutama terkait aspek kehalalan, veganisme, serta risiko kontaminasi penyakit hewan. Kondisi ini mendorong pengembangan cangkang kapsul berbasis bahan alam non-hewan yang lebih aman, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kebutuhan etika serta regulasi modern (Zilhadia et al., 2022; Hartini et al., 2025).

Perkembangan penelitian menunjukkan bahwa berbagai polimer alam seperti karagenan, alginat, pati, pektin, glukukan, selulosa, dan glucomannan memiliki potensi besar sebagai bahan dasar cangkang kapsul. Polimer-polimer tersebut mampu membentuk film atau gel yang dapat disesuaikan sifat fisik dan mekaniknya melalui proses formulasi tertentu. Karagenan dari rumput laut, misalnya, banyak diteliti karena memiliki kemampuan gelasi yang baik, namun sering membutuhkan modifikasi atau kombinasi dengan bahan lain untuk meningkatkan stabilitas dan waktu disintegrasi (Soraya et al., 2024; Rambe et al., 2024). Sementara itu, alginat dari alga cokelat juga menunjukkan potensi sebagai bahan pembentuk film kapsul, meskipun masih memerlukan optimasi karakteristik mekanik dan disolusi (El Viera et al., 2026).

Meskipun penelitian mengenai cangkang kapsul berbasis bahan alam sebagai alternatif gelatin telah berkembang dengan memanfaatkan berbagai biopolimer, seperti karagenan, alginat, pektin, glukomanan, pati, selulosa, kitosan, dan pullulan (Adi et al., 2023; Ni'mah et al., 2022; Ahmadpour et al., 2024; Hartini et al., 2025), sebagian besar penelitian masih berfokus pada formulasi dan karakterisasi satu jenis bahan atau kombinasi bahan tertentu secara terpisah. Akibatnya, informasi mengenai perkembangan formulasi, metode karakterisasi, kelebihan dan kekurangan masing-masing bahan, serta tren inovasi cangkang kapsul berbasis bahan alam masih tersebar di berbagai publikasi dan belum disajikan dalam suatu kajian yang komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan literature review yang menghimpun, membandingkan, dan menganalisis hasil-hasil penelitian terkini mengenai formulasi dan karakterisasi cangkang kapsul berbasis bahan alam sebagai alternatif gelatin, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh serta menjadi referensi bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

Selain bahan berbasis laut, pati dari berbagai sumber seperti jagung, gembili, garut, hingga aren juga banyak digunakan dalam pengembangan kapsul non-gelatin. Pati memiliki keunggulan berupa ketersediaan yang melimpah dan biaya yang relatif rendah, namun sifatnya yang hidrofilik menyebabkan sensitivitas terhadap kelembapan sehingga mempengaruhi stabilitas kapsul. Oleh karena itu, pati sering dikombinasikan dengan polimer lain seperti karagenan, HPMC, atau alginat untuk meningkatkan kekuatan dan performa kapsul (Jamwal & Dhongade, 2024; Fatonah et al., 2024; Khairunnisa et al., 2025).

Di sisi lain, selulosa dan turunannya seperti mikrokristalin selulosa dan natrium karboksimetil selulosa juga menunjukkan potensi yang kuat sebagai bahan kapsul karena memiliki stabilitas mekanik yang tinggi. Namun, selulosa cenderung kurang mampu membentuk gel secara mandiri sehingga sering digunakan dalam sistem komposit dengan polimer lain untuk menghasilkan sifat kapsul yang lebih seimbang antara kekuatan dan disintegrasi (Sabara et al., 2023; Mahmoud et al., 2025). Pendekatan komposit ini juga banyak diterapkan pada kombinasi

pektin, glucomannan, dan karagenan yang terbukti mampu menghasilkan karakteristik kapsul yang lebih optimal (Adi et al., 2023; Permata, 2022).

Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa pemanfaatan biomassa dan limbah pertanian seperti kulit buah, ampas tebu, dan sumber daya lokal lainnya dapat menjadi alternatif bahan baku kapsul yang lebih berkelanjutan. Kulit buah nangka, kulit cokelat, hingga breadfruit peel telah diteliti sebagai sumber polimer alami untuk formulasi kapsul non-gelatin, yang tidak hanya mendukung aspek farmasetis tetapi juga aspek lingkungan melalui konsep ekonomi sirkular (Rizal et al., 2025; Sabara et al., 2023; Suparman et al., 2019).

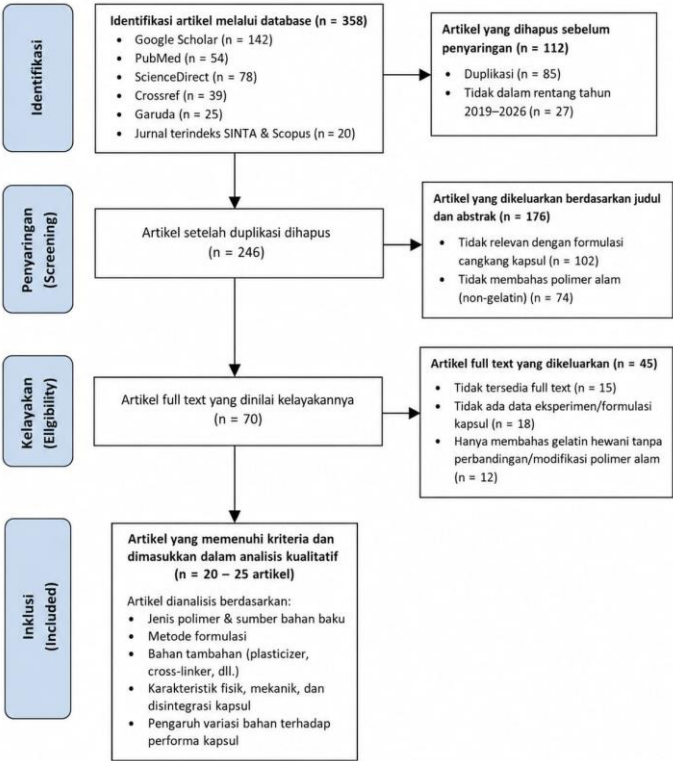
Beberapa kajian sebelumnya telah membahas pengembangan cangkang kapsul non-gelatin dengan fokus pada jenis polimer tertentu, seperti kombinasi karagenan dan pektin (Amalina et al., 2020; Permata, 2022), pektin dan glukomanan (Adi et al., 2023), maupun pullulan sebagai bahan cangkang kapsul (Ahmadpour et al., 2024). Hingga saat ini, masih terbatas kajian literatur yang secara komprehensif membandingkan perkembangan berbagai polimer alam yang digunakan sebagai alternatif gelatin, mencakup sumber bahan baku, metode formulasi, bahan tambahan, karakteristik fisik, mekanik, serta waktu disintegrasi kapsul. Oleh karena itu, kebaruan (novelty) dari literature review ini adalah menyajikan sintesis yang komprehensif mengenai perkembangan formulasi dan karakterisasi cangkang kapsul berbasis berbagai polimer alam selama periode 2019-2026, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai tren penelitian, kelebihan dan keterbatasan masing-masing bahan, serta menjadi dasar dalam pengembangan formulasi cangkang kapsul non-gelatin pada penelitian selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengkaji perkembangan formulasi cangkang kapsul non-gelatin berbasis polimer alam serta pengaruh variasi bahan terhadap karakteristik fisik, mekanik, dan disintegrasi kapsul. Metode ini dipilih karena mampu memberikan pendekatan yang sistematis, terstruktur, dan komprehensif dalam mengidentifikasi serta mensintesis berbagai hasil penelitian yang telah dipublikasikan. Pencarian literatur dilakukan melalui berbagai database ilmiah nasional dan internasional seperti Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Crossref, Garuda, serta jurnal terindeks SINTA dan Scopus. Kata kunci yang digunakan meliputi “non-gelatin capsule shell”, “plant-based capsule”, “carrageenan capsule”, “alginate capsule”, “starch capsule”, “pectin capsule”, “cellulose capsule”, “glucomannan capsule”, serta “formulasi cangkang kapsul non-gelatin”. Berdasarkan penelusuran pada database tersebut, diperoleh sebanyak 358 artikel. Setelah dilakukan penghapusan artikel duplikat, proses penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, serta penilaian kelayakan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 25 artikel yang memenuhi syarat untuk dianalisis pada penelitian ini. Proses seleksi artikel disajikan pada Gambar 1 menggunakan diagram PRISMA. Artikel yang dikumpulkan dibatasi pada publikasi delapan tahun terakhir (2019-2026), tersedia dalam teks lengkap, dan berfokus pada pengembangan serta evaluasi cangkang kapsul berbasis polimer alam, baik secara tunggal maupun dalam bentuk kombinasi komposit. Studi yang hanya membahas gelatin hewani tanpa perbandingan atau modifikasi dengan polimer alam tidak dimasukkan dalam analisis.

Proses seleksi artikel dilakukan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memastikan relevansi dan kualitas data yang dianalisis. Kriteria inklusi mencakup penelitian eksperimental yang membahas formulasi cangkang kapsul berbasis karagenan, alginat, pati, pektin, selulosa, glucomannan, maupun komposit polimer lainnya, serta artikel yang mengevaluasi parameter seperti kekuatan mekanik, ketebalan film, elastisitas, stabilitas, dan waktu disintegrasi kapsul. Sementara itu, artikel yang tidak memiliki akses full text, tidak relevan dengan topik formulasi kapsul, atau berupa review tanpa data eksperimen dikeluarkan dari analisis. Sebanyak sekitar

20-25 artikel yang memenuhi kriteria kemudian dianalisis secara deskriptif-kualitatif dengan mengidentifikasi jenis polimer yang digunakan, sumber bahan baku, metode formulasi, penggunaan bahan tambahan seperti plasticizer atau cross-linker, serta pengaruhnya terhadap karakteristik akhir kapsul. Data yang diperoleh kemudian disintesis dan dibandingkan untuk menemukan pola hubungan antara jenis polimer dan performa kapsul, sehingga dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai strategi formulasi yang paling efektif dalam pengembangan cangkang kapsul non-gelatin berbasis polimer alam.



Gambar 1. Diagram Prisma

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

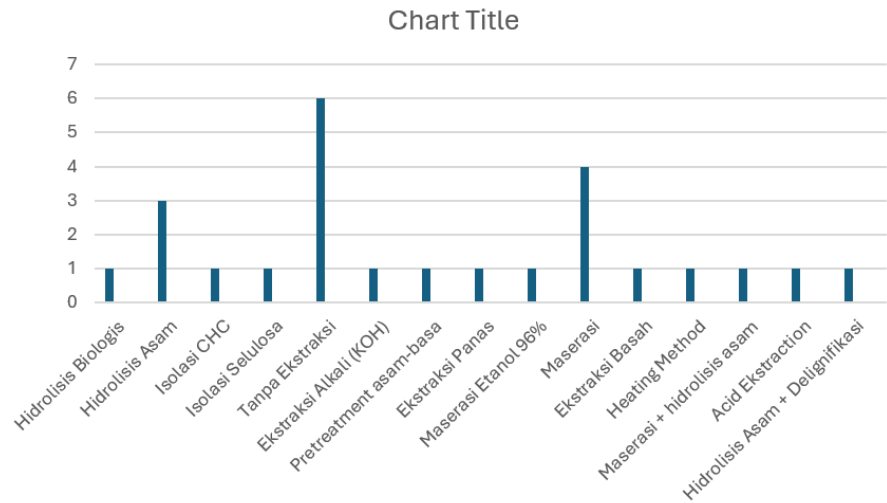
Tabel 1. Hasil Literature Review

No	Penulis	Judul	Hasil
1	Adi et al. (2023)	<i>Plant-based capsule shell from pectin and glucomannan</i>	Kombinasi pektin dan glukomanan dapat membentuk cangkang kapsul nabati dengan sifat fisik yang baik dan berpotensi menggantikan gelatin.
2	Agustin et al. (2021)	<i>Effect of added pectin and microcrystalline cellulose (MCC) on capsule shell quality</i>	Penambahan pektin dan MCC meningkatkan kekuatan serta kualitas cangkang kapsul.
3	Ahmadpour et al. (2024)	<i>Design and preparation of a novel pullulan hard capsule formulation</i>	Pullulan menunjukkan potensi sebagai bahan kapsul keras yang ramah lingkungan dan biodegradable.
4	El Viera et al. (2026)	<i>Preparation and evaluation of capsule shell films formulated from brown seaweed alginate</i>	Alginat rumput laut coklat menghasilkan film cangkang kapsul

			dengan karakteristik fisik yang baik.
5	Erawati et al. (2023)	<i>Drug release kinetics of capsule shells from seaweed carrageenan extract and potato starch</i>	Karagenan dan pati kentang menghasilkan kapsul dengan profil pelepasan obat yang baik.
6	Fatonah et al. (2024)	<i>Studi awal pembuatan cangkang kapsul dari komposit pati garut dan karagen</i>	Komposit pati garut dan karagen berpotensi sebagai bahan kapsul non-gelatin.
7	Hartini et al. (2025)	<i>Structural and functional enhancement of halal gelatin capsules reinforced with corn husk cellulose</i>	Selulosa kulit jagung meningkatkan kekuatan dan stabilitas kapsul gelatin halal.
8	Indriawan et al. (2023)	<i>Formulasi kapsul antidiabetes ekstrak umbi bawang dayak</i>	Variasi Avicel PH 101 dan pregelatinized starch memengaruhi mutu kapsul.
9	Jamwal & Dhongade (2024)	<i>Development, optimization, and characterization of plant-polymer hard capsules</i>	Kombinasi pati jagung, agar, natrium alginat, dan HPMC menghasilkan kapsul keras dengan sifat optimal.
10	Khairunnisa et al. (2025)	<i>The characterization of capsule shell from acid-hydrolyzed palm oil starch</i>	Pati sawit terhidrolisis asam dapat digunakan sebagai bahan cangkang kapsul alternatif.
11	Mahardika et al. (2022)	<i>Sintesis dan karakterisasi cangkang kapsul non-gelatin dari lidah buaya-karagenan</i>	Kombinasi lidah buaya dan karagenan menghasilkan kapsul non-gelatin yang memenuhi karakteristik dasar.
12	Mahmoud et al. (2025)	<i>Synthesis and characterization of sodium carboxymethylcellulose from Sansevieria trifasciata</i>	CMC dari Sansevieria berpotensi sebagai bahan baku cangkang kapsul.
13	Mardiyah et al. (2024)	<i>Characteristics of carrageenan from seaweed hydrolysis using marine fungi</i>	Karagenan hasil hidrolisis menunjukkan karakteristik yang sesuai untuk kapsul keras.
14	Muhtadi et al. (2025)	<i>Innovative capsule shell formula: Glucomannan and carrageenan with butterfly pea flower extract</i>	Kombinasi glukomanan dan karagenan dengan pewarna alami menghasilkan kapsul inovatif.
15	Ni'mah et al. (2022)	<i>The fabrication of water-soluble chitosan capsule shell modified by alginate and gembili starch</i>	Modifikasi kitosan dengan alginat dan pati gembili meningkatkan kelarutan serta kualitas kapsul.
16	Pradaniz et al. (2025)	<i>Synthesis of gelatin-free halal capsule shells based on microcrystalline cellulose from sugar palm waste</i>	MCC dari limbah aren berpotensi menghasilkan kapsul halal bebas gelatin.
17	Rambe et al. (2024)	<i>Effect of corn starch and glycerol additions on the characteristics of capsule shells from seaweed carrageenan</i>	Penambahan pati jagung dan gliserol memengaruhi sifat mekanik serta elastisitas kapsul.
18	Rissa et al. (2025)	<i>Formulasi dan evaluasi fisik sediaan kapsul ekstrak daun binahong</i>	Formulasi kapsul ekstrak binahong memenuhi parameter evaluasi fisik.

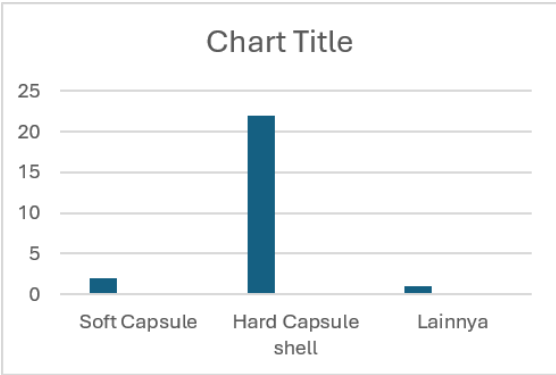
19	Rizal et al. (2025)	Formulation and characterization of capsule shells from breadfruit peel	Kulit sukun dapat digunakan sebagai bahan dasar cangkang kapsul dengan karakteristik yang baik.
20	Sabara et al. (2023)	Sugarcane bagasse as the source of nanocrystalline cellulose for gelatin-free capsule shell	Nanoselulosa ampas tebu berpotensi sebagai bahan kapsul bebas gelatin.
21	Soraya et al. (2024)	Enhancing carrageenan-based capsule shell formulation from Kappaphycus striatum	Penambahan disintegan mempercepat waktu hancur kapsul berbasis karagenan.
22	Suparman et al. (2019)	Karakterisasi dan formulasi cangkang kapsul dari tepung pektin kulit buah cokelat	Pektin kulit kakao dapat diformulasikan menjadi cangkang kapsul dengan sifat fisik yang baik.
23	Zilhadia et al. (2022)	Evaluation and characterization of hard-shell capsules formulated by using goatskin gelatin	Gelatin kulit kambing menghasilkan kapsul keras dengan karakteristik sesuai standar.
24	Permata (2022)	Formulasi cangkang kapsul dari kombinasi karagenan dan pektin apel menggunakan DOE	Kombinasi karagenan dan pektin apel menghasilkan formula kapsul yang optimum.
25	Amalina et al. (2020)	Formulasi cangkang kapsul dengan kombinasi kappa karagenan dan iota karagenan	Kombinasi dua jenis karagenan meningkatkan kualitas dan sifat mekanik kapsul.

Tabel 2. Metode Ekstraksi



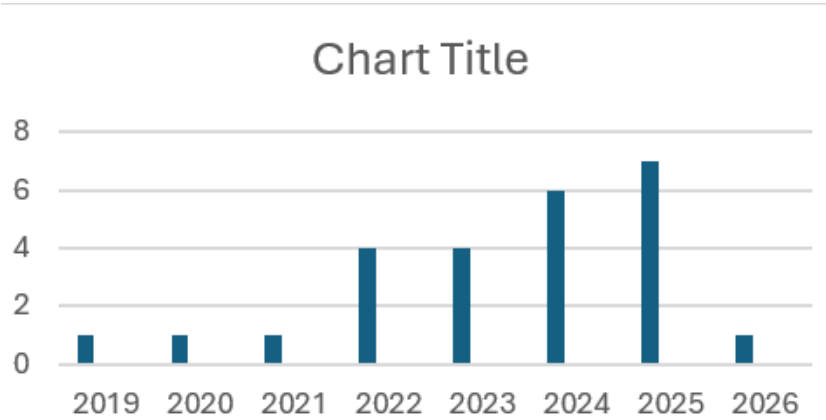
Berdasarkan hasil analisis 25 jurnal, metode ekstraksi yang digunakan cukup beragam. Metode tanpa ekstraksi dan maserasi merupakan metode yang paling banyak digunakan dibandingkan metode lainnya. Selain itu, terdapat beberapa metode lain seperti hidrolisis asam, ekstraksi panas, ekstraksi basa, serta kombinasi hidrolisis dan delignifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan metode ekstraksi disesuaikan dengan karakteristik bahan baku dan tujuan penelitian.

Tabel 3. Bentuk Sediaan



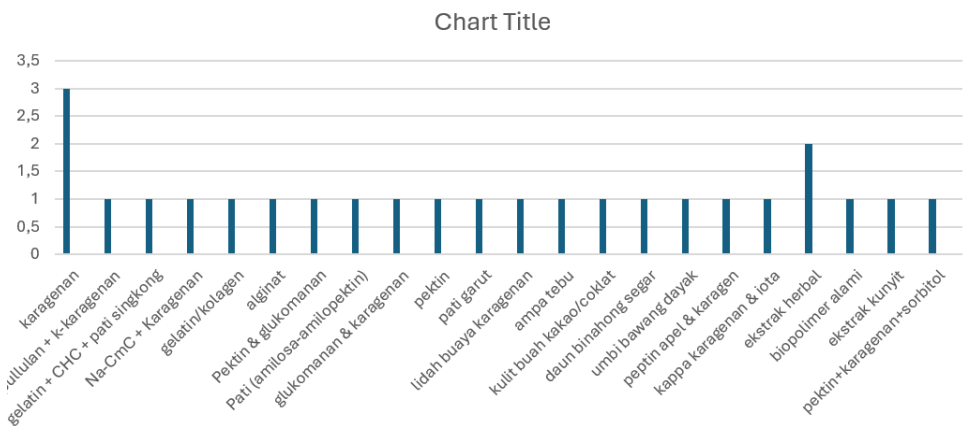
Hasil analisis menunjukkan bahwa kapsul keras (hard capsule) merupakan bentuk sediaan yang paling banyak diteliti dibandingkan film cangkang kapsul maupun bentuk lainnya. Dominasi kapsul keras ini menunjukkan bahwa bentuk sediaan tersebut masih menjadi pilihan utama karena memiliki proses pembuatan yang relatif mudah dan banyak digunakan dalam industri farmasi.

Tabel 4. Tahun Publikasi



Sebaran tahun publikasi menunjukkan bahwa penelitian mengenai cangkang kapsul mengalami peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Jumlah artikel terbanyak ditemukan pada tahun 2025, diikuti tahun 2024 dan 2023. Hal ini menunjukkan bahwa topik pengembangan cangkang kapsul masih menjadi bidang penelitian yang terus berkembang dan menarik perhatian peneliti.

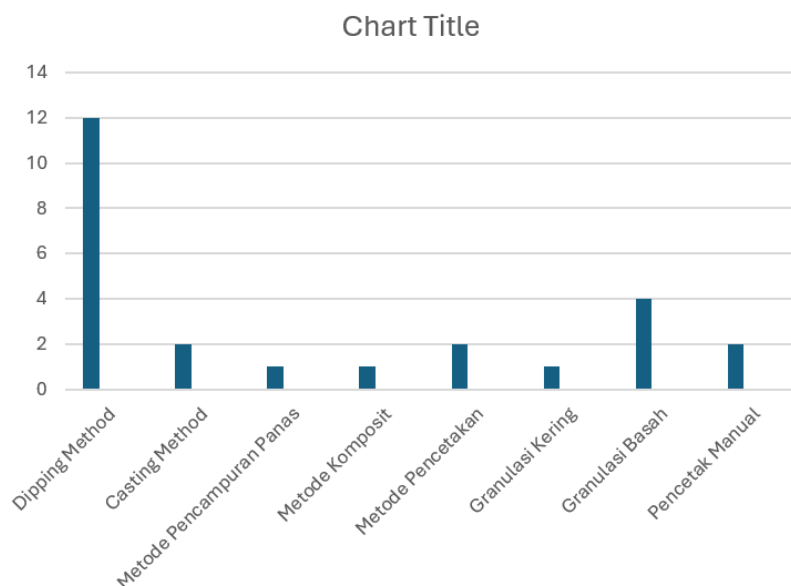
Tabel 5. Bahan Dasar Cangkang



Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan dasar atau polimer yang digunakan dalam pembuatan cangkang kapsul sangat beragam. Kombinasi gelatin dan karagenan merupakan bahan yang

paling banyak digunakan, diikuti oleh berbagai bahan lain seperti pektin, pati, kitosan, alginat, gum arab, dan biopolimer alami lainnya. Keanekaragaman bahan ini menunjukkan adanya upaya untuk menghasilkan cangkang kapsul yang memiliki sifat fisik yang baik serta memenuhi kebutuhan bahan yang aman, alami, dan ramah lingkungan.

Tabel 6. Metode Pembuatan Cangkang



Berdasarkan diagram, dipping method merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam pembuatan cangkang kapsul. Selain itu, terdapat metode lain seperti casting method, pencetakan, metode komposit, granulasi basah, dan granulasi kering. Banyaknya penggunaan dipping method menunjukkan bahwa metode ini dinilai lebih sederhana, efisien, dan mampu menghasilkan cangkang kapsul dengan kualitas yang baik.

Bahan polimer alam seperti karagenan, alginat, pati, pektin, selulosa, dan glucomannan memiliki peran penting dalam pengembangan cangkang kapsul non-gelatin karena mampu membentuk struktur film dan gel yang menyerupai gelatin. Karagenan menjadi salah satu bahan yang paling banyak diteliti karena memiliki kemampuan gelasi yang baik, namun masih memiliki keterbatasan pada kekuatan mekanik dan stabilitas. Soraya et al. (2024) menunjukkan bahwa penambahan disintegan pada kapsul berbasis karagenan dapat mempercepat waktu hancur tanpa merusak struktur kapsul, sementara Rambe et al. (2024) melaporkan bahwa kombinasi karagenan dengan pati dan gliserol dapat meningkatkan fleksibilitas film kapsul.

Selain karagenan, alginat dan pati juga banyak digunakan sebagai bahan dasar kapsul non-gelatin. Alginat mampu membentuk film kapsul yang stabil, tetapi masih memerlukan optimasi untuk meningkatkan sifat mekaniknya (El Viera et al., 2026). Pati dari berbagai sumber seperti garut, jagung, dan sawit memiliki keunggulan pada ketersediaan dan biaya rendah, tetapi cenderung sensitif terhadap kelembapan. Fatonah et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi pati garut dan karagenan menghasilkan kapsul dengan sifat fisik yang lebih baik dibandingkan penggunaan tunggal, sedangkan Khairunnisa et al. (2025) melaporkan bahwa modifikasi pati dapat meningkatkan stabilitas kapsul.

Selulosa dan turunannya juga memiliki kontribusi besar dalam pengembangan kapsul non-gelatin karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi. Sabara et al. (2023) menyatakan bahwa nanokristalin selulosa dari ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan kapsul yang stabil. Namun, selulosa kurang mampu membentuk gel sehingga lebih sering digunakan sebagai penguat atau dikombinasikan dengan polimer lain. Mahmoud et al. (2025) juga menunjukkan

bahwa modifikasi selulosa dapat meningkatkan fleksibilitas dan fungsionalitasnya dalam formulasi kapsul.

Pendekatan komposit menjadi strategi yang paling efektif dalam pengembangan kapsul non-gelatin karena mampu menggabungkan keunggulan masing-masing polimer. Adi et al. (2023) menunjukkan bahwa kombinasi pektin dan glucomannan menghasilkan kapsul dengan sifat film yang stabil dan fleksibel. Permata (2022) juga menegaskan bahwa rasio bahan sangat mempengaruhi karakteristik akhir kapsul, sehingga optimasi formulasi menjadi faktor penting. Selain itu, kombinasi berbagai polimer juga memungkinkan penyesuaian sifat fisik kapsul sesuai kebutuhan.

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa tidak ada satu polimer tunggal yang mampu menggantikan gelatin secara sempurna. Setiap bahan memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing, sehingga pendekatan terbaik adalah penggunaan sistem komposit polimer alam. Strategi ini memungkinkan tercapainya keseimbangan antara kekuatan mekanik, stabilitas, dan kemampuan disintegrasi kapsul, sekaligus mendukung pengembangan sediaan farmasi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil Systematic Literature Review (SLR) yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa berbagai polimer alam seperti karagenan, alginat, pati, pektin, selulosa, dan glucomannan memiliki potensi besar sebagai bahan alternatif cangkang kapsul non-gelatin, namun masing-masing memiliki keunggulan dan keterbatasan dalam hal kekuatan mekanik, stabilitas, dan kemampuan disintegrasi. Karagenan unggul dalam pembentukan gel, pati dan alginat memiliki kelebihan dari segi ketersediaan dan biaya, sedangkan selulosa memberikan kontribusi pada peningkatan kekuatan struktur. Hasil kajian menunjukkan bahwa tidak ada satu bahan tunggal yang mampu memenuhi seluruh karakteristik ideal cangkang kapsul, sehingga pendekatan formulasi berbasis komposit polimer menjadi strategi paling efektif karena mampu menghasilkan keseimbangan sifat fisik, mekanik, dan fungsional kapsul yang lebih optimal serta mendukung pengembangan sediaan farmasi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan studi eksperimental langsung terhadap formulasi komposit polimer alam, khususnya kombinasi karagenan dengan selulosa atau pati, guna memperoleh cangkang kapsul non-gelatin dengan kekuatan mekanik, stabilitas, dan waktu disintegrasi yang optimal. Peneliti dan industri farmasi juga disarankan untuk mengeksplorasi pemanfaatan limbah pertanian dan biomassa lokal sebagai sumber bahan baku alternatif yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. Selain itu, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai standarisasi metode karakterisasi cangkang kapsul non-gelatin agar hasil penelitian antarstudi dapat dibandingkan secara lebih objektif, sehingga dapat mempercepat penerapan cangkang kapsul berbasis bahan alam dalam industri farmasi halal dan vegan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, I. K., Totou, R. R. A., Cahyani, M. D., & Puspasari, I. (2023). *Plant-based capsule shell from pectin and glucomannan*. Chemical Engineering Transactions, 106, 1309-1314. <https://doi.org/10.3303/CET23106219>
- Agustin, N., Lismeri, L., & Azwar, E. (2021). *Effect of added pectin and microcrystalline cellulose (MCC) on capsule shell quality*. <https://doi.org/10.23960/jesr.v3i2.64>

- Ahmadpour, F., Zolfaghari, M. A., & Jafari, D. (2024). *Design and preparation of a novel pullulan hard capsule formulation: A promising green candidate*. Heliyon, 10(9), e28969. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28969>
- El Viera, B. V., Saepudin, S., & Saidah, L. I. A. (2026). *Preparation and evaluation of capsule shell films formulated from brown seaweed alginate (Sargassum crassifolium)*. Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA, 21(1). <https://doi.org/10.29303/jpm.v21i1.10824>
- Erawati, E., Hamid, H., Musthofa, M., Fatoni, R., Nurwaini, S., Rahmah, A. U., & Setiawan, P. R. (2023). *Drug release kinetics of capsule shells from seaweed carrageenan extract (Eucheuma cottonii) and potato starch as a gelling agent*. Bulletin of the National Research Centre, 47, Article 145. <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01045-6>
- Fatonah, I. S., Kadarusman, S. F., Nurulaeni, S. Q., Delilah, G. G. A., & Setiadji, S. (2024). *Studi awal pembuatan cangkang kapsul dari komposit pati garut (Maranta arundinacea) dan karagen*. <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/2352>
- Hartini, Y. S., Kristanto, A. M. R., & Wahyuningrum, T. E. (2025). *Structural and functional enhancement of halal gelatin capsules reinforced with corn husk cellulose*. Polymers, 17(20), 2803. <https://doi.org/10.3390/polym17202803>
- Indriawan, K. A., Sa'adah, H., & Helmidanora, R. (2023). *Formulasi kapsul antidiabetes ekstrak umbi bawang dayak (Eleutherine palmifolia (L.) Merr.) dengan variasi konsentrasi Avicel PH 101 dan pregelatinized starch*. <https://doi.org/10.33759/jrki.v5i3.402>
- Jamwal, P., & Dhongade, H. J. (2024). *Development, optimization, and characterization of plant-polymer hard capsules prepared from corn starch, agar-agar, sodium alginate, and HPMC*. Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology, 31(8), 1125-1138. <https://doi.org/10.53555/j7yvge16>
- Khairunnisa, A., Viogenta, P., Kartinah, N., & Azzahra, D. A. (2025). *The characterization of capsule shell from acid-hydrolyzed palm oil starch*. Alchemy: Journal of Chemistry, 21(1), 72-81. <https://doi.org/10.20961/alchemy.21.1.93550.72-81>
- Mahardika, M., Dariyat, Susparini, N. T., & Amin, F. (2022). *Sintesis dan karakterisasi cangkang kapsul non-gelatin dari lidah buaya (Aloe vera L.)-karagenan*. <https://doi.org/10.30653/medsains.v2i2.322>
- Mahmoud, N., Belaabed, N. E. H., & Ghazouani, H. (2025). *Synthesis and characterization of sodium carboxymethylcellulose from Sansevieria trifasciata as an alternative raw material for capsule shell*. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences. <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2025.40070>
- Mardiyah, U., Hartulistiyoso, E., & Iskandar, B. H. (2024). *Characteristics of carrageenan from seaweed hydrolysis using marine fungi as hard-shell capsule material*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i8.51946>
- Muhtadi, M., Suhendi, A., Haryoto, H., Indrayudha, P., Maulana, R., & Suranto, S. (2025). *Innovative capsule shell formula: Glucomannan and carrageenan with natural butterfly pea flower (Clitoria ternatea) extract colorant*. BIO Web of Conferences, 180, 01007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202518001007>
- Ni'mah, Y. L., Suprpto, S., Harmami, H., Ulfin, I., & Fauziyah, P. A. (2022). *The fabrication of water-soluble chitosan capsule shell modified by alginate and gembili starch (Dioscorea esculenta L.)*. Journal of Renewable Materials, 10(9), 2621-2634.
- Pradaniz, E. P., Prawesti, W. A., Iwahyuningtyas, I., Naufiannida, N. A., Maharani, A., &

- Fadilah. (2025). *Synthesis of gelatin-free halal capsule shells based on microcrystalline cellulose from solid sugar palm (Aren) waste*. Equilibrium Journal of Chemical Engineering, 9(1).
- Rambe, F. Y., Setiawan, D. H., & Kusuma, S. A. F. (2024). *Effect of corn starch and glycerol additions on the characteristics of capsule shells from seaweed carrageenan*. Jurnal Farmasi dan Praktik Alami. <https://journal.ugm.ac.id/v3/JFPA>
- Rissa, M. M., Wijaya, A., & Urfiyya, Q. A. (2025). *Formulasi dan evaluasi fisik sediaan kapsul ekstrak daun binahong (Anredera cordifolia Steen.) sebagai antidiabetes*. <https://doi.org/10.51771/fj.v5i1.1262>
- Rizal, R., Nofrizal, N., & Bakri, L. P. (2025). *Formulation and characterization of capsule shells from breadfruit peel (Artocarpus altilis (Park) Fosberg)*. Pharmaceutical Science and Technology, 9(1). <https://doi.org/10.11648/j.pst.20250901.12>
- Sabara, Z., Mutmainnah, A., Kalsum, U., Afiah, I. N., Husna, I., Saregar, A., Umam, R., & Irzaman. (2023). *Sugarcane bagasse as the source of nanocrystalline cellulose for gelatin-free capsule shell*. International Journal of Biomaterials, 2023, Article 8843274. <https://doi.org/10.1155/2023/8843274>
- Soraya, M., Putri, R. P. G., Purwoto, H., Royanti, I., Dyah, C. K., Sari, D. D. P., & Laksono, H. (2024). *Enhancing carrageenan-based capsule shell formulation from Kappaphycus striatum for accelerated disintegration time with multiple disintegrant*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1377(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1377/1/012003>
- Suparman, A., Herawati, D., & Fitratul, Z. T. (2019). *Karakterisasi dan formulasi cangkang kapsul dari tepung pektin kulit buah coklat (Theobroma cacao L.)*. <https://media.neliti.com/media/publications/458726-karakterisasi-dan-formulasi-cangkang-kap-d0a48337.pdf>
- Zilhadia, Z., Harahap, Y., Jaswir, I., & Anwar, E. (2022). *Evaluation and characterization of hard-shell capsules formulated by using goatskin gelatin*. Polymers, 14(20), 4416. <https://doi.org/10.3390/polym14204416>
- Permata, S. D. (2022). *Formulasi cangkang kapsul dari kombinasi karagenan dan pektin apel menggunakan pendekatan design of experiment (Skripsi, Universitas Sriwijaya)*. Repository Universitas Sriwijaya. https://repository.unsri.ac.id/80440/10/RAMA_48201_08061381823108_0028058601_0009107502_01_front_ref.pdf
- Amalina, N., Anggraeni, Y., & Dhillasari, E. M. (2020). *Formulasi cangkang kapsul dengan kombinasi kappa karagenan dan iota karagenan*. Jurnal Pengabdian Kepada Kesehatan, 1(1). <https://ejournal.melekliterasi.com/index.php/JPKK/article/view/208/165>