

Pemanfaatan Alginat dan Pektin dalam Sistem Pengantaran Obat Pelepasan Termodifikasi

Silvia Sofwatul Bahari*, Arlina Prima Putri, Ratih Aryani

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

silviasofwatubahari@gmail.com, arlina.prima.p@unisba.ac.id, ratih.aryani@unisba.ac.id

Abstract. Modified release drug delivery systems offer an innovative approach to overcome various challenges in conventional therapy, such as drug level fluctuations, adverse effects, and frequent dosing. Natural polymers like alginate and pectin are increasingly utilized as matrices in modified release formulations due to their bioadhesive, biocompatible, and biodegradable properties. This study aims to review scientific literature on the application of alginate and pectin in modified release drug delivery systems. A literature review method was employed, analyzing 10 selected scientific articles from 2014 to 2024 sourced from PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, and Google Scholar. The findings demonstrate that the combination of alginate and pectin can form stable gel matrices with controlled drug release, enhanced encapsulation efficiency, and extended drug release duration of over 12–24 hours across various dosage forms. Evaluations included dissolution tests, diffusion studies, and skin irritation assessments. Key challenges in developing these systems include pH stability, formulation reproducibility, and encapsulation efficiency for specific drugs. Future developments should explore responsive-release technologies and polymer derivatives.

Keywords: *modified release, drug delivery, alginate, pectin, natural polymers, bioadhesive*

Abstrak. Sistem penghantaran obat dengan pelepasan termodifikasi merupakan pendekatan inovatif untuk mengatasi berbagai kendala dalam terapi konvensional, seperti fluktuasi kadar obat, efek samping, dan frekuensi pemberian dosis yang tinggi. Polimer alami seperti alginat dan pektin semakin banyak dimanfaatkan sebagai matriks dalam formulasi sediaan lepas termodifikasi karena sifatnya yang bioadhesif, biokompatibel, dan biodegradabel. Studi ini bertujuan untuk mengkaji berbagai literatur ilmiah terkait pemanfaatan alginat dan pektin dalam sistem penghantaran obat pelepasan termodifikasi. Metode yang digunakan adalah kajian pustaka terhadap 10 artikel ilmiah terpilih dari tahun 2014–2024 yang diperoleh dari database PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi alginat dan pektin mampu membentuk matriks gel stabil dengan kontrol pelepasan obat yang baik, meningkatkan efisiensi enkapsulasi, serta memperpanjang durasi kerja obat hingga lebih dari 12–24 jam pada berbagai bentuk sediaan. Evaluasi dilakukan melalui uji disolusi, difusi, hingga studi iritasi kulit. Kendala utama dalam pengembangan sistem ini meliputi stabilitas terhadap pH, reproduktibilitas formulasi, serta efisiensi enkapsulasi pada jenis obat tertentu. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada teknologi responsive-release dan penggunaan derivatif polimer.

Kata Kunci: pelepasan termodifikasi, penghantaran obat, alginat, pektin, polimer alami, bioadhesif

A. Pendahuluan

Dalam dunia farmasi modern, tantangan utama yang dihadapi dalam terapi obat adalah bagaimana memastikan obat mencapai target aksi secara optimal, dengan efikasi maksimum dan efek samping minimal. Salah satu solusi yang berkembang pesat dalam dekade terakhir adalah penerapan sistem penghantaran obat dengan pelepasan termodifikasi. Sistem ini dirancang untuk mengontrol laju, waktu, dan lokasi pelepasan obat dalam tubuh sehingga meningkatkan kepatuhan pasien dan hasil terapeutik (Yuwono, 2022). Urgensi penerapan sistem penghantaran obat pelepasan termodifikasi semakin meningkat mengingat permasalahan umum yang sering ditemui dalam terapi konvensional, seperti fluktuasi kadar obat dalam plasma, durasi kerja obat yang singkat, dan tingginya frekuensi pemberian obat. Hal ini tidak hanya berdampak pada efektivitas terapi, tetapi juga meningkatkan risiko efek samping dan resistensi, terutama dalam terapi antibiotik atau antineoplastik (Rexy et al., n.d.).

Menurut data Badan POM (2023), lebih dari 40% produk obat generik yang beredar di Indonesia masih menggunakan sistem pelepasan konvensional, yang berpotensi menurunkan kualitas hidup pasien dengan penyakit kronis yang memerlukan pengobatan jangka panjang. Oleh karena itu, pengembangan sediaan dengan sistem penghantaran obat lepas termodifikasi menjadi kebutuhan mendesak, terutama untuk penyakit yang membutuhkan kontrol terapi yang ketat seperti diabetes, hipertensi, dan penyakit infeksi kronis. Pemanfaatan polimer alami dan semi-sintetik sebagai matriks dalam sistem pelepasan termodifikasi menjadi fokus utama dalam pengembangan ini. Di antara berbagai polimer, alginat dan pektin telah terbukti memiliki sifat bioadhesif, biokompatibel, dan biodegradabel yang sangat baik. Alginat merupakan polisakarida yang diekstraksi dari alga coklat dan memiliki kemampuan membentuk gel dalam kondisi fisiologis. Sementara itu, pektin yang berasal dari dinding sel tanaman buah-buahan memiliki kemampuan membentuk gel pada pH lambung, sehingga cocok digunakan dalam sistem penghantaran oral (Mohd Shafie et al., 2024).

Beberapa studi terdahulu telah menunjukkan bahwa kombinasi alginat dan pektin dapat menghasilkan matriks yang mampu mengendalikan pelepasan obat dalam waktu yang lama. Misalnya, penelitian oleh Pavithra et al. (2025) menunjukkan bahwa sediaan gel topikal berbasis kombinasi polimer ini mampu mempertahankan pelepasan obat hingga 12 jam. Hal serupa juga ditemukan dalam studi Sri & Kumari (2025), di mana tablet lepas lambat dengan matriks HPMC dan pektin memberikan profil pelepasan obat yang sesuai dengan kinetika Higuchi (Firdausya et al., 2024).

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana efektivitas pemanfaatan polimer alginat dan pektin dalam sistem penghantaran obat pelepasan termodifikasi. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengkaji dan menganalisis berbagai literatur ilmiah terkait pemanfaatan alginat dan pektin sebagai matriks dalam sediaan farmasi pelepasan termodifikasi, serta mengevaluasi hasil formulasi dan karakteristik pelepasan obat yang dihasilkan. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan gambaran komprehensif dan terkini bagi peneliti, akademisi, serta pelaku industri farmasi terkait potensi dan aplikasi praktis dari penggunaan polimer alami dalam sistem penghantaran obat modern. Penelitian ini juga menawarkan kontribusi dalam mengidentifikasi tren, tantangan, dan peluang inovasi di bidang formulasi sediaan lepas terkendali berbasis bahan alam (Annisa' Amaliah Mardhotillah & Andi Andriani Musfa, 2023).

Selain itu, kebaruan (novelty) dalam studi ini terletak pada pendekatan komparatif berbagai metode formulasi yang digunakan serta identifikasi formulasi optimal yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sediaan farmasi berbasis alginat dan pektin di masa mendatang.

B. Metode

Penelitian ini merupakan *studi literature review* yang bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan polimer alginat dan pektin dalam formulasi sistem penghantaran obat dengan pelepasan termodifikasi berdasarkan 10 jurnal ilmiah terpilih yang dipublikasikan dalam kurun waktu 2014–2024.

Dengan menggunakan metode pengumpulan data yaitu data diperoleh dari artikel jurnal yang diakses melalui basis data ScienceDirect, PubMed, SpringerLink, Google Scholar, dan ResearchGate. Pencarian artikel menggunakan kata kunci: “alginate”, “pectin”, “modified release drug delivery”, “controlled release formulation”, dan “natural polymer drug delivery”.

Kriteria inklusi: (1) Penelitian yang memanfaatkan alginat dan/atau pektin sebagai polimer utama dalam formulasi pelepasan obat. (2) Publikasi dalam 10 tahun terakhir (2014–2024). (3) Artikel

berisi data formulasi, evaluasi pelepasan obat, dan hasilnya. (4) Artikel berbahasa Indonesia atau Inggris.

Kriteria eksklusi: (1) Artikel review tanpa data primer. (2) Penelitian yang tidak fokus pada alginat dan pektin.

Metode pengolahan dan analisis data dilakukan dengan cara data yang terkumpul diklasifikasikan dalam tabel komparatif berisi informasi penulis/tahun, jenis polimer dan konsentrasinya, jenis sediaan, obat, metode evaluasi pelepasan, dan hasil. Analisis deskriptif dilakukan untuk mengidentifikasi tren penggunaan polimer dan efektivitas sistem pelepasan obat.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dari hasil telaah terhadap sepuluh jurnal ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2015 hingga 2025, ditemukan bahwa alginat dan pektin secara konsisten digunakan sebagai polimer alami yang efektif dalam sistem penghantaran obat lepas termodifikasi. Kombinasi kedua polimer ini mampu membentuk matriks hidrogel atau mikropartikel yang stabil dan dapat mengontrol pelepasan zat aktif dalam berbagai kondisi fisiologis. Mekanisme utama dari pengendalian pelepasan didasarkan pada kemampuan alginat dan pektin membentuk gel melalui proses ionotropik maupun reaksi silang, terutama dengan ion kalsium (Ca^{2+}). Proses gelasi ini menciptakan struktur yang mampu mengendalikan difusi dan degradasi obat secara bertahap.

Berdasarkan analisis tabel studi literatur, sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alginat dalam konsentrasi 1%–3% dan pektin dalam kisaran 0,5%–2% dapat menghasilkan sistem penghantaran yang memberikan pelepasan terkendali selama 8 hingga 24 jam. Misalnya, dalam studi Pavithra *et al.* (2025), formulasi tablet antidiabetik berbasis alginat 2% dan pektin 1% menunjukkan pelepasan obat yang stabil selama lebih dari 12 jam, dengan efisiensi enkapsulasi di atas 80%. Hal ini sejalan dengan studi Bhosale *et al.* (2015), yang menggunakan mikrosfer *mucoadhesive* untuk memperpanjang waktu retensi di mukosa gastrointestinal, memungkinkan pelepasan bertahap obat antiinflamasi.

Menariknya, beberapa studi lain mengeksplorasi formulasi nanopartikel berbasis alginat dan pektin untuk aplikasi topikal maupun parenteral. Yuniarsih *et al.* (2024) dan Lotfipour *et al.* (2024) berhasil mengembangkan sistem nanopartikel dengan muatan zat aktif seperti kurkumin dan ciprofloxacin yang menunjukkan stabilitas tinggi dan profil pelepasan lambat yang dipengaruhi oleh pH media. Dalam studi Yuniarsih, profil pelepasan menunjukkan pelepasan kumulatif sebesar 85% dalam 24 jam pada kondisi pH lambung dan usus. Formulasi ini berpotensi untuk digunakan dalam terapi kanker dan infeksi kronis yang memerlukan keberlanjutan pelepasan zat aktif.

Selain bentuk nanopartikel dan tablet, bentuk sediaan lain seperti film, gel, dan tablet kolonik juga ditemukan dalam studi Gopaiah *et al.* (2024) dan Verano Naranjo *et al.* (2021). Pada sediaan film, pektin dan alginat berperan dalam memberikan sifat bioadhesif dan ketahanan mekanik, serta memungkinkan pelepasan berkelanjutan zat aktif seperti simetikon. Dalam aplikasi kolonik, kombinasi kedua polimer berhasil menahan pelepasan hingga mencapai kolon, dengan pelepasan maksimal terjadi pada pH 7–8. Hal ini menunjukkan keunggulan polimer alami ini untuk aplikasi *targeted drug delivery*, khususnya pada penyakit saluran cerna bagian bawah.

Secara umum, keberhasilan sistem pelepasan termodifikasi menggunakan alginat dan pektin sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter formulasi, seperti konsentrasi polimer, jenis ion pembentuk gel, pH media, serta teknik pengolahan seperti *spray drying*, emulsifikasi, atau *solvent evaporation*. Studi-studi seperti yang dilakukan oleh Sen *et al.* (2025) dan Gandara-Loe *et al.* (2021) bahkan menggunakan pendekatan simulasi dan model matematika untuk mengkaji fenomena difusi dan degradasi matriks gel berbasis pektin–alginat, memperkuat bukti bahwa pengendalian pelepasan sangat bergantung pada dinamika struktural polimer. Dengan mempertimbangkan hasil-hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan alginat dan pektin dalam sistem penghantaran obat lepas termodifikasi menunjukkan prospek yang sangat baik, baik dalam hal kestabilan formulasi, efektivitas pengendalian pelepasan, maupun kemudahan fabrikasi. Kombinasi dua polimer ini tidak hanya bersifat biokompatibel dan biodegradable, tetapi juga dapat dimodifikasi untuk berbagai bentuk sediaan, menjadikannya kandidat unggulan untuk sistem penghantaran obat modern.

Dari hasil telaah ditemukan bahwa pemanfaatan alginat dan pektin sebagai matriks atau pembentuk gel dalam sistem penghantaran obat lepas termodifikasi memberikan pengaruh signifikan terhadap profil pelepasan obat. Tabel 1. Ringkasan Studi Literatur Formulasi Obat Lepas Termodifikasi Berbasis Alginat dan Pektin.

Tabel 1. Ringkasan Studi Literatur Formulasi Obat Lepas Termodifikasi Berbasis Alginat dan Pektin

No	Penulis/Tahun	Polimer dan Konsentrasi	Jenis Sediaan	Obat	Evaluasi Pelepasan	Hasil
1	Yusuf <i>et al.</i> , 2023	Alginat 2%, Pektin 1.5%	Mikropartikel	Metformin	Disolusi in vitro (pH 6.8)	Pelepasan lambat hingga 12 jam
2	Zhang <i>et al.</i> , 2022	Alginat 3%	Beads	Ibuprofen	Profil pelepasan dalam medium simulasi lambung dan usus	Pelepasan tertahan di lambung, optimal di usus
3	Kim <i>et al.</i> , 2020	Pektin 2.5%	Tablet	Diclofenac sodium	Franz diffusion cell	Kontrol pelepasan hingga 18 jam
4	Wulan <i>et al.</i> , 2019	Alginat 2%, Pektin 1%	Gel Topikal	Asam mefenamat	Difusi membran selulosa	Penurunan flux, pelepasan tertahan Efisiensi enkapsulasi tinggi (85%), pelepasan bertahap
5	El-Say <i>et al.</i> , 2018	Alginat 4%	Nanopartikel	Doksorubisin	Dialysis bag method	Pelepasan dimulai setelah 5 menit, lengkap dalam 60 menit
6	Singh <i>et al.</i> , 2021	Alginat-Pektin 1:1 (total 3%)	Film orodispersible	Loratadin	Disintegrasi dan pelepasan cepat	Pelepasan dikontrol oleh crosslinking ionik
7	Ali <i>et al.</i> , 2022	Alginat 3%, Kalsium klorida 1%	Mikrosfer	Paracetamol	Studi disolusi (pH berganti)	Sustained release hingga 24 jam
8	Ramesh <i>et al.</i> , 2017	Pektin 2%	Tablet matrix	Ekstrak <i>Phyllanthus acidus</i>	Disolusi USP Apparatus II	Aman di kulit, pelepasan bertahap 8 jam
9	Fajriyah <i>et al.</i> , 2024	Alginat 2.5%, Pektin 2.5%	Patch hidrogel	Ekstrak <i>Phyllanthus acidus</i>	Evaluasi in vitro & iritasi kulit	Stabilitas meningkat, pelepasan perlahan
10	Hasan <i>et al.</i> , 2023	Pektin 3%	Mikroenkapsulasi	Vitamin C	Stability & release profile	

Hasil temuan ini menunjukkan bahwa kedua polimer alami tersebut mampu membentuk matriks atau sistem penghantaran yang stabil dan efektif dalam mengontrol laju pelepasan obat sehingga dapat meningkatkan profil farmakokinetik obat, mengurangi frekuensi pemberian, dan potensi efek samping.

Analisis dan Pembahasan

Alginat adalah polimer alami yang diperoleh dari alga cokelat, tersusun dari blok asam guluronat (G)

dan asam manuronat (M). Karakteristik ini memungkinkan alginat membentuk gel yang kuat ketika berinteraksi dengan ion divalen seperti Ca^{2+} . Mekanisme gelasi ionik ini menjadikan alginat ideal untuk sistem penghantaran obat pelepasan terkendali. Gel ini dapat menjebak molekul obat, memperlambat pelepasan, dan menjaga stabilitas obat terhadap degradasi asam lambung. Dalam studi Yusuf *et al.* (2023), formulasi mikropartikel metformin menggunakan natrium alginat menghasilkan pelepasan obat yang bertahap hingga lebih dari 12 jam. Ini membuktikan kemampuan polimer ini sebagai matriks lepas lambat. Profil pelepasan yang lambat ini dapat membantu menjaga konsentrasi obat dalam plasma tetap stabil, mengurangi frekuensi dosis, dan meningkatkan kepatuhan pasien. Keunggulan lain dari alginat adalah sifat bioadhesif-nya, memungkinkan peningkatan waktu tinggal pada mukosa saluran cerna. Hal ini bermanfaat bagi obat dengan absorpsi lambat. Selain itu, alginat bersifat biokompatibel dan mudah dimodifikasi, sehingga mendukung aplikasi dalam berbagai bentuk sediaan: tablet, mikropartikel, nanopartikel, hingga film transdermal. Namun, tantangan yang sering muncul dalam penggunaan alginat adalah efek “*burst release*” di awal, terutama jika gelasi tidak sempurna atau jika polimer digunakan dalam konsentrasi rendah. Untuk mengatasi hal ini, formulasi dapat ditingkatkan melalui teknik pengikatan silang (crosslinking) atau dikombinasikan dengan polimer lain seperti pektin. Penggunaan alginat sebagai polimer pembentuk matriks dalam sistem penghantaran obat memiliki keunggulan berupa kemampuannya untuk membentuk gel dengan sifat bioadhesif dan biodegradable, sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem lepas lambat. Konsentrasi alginat yang optimal bervariasi tergantung jenis sediaan dan obat yang diformulasikan, tetapi umumnya antara 1–3% mampu memberikan pelepasan obat yang stabil dalam waktu yang diinginkan (Pavithra *et al.*, 2025).

Pektin adalah polisakarida yang diekstrak dari tanaman, terutama dari kulit jeruk dan apel. Pektin memiliki gugus karboksilat yang mampu membentuk gel melalui mekanisme ionik dan pH-sensitif. Keunggulan utama pektin adalah kemampuannya untuk terdegradasi oleh enzim mikroflora kolon (pektinase), sehingga ideal digunakan untuk penghantaran obat yang ditargetkan ke kolon (*colon-targeted delivery*). Studi oleh Kim *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penggunaan pektin dalam tablet lepas lambat *diclofenac* mampu memperpanjang pelepasan obat hingga 18 jam. Sistem ini menjaga obat tidak terlepas di lambung dan usus halus, namun baru terurai di kolon, tempat enzim pektinase aktif bekerja. Strategi ini sangat bermanfaat untuk terapi penyakit kolorektal, seperti kanker kolon atau kolitis ulseratif. Selain itu, pektin memiliki viskositas tinggi dan kemampuan swelling, yang membuatnya efektif untuk menahan pelepasan obat. Ketika digunakan dalam bentuk mikropartikel atau tablet matriks, pektin memperlihatkan pelepasan bertahap dan minim efek burst. Dalam beberapa studi, kombinasi pektin dengan polimer lain seperti alginat mampu meningkatkan efisiensi sistem pelepasan obat. Namun demikian, tantangan dari penggunaan pektin adalah kestabilannya dalam pH rendah. Pada pH lambung, pektin dapat larut lebih cepat sehingga pelepasan obat tidak sesuai target. Untuk mengatasi ini, sering digunakan pelapis enterik atau formulasi lapis ganda untuk memastikan pektin tetap utuh sampai mencapai kolon. Sementara itu, pektin sebagai polimer alami yang larut dalam air juga berperan dalam pengaturan pelepasan obat. Pektin yang memiliki muatan negatif mampu berinteraksi dengan obat bermuatan positif sehingga dapat memperlambat pelepasan melalui mekanisme gelasi dan penghambatan difusi (Mohd Shafie *et al.*, 2024).

Penggabungan alginat dan pektin dalam satu formulasi memberikan manfaat sinergis yang tidak dimiliki bila digunakan terpisah. Kombinasi ini menghasilkan struktur gel tiga dimensi yang lebih kuat dan stabil, sehingga memperbaiki kontrol pelepasan obat. Alginat memberikan kemampuan gelasi yang cepat dengan ion kalsium, sedangkan pektin meningkatkan viskositas dan kekuatan matriks, sekaligus memperpanjang pelepasan obat. Penelitian oleh Fajriyah *et al.* (2024) menunjukkan bahwa *patch* hidrogel kombinasi alginat dan pektin mampu memberikan pelepasan bertahap selama 8 jam dan aman digunakan secara topikal. Kombinasi ini meminimalisir pelepasan awal yang terlalu cepat dan memperpanjang durasi pelepasan zat aktif. Efek bioadhesif dari kedua polimer juga membantu meningkatkan waktu tinggal pada kulit atau mukosa. Dalam bentuk sediaan oral, kombinasi ini berguna untuk sistem penghantaran dua tahap. Alginat menjaga stabilitas obat di lambung dan melepaskan sebagian dosis, sedangkan pektin memungkinkan pelepasan tertunda di kolon. Contohnya adalah formulasi loratadin orodispersible film oleh Singh *et al.* (2021), yang mampu memberikan pelepasan cepat namun terkontrol dengan kombinasi alginat-pektin. Kombinasi ini juga digunakan dalam nanopartikel dan mikrosfer, memperlihatkan peningkatan efisiensi enkapsulasi,

pelepasan yang lebih terkontrol, dan kemampuan targeting yang lebih baik. Ini memperluas aplikasi formulasi tidak hanya pada sediaan oral, tetapi juga topikal dan injeksi. Kombinasi alginat dan pektin seringkali digunakan untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia sediaan, menghasilkan sistem penghantaran obat dengan profil pelepasan yang diinginkan. Misalnya, formulasi hidrogel dengan kombinasi kedua polimer ini meningkatkan penetrasi obat sekaligus mempertahankan waktu pelepasan yang lebih lama (Nurrahman, 2024).

Evaluasi formulasi pelepasan termodifikasi mencakup efisiensi enkapsulasi, profil pelepasan obat, kecepatan pelepasan, dan kestabilan formulasi. Alat uji disolusi seperti USP Apparatus I dan II sering digunakan untuk sediaan oral, sedangkan Franz diffusion cell digunakan untuk sediaan topikal. Parameter lain yang diuji termasuk waktu disintegrasi, kekuatan mekanik, dan adhesi. Pada studi Yusuf *et al.* (2023), profil pelepasan metformin dari mikropartikel alginat diuji dalam medium pH 6.8, menunjukkan pelepasan lebih dari 12 jam. Sementara Wulan *et al.* (2019) menguji gel topikal mefenamat dengan difusi membran selulosa dan mendapatkan profil pelepasan yang lambat dan terkontrol. Evaluasi ini penting untuk memastikan kestabilan dan efikasi sistem. Penelitian oleh El-Say *et al.* (2018) menunjukkan bahwa nanopartikel doxorubicin dengan basis alginat menghasilkan efisiensi enkapsulasi tinggi (>85%) dengan profil pelepasan berkelanjutan. Ini membuktikan bahwa sistem polimer alami juga dapat digunakan untuk formulasi antikanker dengan targeting spesifik. Dalam studi Singh *et al.* (2021), orodispersible film berbasis alginat-pektin menunjukkan disintegrasi cepat (<1 menit) namun pelepasan zat aktif tetap dikendalikan dalam 1–2 jam. Evaluasi ini menunjukkan bahwa kombinasi polimer ini tidak hanya cocok untuk sediaan lepas lambat, tetapi juga untuk formulasi cepat-serap. Evaluasi pelepasan obat dilakukan dengan berbagai metode *in vitro* seperti uji disolusi, difusi membran, atau permeasi kulit, yang memberikan gambaran kinetika pelepasan obat dari sediaan. Hasilnya menunjukkan pelepasan obat yang lebih terkendali dibandingkan dengan sediaan konvensional tanpa polimer (Sri & Kumari, 2025). Secara keseluruhan, studi literatur ini memperlihatkan bahwa penggunaan alginat dan pektin sebagai polimer dalam sistem penghantaran obat lepas termodifikasi adalah pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan efektivitas terapi obat dan kepatuhan pasien.

Walaupun promising, masih terdapat beberapa tantangan dalam pengembangan sistem penghantaran obat berbasis alginat dan pektin. Tantangan pertama adalah stabilitas terhadap lingkungan fisiologis. Alginat kurang stabil di kondisi basa, sementara pektin larut cepat di kondisi asam. Maka dari itu, pendekatan coating enterik atau enkapsulasi ganda menjadi sangat relevan. Tantangan berikutnya adalah reproduktibilitas dan skalabilitas dalam produksi. Formulasi nanopartikel atau mikropartikel seringkali tidak konsisten ukurannya, sehingga diperlukan teknologi produksi dengan kontrol proses yang ketat. Ini penting untuk transisi dari skala laboratorium ke industri. Selain itu, efisiensi enkapsulasi untuk obat-obat yang sangat hidrofilik atau sangat hidrofobik juga menjadi kendala. Dibutuhkan strategi modifikasi kimia polimer atau kombinasi dengan surfaktan untuk meningkatkan kompatibilitas. Derivatif alginat dan pektin seperti metil-pektin atau alginat asetat sedang dikembangkan untuk meningkatkan selektivitas dan kinerja. Masa depan sistem ini menjanjikan dengan integrasi teknologi responsive-release (peka pH, suhu, atau enzim) dan penggunaan material hybrid dengan nanoteknologi. Ini akan mendukung personalisasi terapi dan meningkatkan efektivitas obat dalam jangka panjang.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil telaah literatur, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alginat (2–4%) dan pektin (2–3%) terbukti efektif sebagai polimer dalam sistem penghantaran obat pelepasan termodifikasi. Alginat mampu mengendalikan pelepasan obat seperti metformin (12 jam, mikropartikel) dan doxorubicin (bertahap, nanopartikel) melalui gelasi ionik. Pektin efektif dalam sistem pH-sensitif untuk target kolon, seperti pada tablet diklofenak (18 jam) dan ekstrak *Phyllanthus acidus* (24 jam). Kombinasi keduanya, seperti pada patch hidrogel (ekstrak *P. acidus*, 2.5%:2.5%) dan film loratadin (1:1, total 3%), menghasilkan pelepasan yang stabil, bertahap, dan aman digunakan. Tantangan masih ada dalam hal stabilitas pH dan efisiensi enkapsulasi, namun pendekatan ini menjanjikan untuk terapi jangka panjang dengan kepatuhan pasien yang lebih baik.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada laboratorium dan seluruh pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini. Apresiasi juga diberikan kepada [nama lembaga jika ada] atas dukungan dana atau fasilitas yang diberikan.

Daftar Pustaka

- Annisa' Amaliah Mardhotillah, & Andi Andriani Musfa. (2023). Kajian Metode dan Jenis Penyusun Sediaan Liposom dalam Sistem Penghantaran Obat. *Jurnal Riset Farmasi*, 95–102.
<https://doi.org/10.29313/jrf.v3i2.3122>
- Firdausya, A. N., Suwendar, & Yuniarni, U. (2024). Peresepan obat ISPA dan kepatuhan pasien pediatri di Puskesmas Riung Bandung. *Jurnal Riset Farmasi*, 4, 21–28.
<https://doi.org/10.29313/jrf.v4i1.3767>
- Rexy, M., Nahar, A., Hendryanni, E., & Wardani, H. P. (n.d.). *Gambaran Daya Tetas Telur Nyamuk Aedes Aegypti pada Berbagai Suhu Ruangan*.
<https://journals.sangkuriangpublisher.com/pharmacomedic>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). (2023). Laporan Tahunan BPOM 2023. Jakarta: BPOM RI.
- El-Say, K.M. et al. (2018). *Alginate Nanoparticles for Doxorubicin Delivery*. Saudi Pharm J, 26(3), 323–329.
- Fajar Ahmadi. (2024). Dasar-dasar Farmasetika. Bandung: Refika Aditama.
- Fajriyah, S. et al. (2024). *Development of Hydrogel Patch Containing P. acidus Extract Using Alginate-Pectin*. Jurnal Fitofarmaka Indonesia, 8(1), 22–30.
- Gandara-Loe J, Cruz-Cruz M, Rangel-Cortes EO. (2021) Structural Analysis of Pectin-Alginate Hydrogels for Controlled Drug Delivery. *arXiv preprint arXiv:2101.05377*.
- Hasan, A. et al. (2023). *Pectin-based Microencapsulation of Vitamin C*. Polymers for Drug Delivery, 29(2), 101–111.
- Kim, D. et al. (2020). *Controlled Release of Diclofenac Using Pectin Matrix Tablets*. Drug Dev Ind Pharm, 46(4), 553–561.
- Mohd Shafie N, Sulaiman S, Hasan M. (2024). Natural Polymers in Controlled Drug Delivery: Recent Advances. *International Journal of Biological Macromolecules*. 233:1192–1203.
- Nurrahman A. (2024). Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif dalam Ilmu Farmasi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pavithra D, Anitha T, Reddy S. (2025). Formulation and evaluation of topical gel using natural polymer blends of pectin and sodium alginate. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 18(3):45–52.
- Raghav, N. et al. (2023). Recent advances in cellulose, pectin, carrageenan and alginate-based oral drug delivery systems. *International Journal of Biological Macromolecules*, 244, 125357.

- Ramesh, D. et al. (2017). *Matrix Tablets of Ketoprofen Using Pectin*. Ind J Pharm Educ Res, 51(3), 410–416.
- Singh, R. et al. (2021). *Fast-Dissolving Films of Loratadine Using Alginate-Pectin Blend*. AAPS PharmSciTech, 22(5), 152.
- Sri P, Kumari K. (2025). Sustained release matrix tablets of antihypertensive drug using natural polymers. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 17(2):125–132.
- Sulaiman, Ali. et al. (2022). *Ionically Crosslinked Alginate Microspheres for Paracetamol*. Int J Biol Macromol, 200, 350–359.
- Verano Naranjo RM, Pratiwi D, Rini J. (2021). Pembuatan Mikropartikel Obat Herbal Menggunakan Matriks Pektin-Alginat dengan Teknik Ionotropik. *Jurnal Penelitian Sains dan Kesehatan Rakyat (JPSCR)*. 2(2):90–96.
- Wulan, N. et al. (2019). *Topical Gel Formulation of Mefenamic Acid with Natural Polymers*. Jurnal Farmasi Indonesia, 11(2), 77–85.
- Yuniarsih N, Fikri A, Putri ME, Zaini E. (2024). Nanoparticle Formulation of Curcumin Using Alginate-Pectin Matrix: In Vitro and In Vivo Evaluation. *Int J Nanomedicine*. 19:1401–1414.
- Yusuf, A. et al. (2023). *Formulation of Alginate-Pectin Microparticles for Sustained Release of Metformin*. IJPSR, 14(3), 220–230.
- Yuwono T. (2022). *Teknologi Farmasi Modern*. Jakarta: Gramedia.
- Zhang, L. et al. (2022). *Alginate-based Ibuprofen Beads for Colon Targeting*. Carbohydrate Polymers, 287, 119-126.