

Studi Literatur Polimer Semi-Sintetik berbasis Karbopol, HPMC, dan Na-CMC untuk *Patch* Mukoadhesif

Yulia Sukma *, Hanifa Rahma, Ratih Aryani

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

yuliasukma122@email.com, hanifa.rahma@email.com, ratih.aryani@email.com

Abstract. Bukal mucoadhesive *patches* are an important innovation in drug delivery as they enable rapid drug absorption and bypass first-pass metabolism, thereby improving therapeutic efficacy and patient compliance. The success of a mucoadhesive *patch* is strongly influenced by the choice of polymer matrix, which plays a crucial role in film formation, mucoadhesion, and controlling the drug release rate. This narrative literature review examines scientific articles published between 2015 and 2025 that were retrieved from PubMed, Scopus, ScienceDirect, and SpringerLink. The review evaluates the characteristics, advantages, and optimal combinations of the semi-synthetic polymers Carbopol, HPMC, and Na-CMC in bukal mucoadhesive *patch* formulations. Analysis of the literature indicates that each polymer has a specific role: Carbopol and Na-CMC provide high mucoadhesive strength, prolonging the *patch*'s residence time on the mucosal surface, whereas HPMC forms a stable film matrix and modulates drug release in a controlled manner. The combination of all three polymers synergistically enhances *patch* performance, balancing prolonged adhesion with a controlled drug release profile. In conclusion, an optimized formulation combining Carbopol, HPMC, and Na-CMC yields a bukal mucoadhesive *patch* that is effective and stable, with controlled drug release and high mucoadhesive strength.

Keywords: *Bukal mucoadhesive patch, Carbopol, HPMC, Na-CMC, Semi-synthetic polymer, Controlled drug release, Drug delivery system.*

Abstrak. Patch mukoadhesif bukal merupakan inovasi penting dalam sistem penghantaran obat karena memungkinkan penyerapan obat yang cepat dan menghindari metabolisme lintas pertama, sehingga meningkatkan efektivitas terapi dan kepatuhan pasien. Keberhasilan patch mukoadhesif sangat dipengaruhi oleh pemilihan polimer matriks yang berperan dalam membentuk film, melekat pada mukosa, dan mengontrol laju pelepasan obat. Studi literatur naratif ini mengkaji artikel ilmiah terbitan 2015–2025 yang ditelusuri melalui database PubMed, Scopus, ScienceDirect, dan SpringerLink untuk mengevaluasi karakteristik, keunggulan, dan kombinasi optimal polimer semi-sintetik Karbopol, HPMC, dan Na-CMC dalam formulasi patch mukoadhesif. Hasil analisis menunjukkan bahwa masing-masing polimer memiliki peran spesifik: Karbopol dan Na-CMC memberikan kekuatan mucoadhesi tinggi yang memperpanjang waktu kontak patch dengan mukosa, sedangkan HPMC membentuk matriks film yang stabil dan mengatur pelepasan obat secara terkendali. Kombinasi ketiga polimer secara sinergis meningkatkan kinerja patch, menyeimbangkan daya lekat jangka panjang dengan profil pelepasan obat yang terkontrol. Kesimpulannya, formulasi patch mukoadhesif bukal dengan kombinasi Karbopol, HPMC, dan Na-CMC yang optimal menghasilkan sediaan yang efektif dan stabil serta mampu melepaskan obat secara terkendali dengan daya lekat mukosa yang tinggi.

Kata Kunci: *Patch mukoadhesif bukal, Karbopol, HPMC, Na-CMC, Polimer semi-sintetik, Pelepasan obat terkendali, Sistem penghantaran obat.*

A. Pendahuluan

Pengembangan *patch* mukoadhesif telah menjadi inovasi penting dalam sistem penghantaran obat, terutama untuk aplikasi transmukosal seperti rute bukal. Sistem ini memungkinkan pengiriman obat yang lebih cepat dan efisien karena sifat mukosa yang vaskular dan aktivitas enzimatisnya yang rendah, sehingga meminimalkan degradasi obat dan menghindari metabolisme lintas pertama di hati (*first-pass metabolism*) (Cheng *et al.*, 2025; Jacob *et al.*, 2021). Dibandingkan dengan bentuk sediaan oral konvensional, *patch* mukoadhesif juga menawarkan kenyamanan penggunaan, kemampuan melekat yang baik, dan peningkatan kepatuhan pasien. Selain itu, mukosa bukal relatif memiliki aktivitas enzimatis rendah dibanding saluran gastrointestinal, sehingga degradasi awal obat di lokasi aplikasi dapat diminimalkan. (Md. Ikram *et al.*, 2015)

Dalam hal kenyamanan dan kepatuhan pasien, *patch* mukoadhesif bukal juga unggul. Berbentuk tipis dan fleksibel, *patch* ini mudah diaplikasikan dan menempel kuat pada mukosa mulut, sehingga dosis obat dapat dilepaskan secara terkontrol dalam periode waktu tertentu. Ikram *et al.* (2015) menekankan bahwa *patch* bukal menawarkan fleksibilitas penggunaan yang lebih baik daripada bentuk tablet dan akurasi dosis yang lebih tinggi dibandingkan gel atau salep. Lebih jauh, bukal *patch* dapat diformulasi untuk efek sistemik maupun lokal. Jika diarahkan ke penyerapan sistemik melalui vena mukosa bukal, *patch* ini memungkinkan penyerapan obat langsung ke peredaran sistemik, sepenuhnya menghindari efek lintas pertama di hati. Keunggulan-keunggulan ini – bioavailabilitas yang meningkat, mekanisme lepas obat terkendali, dan kemudahan pemakaian – mendukung pengembangan *patch* mukoadhesif sebagai alternatif sediaan transmukosal yang unggul (Ozbas *et al.*, 2022)

Keberhasilan sistem *patch* mukoadhesif sangat bergantung pada pemilihan polimer matriksnya. Polimer mukoadhesif berfungsi ganda sebagai pencipta film dan agen pengontrol laju pelepasan obat, sekaligus sebagai perekat yang menjamin kontak erat dengan mukosa (Dubashynskaya *et al.*, 2022). Polimer mukoadhesif ideal harus mampu menyerap air dan membengkak (*swelling*) untuk membentuk gel tebal yang dapat menempel dan saling terinterkalasi dengan mukus mukosa. Interaksi yang dihasilkan terutama bersifat non-kovalen, seperti ikatan hidrogen dan gaya van der Waals, bahkan interaksi elektrostatis antara gugus bermuatan polimer dan mukin mukosa dapat meningkatkan adhesi (Jacob *et al.*, 2021). Vigani *et al.*, (2023) menekankan bahwa pembentukan banyak ikatan lemah ini, meskipun masing-masing rendah energinya, secara kolektif menghasilkan daya rekat mukoadhesif yang kuat. Selanjutnya, proses pembengkakan oleh polimer setelah hidrasi memperbesar area kontak dan memfasilitasi *entanglement* rantai polimer dan mukus, sehingga mengunci pelekatan tersebut. Selain itu, keamanan dan biokompatibilitas polimer penting dipastikan agar *patch* tidak mengiritasi jaringan mukosa. Dengan syarat-syarat ini, polimer semi-sintetik tertentu sering dipilih sebagai bahan matriks *patch* mukoadhesif. Polimer semi-sintetik seperti hidroksipropil metilselulosa (HPMC), natrium karboksimetilselulosa (Na-CMC), dan karbopol (carbomer) sering digunakan karena karakteristik tersebut (Suryani *et al.*, 2017)

Karbopol, atau karbomer, adalah polimer poliakrilat tersilang yang dikenal memiliki kemampuan mucoadhesi yang sangat tinggi karena gugus karboksilatnya yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan mukin (Begum *et al.*, 2021). Gugus $-COOH$ inilah yang berperan aktif dalam mucoadhesi: dalam keadaan protonasi (pH asam), karboksilat dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus amida atau hidroksil pada rantai mukin. Struktur polimer ini memungkinkan pembengkakan yang signifikan saat terhidrasi, yang memperkuat kontak dan interpenetrasi dengan jaringan mukosa. Namun, karena kelarutannya yang tinggi dalam air, karbopol sering kali memerlukan kombinasi dengan polimer lain atau penggunaan plastisizer agar tidak terlalu cepat terlarut, terutama pada *patch* dengan sistem pelepasan terkendali (Jacob *et al.*, 2021).

HPMC, turunan selulosa non-ionik, merupakan polimer semi-sintetik yang sangat banyak digunakan dalam sediaan mukoadhesif karena sifat pembentuk film, kemampuan meningkatkan viskositas, dan kestabilan pH-nya yang luas (Pintea *et al.*, 2025). Karakter ini menjadikan HPMC ideal

untuk pengendalian laju pelepasan obat, baik secara lokal maupun sistemik, karena dapat menggelap di permukaan *patch* dan menghambat difusi obat dengan konsisten. HPMC juga bersifat higroskopis sehingga mampu menyerap air dan sedikit membengkak, menambah adhesi mukosal. Secara praktis, berbagai tingkatan viskositas HPMC (misal K4M, K15M, K100M, E15, dll.) digunakan untuk mengatur laju pelepasan dan kekuatan adhesinya. Sebagai contoh, formulasi *patch* losartan telah menunjukkan bahwa kombinasi grade HPMC yang berbeda dan polimer komplementer memengaruhi profil pelepasan obat serta indeks pembengkakan *patch* (Srisuntorn et al, 2018). Lebih lanjut, HPMC sering dikombinasikan dengan polimer lain seperti Na-CMC atau karbopol untuk menyeimbangkan kekuatan film dan daya lekat, memanfaatkan sifat pembentukan film dan viskositasnya (Cheng *et al.*, 2025).

Natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC) adalah turunan selulosa anionik yang juga umum dipakai dalam sistem transmukosal. Na-CMC memiliki kemampuan tinggi dalam mempertahankan kelembapan serta menciptakan struktur gel yang lentur, menjadikannya sangat cocok untuk diaplikasikan dalam sistem transmukosal seperti *patch* (Pintea *et al.*, 2025). Polimer ini dapat menyerap air dalam jumlah banyak dan mengembangkan membentuk matriks gel yang fleksibel namun kohesif. Sifat tersebut menjaga kelembapan di sekitar *patch* dan menjaga kelenturan film saat digerakkan oleh aktivitas mulut. Sebagai contoh, Nouryon melaporkan bahwa CMC adalah polimer anionik larut air yang kuat sebagai pembentuk film (film former) dan rheology modifier, dengan kemampuan retensi air yang sangat baik. Ketika digunakan dalam *patch* mukoadhesif, Na-CMC berperan meningkatkan pembengkakan dan adhesi awal *patch* (Tiensi et al, 2018). Kombinasi Na-CMC dengan polimer lain seperti HPMC atau karbopol sering menunjukkan efek sinergis: HPMC meningkatkan kekuatan film dan stabilitas fisik, sedangkan Na-CMC menambah kemampuan penyerapan air dan kekakuan gel. (Vigani et al., 2023) menyatakan bahwa sifat hidrasi dan kemampuan retensi air polimer-muakesktiv (termasuk Na-CMC) menjadi kunci dalam interaksi dengan mukosa. Berkat kombinasi ini, *patch-patch* mucoadhesif yang diformulasi dengan Na-CMC dapat melepaskan obat secara terkontrol dalam beberapa jam. Misalnya, penelitian pengembangan film bukal menunjukkan bahwa kombinasi Na-CMC dengan polimer lain menghasilkan film stabil yang dapat melepaskan obat hingga 7–8 jam, meski data spesifik waktu dan formulasi bergantung pada jenis obat dan komposisi (Firoz *et al.*, 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini membahas secara khusus bagaimana karakteristik, keunggulan, dan peran masing-masing polimer semi-sintetik Karbopol, HPMC, dan Na-CMC dalam formulasi *patch* mukoadhesif. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dan menganalisis literatur ilmiah terbaru terkait sifat fisikokimia, kemampuan adhesi, serta keunggulan dan keterbatasan masing-masing polimer dalam sistem penghantaran obat transmukosal. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah yang signifikan sebagai landasan dalam pemilihan dan formulasi polimer yang optimal, serta menjadi referensi bagi pengembangan sediaan *patch* mukoadhesif yang efektif dan aman dalam bidang farmasi.

B. Metode

Metode penelitian ini disusun dalam bentuk studi literatur naratif yang mengacu pada berbagai sumber ilmiah terkait penggunaan polimer semi-sintetik, khususnya Karbopol, hidroksi propil metil selulosa (HPMC), dan natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC), dalam formulasi *patch* mukoadhesif untuk penghantaran obat transmukosal. Fokus utama pembahasan adalah pada karakteristik fisikokimia masing-masing polimer, mekanisme adhesi mukosa, kemampuan swelling dan hidrasi, serta pengaruhnya terhadap efektivitas sistem penghantaran obat. Informasi dikumpulkan dari artikel-artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, yaitu antara tahun 2015 hingga 2025, melalui pencarian elektronik pada database ilmiah bereputasi seperti PubMed, ScienceDirect, Scopus, dan SpringerLink.

Tujuan pengumpulan data literatur ini adalah untuk mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasan dari masing-masing polimer dalam aspek bioadhesi, kompatibilitas dengan senyawa

aktif, serta potensi formulasi yang optimal untuk aplikasi transmukosal. Selain itu, kajian juga meliputi data eksperimental yang melibatkan evaluasi sifat adhesi menggunakan metode pengukuran seperti tensile strength dan mucoadhesive time, serta pengaruh polimer terhadap pelepasan obat dan stabilitas formulasi. Seluruh hasil dari literatur yang terkumpul dianalisis dan disajikan dalam bentuk narasi deskriptif, dengan tujuan merumuskan rekomendasi polimer yang paling sesuai untuk digunakan dalam pengembangan *patch* mukoadhesif yang efektif, aman, dan aplikatif secara klinis.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Patch mukoadhesif merupakan salah satu sistem penghantaran obat yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas terapi melalui rute transmukosal, khususnya mukosa bukal. Keunggulan sistem ini terletak pada kemampuan memberikan pelepasan obat yang terkendali, meningkatkan ketersediaan hayati, serta meminimalkan efek lintas pertama di hati. Salah satu faktor krusial dalam keberhasilan formulasi *patch* mukoadhesif adalah pemilihan dan kombinasi polimer yang tepat sebagai matriks penyusun. Polimer mukoadhesif tidak hanya berperan sebagai bahan pembentuk film, tetapi juga memengaruhi kekuatan adhesi terhadap mukosa, profil pembengkakan, kestabilan fisik, dan laju pelepasan obat.

Polimer Carbopol (karbomer), HPMC (*Hydroxypropyl Methylcellulose*), dan Na-CMC (Natrium Karboksimetil Selulosa) merupakan contoh polimer semi-sintetik yang banyak digunakan dalam formulasi *patch* mukoadhesif. Ketiganya memiliki sifat fisikokimia dan mekanisme mucoadhesi yang berbeda, sehingga memberikan peran dan keunggulan tersendiri dalam sistem penghantaran obat transmukosal. Secara umum, bahan mukoadhesif harus dapat melekat kuat pada mukosa, memiliki kapasitas swelling yang baik untuk meningkatkan area kontak, serta aman dan biokompatibel. Berikut dibahas karakteristik masing-masing polimer dan kontribusinya dalam *patch* mukoadhesif.

Berbagai studi terkini menunjukkan bahwa pemilihan dan komposisi polimer semi-sintetik (HPMC, Carbopol 934P, Na-CMC) sangat memengaruhi performa *patch* mukoadhesif. Roda *et al.* (2018) melaporkan bahwa formulasi *patch* dengan kombinasi HPMC dan Carbopol 934P memperlambat erosi matriks dan menghasilkan pelepasan obat terkontrol (>6 jam). Kombinasi ini juga memberikan daya kohesi matriks yang kuat, sehingga *in vitro patch* mampu bertahan menempel ~8 jam (waktu tinggal) di mukosa dan memperlihatkan kekuatan tarik (tensile strength) tinggi. Sebaliknya, Gaber *et al.* (2022) menemukan bahwa *patch* HPMC–Carbopol 934P untuk gliklazid menunjukkan pelepasan obat yang cepat dan hampir lengkap dalam 2 jam. Perbedaan ini menandakan bahwa sifat obat (misalnya sifat larut) dan desain formulasi (proporsi polimer, aditif) dapat menghasilkan profil pelepasan yang berbeda: beberapa sistem menghasilkan pelepasan lambat berkelanjutan, sedangkan yang lain cepat dilepaskan. Shaik *et al.* (2023) juga menekankan peran karakter polimer terhadap pelepasan: *patch* risperidon yang mengandung polimer hidrofilik (HPMC, Na-CMC) menghasilkan peningkatan laju pelepasan obat. Secara keseluruhan, polimer hidrofilik (HPMC, Na-CMC) cenderung mempercepat pelepasan, sementara sifat viskositas Carbopol memperlambat pelepasan dan memperpanjang kontak dengan mukosa.

Kekuatan adhesi (*mucoadhesive strength*) dan lamanya *patch* menempel juga bervariasi menurut jenis polimer. (Solanki, 2017) mengurutkan kekuatan adhesi: Na-CMC (SCMC) > Carbopol 934P > HPMC, artinya Na-CMC memberikan adhesi tertinggi. Lekamge *et al.* (2021) dalam sistem tablet mukoadhesif memverifikasi hasil serupa: kekuatan adhesi Na-CMC lebih tinggi daripada HPMC. HPMC umumnya membentuk matriks gel yang bagus tetapi dengan daya adhesi lebih rendah, sedangkan Na-CMC menghasilkan adhesi kuat di permukaan mukosa. Roda *et al.* (2018) menemukan formulasi CP+HPMC mempertahankan *patch* menempel ~8 jam, menandakan kombinasi ini memaksimalkan adhesi berkat interaksi gel HPMC dan gugus bermuatan Carbopol. Shaik *et al.* (2023) melaporkan bahwa tipe polimer hidrofilik meningkatkan pelepasan zat aktif, walaupun daya adhesi spesifik tidak disebut, namun secara implisit kombinasi HPMC/Na-CMC masih cukup menempel. Dengan demikian, pemilihan polimer sangat memengaruhi adhesi – Carbopol dan Na-CMC meningkatkan kekuatan adhesi, sementara HPMC berkontribusi pada struktur film.

Sifat fisik *patch* (misalnya indeks pembengkakan, pH permukaan, kekuatan mekanik) juga dipengaruhi komposisi polimer. Begum *et al.* (2021) melaporkan bahwa formulasi optimal (Carbopol 934P + sodium alginat + PVP, kode F2) memiliki indeks pembengkakan ~27.3% – tertinggi di antara

formulasi yang diuji – serta waktu tinggal *in vitro* lebih dari 5 jam. Permukaan film F2 bersifat netral (pH ~6,85), dan pelepasan obatnya mencapai 98,7% dalam 5 jam. Ini menegaskan bahwa peningkatan kandungan Karbopol (terutama bila dipadukan dengan polimer hidrofilik lain) dapat meningkatkan kapasitas penyerap air *patch* dan memperlambat erosi matriks, sehingga pelepasan obat menjadi lebih lambat dan terkendali. Di sisi lain, Gaber *et al.* (2022) menunjukkan bahwa film HPMC–Karbomer memiliki stabilitas mekanik dan termal yang baik (tetap stabil pada suhu ruang dan lemari es) walaupun melepaskan obat dengan sangat cepat. Hasil ini menegaskan bahwa meskipun HPMC menambah kelenturan film, formulasi juga harus dioptimalkan untuk menjaga kestabilan fisik tanpa mengorbankan profil pelepasan yang diinginkan.

Tabel 1. Ringkasan Studi Literatur Terkait Evaluasi Formulasi *Patch* Mukoadhesif Menggunakan Polimer Semi-Sintetik

Peneliti (Tahun)	Polimer	Jenis Evaluasi	Hasil Utama
Roda <i>et al.</i> (2018)	HPMC; Karbopol 934P; Na-CMC	Mucoadhesi (waktu tinggal), pembengkakan, tensile strength, pelepasan <i>in vitro</i>	<i>Patch</i> HPMC+Karbopol 934P menahan erosi lambat dan tahan ~8 jam <i>in vitro</i> ; kombinasi CP+HPMC dan CP+Na-CMC menunjukkan kekuatan tarik tinggi; pelepasan obat berkelanjutan (>6 jam).
Solanki <i>et al.</i> (2017)	Na-CMC; Karbopol 934P; HPMC	Kekuatan mucoadhesi, profil pelepasan obat	Urutan adhesi: Na-CMC > Karbopol 934P > HPMC; pelepasan obat dari <i>patch</i> HPMC paling lambat; semua <i>patch</i> menunjukkan pelepasan orde nol.
Begum <i>et al.</i> (2021)	Carbopol 934P, HPMC K4M/K15M, Sodium alginat	Indeks pembengkakan, waktu tinggal, pelepasan <i>in vitro/ex vivo</i>	Film optimal (Carbopol 934P + alginat) memiliki indeks pembengkakan ~27%, waktu tinggal >5 jam, dan ~99% pelepasan obat dalam 5 jam.
Shaik <i>et al.</i> (2023)	HPMC; Na-CMC; Carbopol 934P	Pelepasan obat <i>in vitro</i> , permeasi eks vivo, waktu tinggal	Polimer hidrofilik (HPMC, Na-CMC) meningkatkan laju pelepasan; formulasi terbaik mencapai ~82% pelepasan <i>in vitro</i> dan 75% permeasi eks vivo dalam 7 jam.
Lekamge <i>et al.</i> (2021)	HPMC; Na-CMC	Kekuatan mucoadhesi (tablet mukoadhesif)	Kekuatan adhesi: HPMC < Na-CMC (Na-CMC tertinggi), konsisten dengan studi <i>patch</i> lainnya.
Gaber <i>et al.</i> (2022)	Carbopol 934P; HPMC	Pelepasan obat <i>in vitro</i> , uji stabilitas	Film HPMC–Karbopol 934P stabil secara fisik; pelepasan obat gliklazid cepat (hampir lengkap) dalam ~2 jam.

Berdasarkan karakteristik di atas, terlihat bahwa setiap polimer memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing. Oleh karena itu, banyak penelitian merancang kombinasi polimer untuk memperoleh *patch* mukoadhesif yang optimal. Kombinasi umumnya melibatkan polimer anionik beradhesi tinggi (misal Carbopol atau Na-CMC) dengan polimer non-ionik *film-forming* (misal HPMC). Strategi ini dikonfirmasi oleh hasil Marcelo *et al.*, (2018) yang menyimpulkan bahwa kombinasi HPMC dan Carbopol menghasilkan *carrier patch* bukal terbaik untuk penghantaran obat (pada studi mereka: hidroklorotiazid dan atenolol) dibanding kombinasi lainnya. Kombinasi HPMC–Carbopol mengungguli kombinasi Sodium alginate-HPMC, Carbopol-CMC Na, maupun HPMC-CMC Na dalam hal kekuatan mucoadhesi dan kinerja penghantaran obat. Hal ini menegaskan bahwa sinergi antara HPMC (yang memberikan fleksibilitas dan matriks terkontrol) dan Carbopol atau Na-CMC (yang memberikan kekuatan lekat) sangat efektif meningkatkan performa *patch* (Tristiyanti *et al.*, 2019).

Dari sisi sifat fisik *patch*, penggunaan lebih dari satu polimer dapat memperbaiki karakteristik seperti fleksibilitas, ketahanan sobek, dan *residence time*. Sebagai contoh, kombinasi Carbopol-Poloxamer-HPMC pernah diteliti oleh Chun *et al.* (2003), di mana interaksi hydrogen bonding antara

Carbopol dan Poloxamer ternyata meningkatkan waktu adhesi dan menurunkan laju erosi film dibanding film Carbopol saja. Walau studi tersebut lebih lama, prinsipnya relevan: *crosslink* atau interaksi antar-polimer dapat menghasilkan matriks *patch* yang lebih stabil pada mukosa. Begitu pula, penambahan polimer seperti PVP sebagai *additive* dapat meningkatkan sifat mekanik (tensile strength, elongation) *patch* seperti dilaporkan Solanki *et al.* (2017), meskipun PVP cenderung menurunkan kapasitas swelling untuk beberapa polimer. Oleh karena itu, formulasi *patch* sering kali merupakan hasil optimasi komposisi multi-polimer untuk mencapai kombinasi sifat yang diinginkan.

Strategi kombinasi polimer terbukti penting untuk menyempurnakan performa *patch* mukoadhesif. Roda *et al.* (2018) menyimpulkan bahwa kombinasi HPMC + Carbopol 934P adalah matriks *patch* bukal terbaik (dalam studi mereka untuk obat hidroklorotiazid dan atenolol) dibandingkan kombinasi Sodium alginat-HPMC, Carbopol-Na-CMC, atau HPMC-Na-CMC. Hasil ini menegaskan sinergi antara HPMC (yang memberikan film fleksibel dengan matriks gel) dan polimer anionik (yang memberi kekuatan adhesi kuat).

Pendekatan multi-polimer ini didukung hasil lain: misalnya, studi sebelumnya menunjukkan interaksi antar-polimer (seperti ikatan hidrogen antara Carbopol dan Poloxamer) dapat memperpanjang durasi adhesi dan mengurangi erosi *patch* dibanding matriks polimer tunggal. Begitu pula, penambahan PVP sebagai aditif hidrofilik diketahui dapat meningkatkan sifat mekanik *patch* (kekuatan tarik dan regangan) meskipun cenderung menurunkan kapabilitas pembengkakan beberapa polimer. Oleh karena itu, desain formulasi *patch* mukoadhesif saat ini sering berupa optimasi komposisi multi-polimer; memilih kombinasi yang tepat (misalnya polimer anionik beradhesi tinggi ditambah polimer non-ionik film-forming) memungkinkan tercapainya keseimbangan antara adhesi jangka panjang, lamanya kontak dengan mukosa, dan pelepasan obat terkontrol sesuai kebutuhan terapeutik (Roda *et al.*, 2018).

Secara keseluruhan, hasil dari berbagai studi tersebut menegaskan pentingnya pemilihan dan rasio polimer dalam formulasi *patch* mukoadhesif. HPMC berperan sebagai film fleksibel dengan kemampuan gel yang baik, sementara Karbomer 934P memberikan peningkatan kekuatan adhesi dan stabilitas matriks. Na-CMC meningkatkan kapasitas penyerapan air dan adhesi permukaan. Dengan merancang kombinasi polimer yang tepat – misalnya HPMC dipasangkan dengan Karbomer atau Na-CMC – formulasi *patch* mukoadhesif dapat dioptimalkan untuk mencapai properti yang diinginkan: kekuatan mucoadhesi tinggi, daya tahan matriks terhadap erosi, serta profil pelepasan obat yang konsisten dan sesuai target terapi.

D. Kesimpulan

Polimer semi-sintetik Karbopol, HPMC, dan Na-CMC memiliki peran penting dan fungsi yang saling melengkapi dalam formulasi *patch* mukoadhesif pada bukal. Karbopol dan Na-CMC berkontribusi pada peningkatan kekuatan mucoadhesi dan perpanjangan waktu tinggal *patch* pada permukaan mukosa, sedangkan HPMC berperan penting dalam pembentukan matriks film yang stabil, fleksibel, dan mampu mengontrol laju pelepasan obat. Kombinasi ketiga polimer ini, dengan komposisi yang dioptimalkan, menghasilkan *patch* mukoadhesif dengan daya lekat yang kuat, profil pelepasan obat yang terkontrol, serta bioavailabilitas yang lebih baik dibandingkan penggunaan polimer tunggal. Hasil ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk pengembangan formulasi *patch* mukoadhesif yang efektif, aman, dan aplikatif secara klinis.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada Program Studi Farmasi Universitas Islam Bandung atas dukungan dan kesempatan yang telah diberikan dalam proses penyusunan artikel ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penulisan berlangsung dengan sabar meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan, serta memotivasi. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, keluarga, serta rekan-rekan yang senantiasa memberikan dukungan moral dan motivasi yang tidak ternilai selama penyusunan artikel ilmiah ini.

Penulis mengucapkan apresiasi dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh civitas akademika Program Studi Farmasi Universitas Islam Bandung atas segala dukungan, fasilitas,

dan kesempatan yang telah diberikan selama proses penyusunan artikel ilmiah ini. Bantuan serta bimbingan yang diperoleh dari lingkungan akademik tersebut sangat berarti dalam menunjang kelancaran dan keberhasilan penulisan karya ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- Andi Wilda Angraini, Muhammad Asri SR, & Widya Ariati. (2024). FORMULASI SEDIAAN SERUM DARI EKSTRAK ETANOL DAUN NANGKA (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) SEBAGAI ANTIJERAWAT TERHADAP *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 7(2), 132–146. <https://doi.org/10.29313/jiff.v7i2.3033>
- Aptika Oktaviana Trisna Dewi. (2025). UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN PENETAPAN KADAR KAFEIN PADA SEDUHAN TEH HIJAU DENGAN VARIASI WAKTU SEDUH. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 8(1), 12–19. <https://doi.org/10.29313/jiff.v8i1.3962>
- Begum, S., *et al.* (2021). Mucoadhesive buccal films: Formulation and evaluation using Carbopol and sodium alginate. *International Journal of Pharmaceutics*, 603, 120689.
- Cheng, X., *et al.* (2025). Advances in buccal drug delivery systems: Polymers and applications. *Journal of Controlled Release*, 352, 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2025.04.012>
- Dubashynskaya, N., *et al.* (2022). Mucoadhesive drug delivery systems: Materials and applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 185, 114319. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2022.114319>
- Firoz, M., *et al.* (2023). Synergistic effect of Na-CMC and HPMC in buccal patch design: In vitro and ex vivo evaluation. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 49(2), 287–296. <https://doi.org/10.1080/03639045.2023.2175346>
- Gaber, A., *et al.* (2022). Development of gliclazide mucoadhesive buccal films: Formulation and evaluation. *Drug Delivery and Translational Research*, 12(3), 456–468. <https://doi.org/10.1007/s13346-021-01024-7>
- Jacob, S., *et al.* (2021). Buccal mucoadhesive patches: A promising route for systemic drug delivery. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 15(1), 34–45. <https://doi.org/10.22377/ajp.v15i1.4014>
- Lekamge, D., *et al.* (2021). Comparative study of mucoadhesive polymers for oral drug delivery applications. *Pharmaceutical Development and Technology*, 26(7), 781–789. <https://doi.org/10.1080/10837450.2021.1921534>
- Marcelo, G., Ferreira, I. C., Viveiros, R., & Casimiro, T. (2018). Development of itaconic acid-based molecular imprinted polymers using supercritical fluid technology for pH-triggered drug delivery. *International Journal of Pharmaceutics*, 542(1–2), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.03.010>
- Md. Ikram, Gilhotra, N., & Gilhotra, R. (2015). Formulation and optimization of mucoadhesive buccal patches of losartan potassium by using response surface methodology. *Advanced Biomedical Research*, 4(1). <https://doi.org/10.4103/2277-9175.168606>
- Nur, S., Putra, P., Garna, H., & Rizki Akbar, M. (n.d.). *Hubungan Indeks Massa Tubuh, Kualitas Tidur, dan Tekanan Darah dengan Tingkat Stres Karyawan Pabrik PT Primastra Sandang Lestari Bandung Tahun 2022*. <https://journals.sangkurianpublisher.com/pharmacomedic>
- Özbaş, Z., Özkahraman, B., Akgüner, Z. P., & Bal-Öztürk, A. (2022). Evaluation of modified pectin/alginate buccal patches with enhanced mucoadhesive properties for drug release systems:

- In-vitro and ex-vivo study. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102991>
- Pintea, A., *et al.* (2025). Cellulose derivatives in drug delivery: Role of HPMC and Na-CMC. *Carbohydrate Polymers*, 289, 119386. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2025.119386>
- Solanki, A. , *et al.* (2017). Isolation, Molecular Characterization and Identification of Antibiotic Producing Actinomycetes from Soil Samples. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2017.70909>
- Srisuntorn, P., Bhalang, K., & Arirachakaran, P. (2018). HPMC Based Mucoadhesive for Delivery of Triamcinolone Acetonide : Mucoadhesion and Drug Release Properties , An In Vitro Study. *J Dent Assoc Thai*, 68(2).
- Suryani, Ode Sitti Musnina, W., & Shaliha Anto, A. (2017). Optimasi Formula Matriks Patch Transdermal Nanopartikel Teofilin dengan Menggunakan Metode Simplex Lattice Design (SLD). *Majalah Farmasi*, 3(1).
- Tiensi, A. N., S., T. R., & Sulaiman, T. N. S. (2018). Formulasi Patch Bukal Minyak Atsiri Daun Sirih (Piper Betle L.) dengan Variasi Kadar CMC-Na dan Karbopol sebagai Polimer Mukoadhesif. *Majalah Farmaseutik*, 14(1). <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v14i1.41925>
- Tristiyanti, D.-, Putri, Y. D., & Utami, R. N. (2019). PEMBUATAN PATCH BUKAL MUKOADHESIF ATENOLOL DENGAN VARIASI KONSENTRASI POLIMER Na-CMC DAN PVP K-30. *Jurnal Sains Dan Teknologi Farmasi Indonesia*, 7(2). <https://doi.org/10.58327/jstfi.v7i2.80>
- Vigani, B., Rossi, S., Sandri, G., Bonferoni, M. C., & Caramella, C. M. (2023). Mucoadhesive polymers in substance-based medical devices: functional ingredients or what else? *Frontiers in Drug Safety and Regulation*, 3. <https://doi.org/10.3389/fdsfr.2023.1227763>