



Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) Pendekatan Modern dalam Sistem Penghantaran Obat Oral

Difa Najma¹, Kayla Luisandra Thaslim², Nabila Aprilia³, Putri Tri Hartini⁴,
Tijelia Febriani⁵, Wibbi Siska Wilda⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

E-mail: difanajma354@gmail.com

Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised June 22, 2026

Accepted June 24, 2026

Keywords:

Gastroretentive Drug Delivery System, Floating Drug Delivery, Bioavailability, Oral Drug Delivery, Controlled Release

ABSTRACT

Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) is an oral drug delivery system designed to prolong drug residence time in the stomach to improve bioavailability and therapeutic effectiveness. This review article was prepared based on the analysis of 30 scientific articles discussing the mechanisms, types, advantages, and technological developments of GRDDS. The results show that GRDDS is effective in enhancing the absorption of drugs with a narrow absorption window, high solubility in acidic pH, and short half-life. The main approaches include floating systems, bioadhesive systems, expandable systems, and raft-forming systems.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received June 20, 2026

Revised June 22, 2026

Accepted June 24, 2026

Kata Kunci:

Gastroretentive Drug Delivery System, Floating Drug Delivery, Bioavailabilitas, Penghantaran Obat Oral, Controlled Release

ABSTRACT

Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) merupakan sistem penghantaran obat oral yang dirancang untuk memperpanjang waktu tinggal obat di lambung sehingga meningkatkan bioavailabilitas dan efektivitas terapi. Artikel review ini disusun berdasarkan analisis 30 artikel ilmiah mengenai mekanisme, jenis, keuntungan, dan perkembangan teknologi GRDDS. Hasil kajian menunjukkan bahwa GRDDS efektif meningkatkan absorpsi obat dengan *narrow absorption window*, kelarutan tinggi pada pH asam, dan waktu paruh singkat. Metode utama yang digunakan meliputi *floating system*, *bioadhesive system*, *expandable system*, dan *raft forming system*.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Difa Najma

Universitas Muhammadiyah Riau

Email: difanajma354@gmail.com

PENDAHULUAN

Sistem penghantaran obat secara oral merupakan metode pemberian obat yang paling banyak digunakan dalam dunia farmasi karena mudah digunakan, praktis, ekonomis, dan mampu meningkatkan kepatuhan pasien dalam menjalani terapi. Namun, sistem penghantaran



oral konvensional masih memiliki berbagai keterbatasan, terutama pada obat yang memiliki absorpsi terbatas di saluran cerna bagian atas, waktu paruh pendek, serta stabilitas yang rendah pada lingkungan usus. Kondisi tersebut menyebabkan bioavailabilitas obat menjadi rendah sehingga efektivitas terapi tidak tercapai secara optimal (Patel et al., 2021). Beberapa obat diketahui memiliki *narrow absorption window*, yaitu hanya dapat diserap secara optimal pada bagian tertentu dari saluran gastrointestinal, khususnya lambung dan usus bagian atas. Selain itu, pengosongan lambung yang berlangsung cepat dapat menyebabkan obat keluar dari lambung sebelum proses absorpsi berlangsung maksimal. Hal ini menjadi salah satu faktor utama rendahnya efisiensi terapi obat oral konvensional.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan suatu teknologi sistem penghantaran obat yang dikenal sebagai *Gastroretentive Drug Delivery System* (GRDDS). Sistem ini dirancang untuk memperpanjang waktu tinggal sediaan di dalam lambung (*gastric residence time*) sehingga obat dapat dilepaskan secara terkendali dan diserap lebih optimal. Menurut Rao (2022), GRDDS mampu meningkatkan bioavailabilitas obat dengan mempertahankan obat lebih lama pada daerah absorpsi utama di lambung dan usus bagian atas. Teknologi ini juga efektif digunakan pada obat yang bekerja lokal di lambung, seperti antibiotik untuk eradikasi *Helicobacter pylori* (Gupta, 2020). Perkembangan teknologi farmasi modern telah menghasilkan berbagai pendekatan dalam formulasi GRDDS, seperti *floating drug delivery system*, *mucoadhesive system*, *expandable system*, *raft forming system*, dan *high-density system*. Floating drug delivery system merupakan metode yang paling banyak dikembangkan karena memanfaatkan prinsip densitas rendah sehingga sediaan dapat terapung di atas cairan lambung dalam waktu yang lama. Sementara itu, sistem bioadhesif menggunakan polimer tertentu yang mampu melekat pada mukosa lambung sehingga memperpanjang retensi obat di dalam lambung (Singh, 2021).

Selain floating system dan bioadhesive system, expandable system juga banyak dikembangkan karena memiliki kemampuan mengembang setelah kontak dengan cairan lambung sehingga ukuran sediaan menjadi lebih besar dan tertahan di lambung. Di sisi lain, raft forming system bekerja dengan membentuk lapisan gel terapung yang mampu mempertahankan obat di permukaan cairan lambung untuk waktu yang lebih lama (Deshmukh, 2023). Berbagai inovasi tersebut menunjukkan bahwa GRDDS menjadi salah satu teknologi penting dalam pengembangan sistem penghantaran obat modern. Keberhasilan formulasi GRDDS juga dipengaruhi oleh penggunaan polimer tertentu seperti Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC), Carbopol, Sodium Alginate, Chitosan, dan Ethyl Cellulose. Polimer-polimer tersebut berperan dalam pembentukan gel, pengontrolan pelepasan obat, serta meningkatkan kemampuan adhesi dan flotasi sediaan. Selain itu, parameter evaluasi seperti *floating lag time*, *total floating time*, *swelling index*, dan profil pelepasan obat menjadi aspek penting dalam menentukan efektivitas sistem gastroretentif (Gupta, 2020).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa GRDDS memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas terapi pada berbagai jenis obat, seperti antibiotik, antidiabetes, antihipertensi, dan obat antiulkus. Penggunaan sistem gastroretentif mampu mempertahankan kadar obat dalam darah secara lebih stabil, mengurangi frekuensi pemberian obat, serta meningkatkan kenyamanan pasien selama terapi berlangsung. Meskipun demikian, pengembangan GRDDS masih menghadapi beberapa tantangan, seperti pengaruh kondisi



fisiologis lambung, variasi motilitas gastrointestinal, pola makan pasien, serta keterbatasan formulasi pada obat yang tidak stabil terhadap suasana asam lambung. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan GRDDS terus dilakukan, termasuk pemanfaatan teknologi nanopartikel, superporous hydrogel, magnetic system, dan smart polymer untuk menghasilkan sistem penghantaran obat yang lebih efektif dan aman di masa depan (Deshmukh, 2023). Berdasarkan uraian tersebut, kajian mengenai *Gastroretentive Drug Delivery System* menjadi penting untuk dipelajari lebih lanjut, khususnya terkait konsep dasar, jenis sistem, mekanisme kerja, keuntungan, keterbatasan, serta perkembangan teknologi terkini dalam bidang penghantaran obat oral. Dengan memahami GRDDS secara mendalam, diharapkan dapat mendukung pengembangan inovasi farmasi yang mampu meningkatkan efektivitas terapi dan kualitas pelayanan kesehatan.

PEMBAHASAN

A. Pengertian Gastroretentive Drug Delivery System

Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) merupakan suatu sistem penghantaran obat oral yang dirancang untuk meningkatkan waktu tinggal sediaan obat di dalam lambung (*gastric residence time*) sehingga pelepasan dan absorpsi obat dapat berlangsung lebih optimal. Sistem ini dikembangkan sebagai solusi terhadap berbagai keterbatasan sediaan oral konvensional yang sering mengalami pengosongan lambung terlalu cepat sehingga obat tidak sempat diserap secara maksimal pada saluran cerna bagian atas. Dengan mempertahankan sediaan lebih lama di lambung, GRDDS mampu meningkatkan bioavailabilitas obat dan memperbaiki efektivitas terapi (Annisa, 2020). Secara umum, GRDDS bekerja dengan memanfaatkan mekanisme tertentu agar sediaan tidak cepat keluar dari lambung menuju usus halus. Sistem ini sangat bermanfaat untuk obat yang memiliki *narrow absorption window*, yaitu obat yang hanya dapat diserap secara optimal pada bagian tertentu dari saluran gastrointestinal, terutama lambung dan usus bagian atas. Selain itu, GRDDS juga cocok digunakan pada obat yang memiliki kelarutan lebih baik pada suasana asam, obat yang bekerja secara lokal di lambung, serta obat dengan waktu paruh pendek yang membutuhkan pelepasan terkendali (Patel et al., 2021).

Dalam sistem penghantaran obat konvensional, proses pengosongan lambung dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis seperti pola makan, motilitas gastrointestinal, posisi tubuh, usia, dan kondisi kesehatan pasien. Faktor-faktor tersebut menyebabkan waktu tinggal obat di lambung menjadi tidak konsisten sehingga absorpsi obat juga menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, pengembangan GRDDS bertujuan untuk mengontrol pelepasan obat dan mempertahankan konsentrasi obat dalam darah agar tetap berada pada rentang terapeutik dalam waktu yang lebih lama (Sharma et al., 2022). GRDDS memiliki beberapa tujuan utama dalam penggunaannya, antara lain meningkatkan bioavailabilitas obat, memperpanjang durasi kerja obat, mengurangi frekuensi pemberian obat, serta meningkatkan kepatuhan pasien terhadap terapi. Selain itu, sistem ini juga dapat mengurangi fluktuasi kadar obat dalam plasma sehingga risiko efek samping akibat perubahan konsentrasi obat secara tiba-tiba dapat diminimalkan.

Sistem gastroretentif menjadi salah satu inovasi penting dalam bidang farmasi modern karena mampu memberikan pelepasan obat secara terkontrol (*controlled release*). Pelepasan obat yang berlangsung secara perlahan memungkinkan obat bekerja lebih efektif dan efisien



dibandingkan sediaan konvensional. Oleh karena itu, GRDDS banyak diterapkan pada berbagai jenis obat seperti antibiotik, antidiabetes, antihipertensi, antiulkus, dan obat-obatan yang memerlukan absorpsi optimal di lambung atau usus bagian atas (Rao, 2022). Selain memberikan manfaat terapeutik, GRDDS juga menjadi fokus penelitian dalam pengembangan teknologi sistem penghantaran obat modern. Berbagai penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan efektivitas retensi sediaan di lambung melalui pemanfaatan polimer, teknologi nanopartikel, sistem bioadhesif, hingga teknologi berbasis hidrogel dan smart polymer. Hal tersebut menunjukkan bahwa GRDDS memiliki prospek yang sangat besar dalam meningkatkan kualitas terapi dan pengembangan formulasi obat di masa mendatang (Gupta, 2020).

B. Jenis-Jenis Gastroretentive Drug Delivery System

Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) terdiri atas beberapa jenis sistem yang dikembangkan berdasarkan mekanisme retensi sediaan di dalam lambung. Masing-masing sistem memiliki prinsip kerja yang berbeda dalam mempertahankan obat agar tetap berada di lambung untuk waktu yang lebih lama. Pengembangan berbagai jenis GRDDS bertujuan untuk meningkatkan efektivitas terapi serta menyesuaikan karakteristik fisikokimia obat yang akan diformulasikan (Singh, 2021).

a. Floating Drug Delivery System

Floating Drug Delivery System (FDDS) merupakan salah satu jenis GRDDS yang paling banyak digunakan dan dikembangkan. Sistem ini bekerja dengan prinsip densitas rendah, yaitu sediaan dibuat memiliki massa jenis lebih kecil dibandingkan cairan lambung sehingga dapat terapung di atas permukaan cairan lambung dalam waktu tertentu. Selama terapung, obat akan dilepaskan secara perlahan sehingga absorpsi obat dapat berlangsung lebih optimal (Sharma et al., 2022). Floating system dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *effervescent system* dan *non-effervescent system*. Pada sistem effervescent, sediaan mengandung bahan pembentuk gas seperti natrium bikarbonat dan asam sitrat yang akan menghasilkan gas karbon dioksida saat kontak dengan cairan lambung sehingga membantu sediaan terapung. Sementara itu, non-effervescent system menggunakan polimer yang dapat mengembang dan membentuk gel sehingga densitas sediaan menjadi lebih rendah. Keunggulan floating system adalah kemampuannya dalam memperpanjang waktu tinggal obat di lambung tanpa mengganggu fungsi fisiologis lambung. Sistem ini banyak digunakan pada obat dengan absorpsi spesifik di lambung atau usus bagian atas seperti metformin dan ciprofloxacin (Kumar, 2020).

b. Mucoadhesive Drug Delivery System

Mucoadhesive Drug Delivery System merupakan sistem gastroretentif yang bekerja dengan cara melekatkan sediaan pada mukosa lambung menggunakan polimer bioadhesif tertentu. Adhesi yang terjadi antara sediaan dan lapisan mukosa lambung memungkinkan obat bertahan lebih lama di dalam lambung sehingga pelepasan obat dapat berlangsung secara berkepanjangan (Singh, 2021). Polimer yang umum digunakan pada sistem ini antara lain Carbopol, Chitosan, dan Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC). Polimer tersebut memiliki kemampuan membentuk ikatan dengan mukus lambung sehingga meningkatkan retensi sediaan. Sistem bioadhesif



sangat efektif digunakan untuk obat yang memerlukan absorpsi lokal maupun sistemik di lambung (Verma, 2021). Meskipun memiliki kemampuan retensi yang baik, efektivitas mucoadhesive system dapat dipengaruhi oleh produksi mukus dan motilitas lambung yang berbeda pada setiap individu. Oleh karena itu, formulasi sistem ini memerlukan optimasi agar adhesi terhadap mukosa dapat berlangsung maksimal.

c. Expandable Drug Delivery System

Expandable Drug Delivery System merupakan sistem gastroretentif yang dirancang untuk mengalami peningkatan ukuran setelah kontak dengan cairan lambung. Setelah ditelan, sediaan akan mengembang sehingga ukurannya menjadi lebih besar daripada diameter pilorus dan tidak mudah keluar menuju usus halus (Jain, 2022). Sistem ini biasanya menggunakan polimer hidrofilik yang mampu menyerap cairan lambung dan mengalami swelling secara cepat. Dengan meningkatnya ukuran sediaan, obat dapat bertahan lebih lama di lambung dan dilepaskan secara bertahap. Expandable system sangat bermanfaat untuk obat yang membutuhkan waktu absorpsi panjang dan pelepasan terkendali (Deshmukh, 2023). Namun, sistem ini juga memiliki tantangan dalam pengembangannya, terutama terkait keamanan sediaan agar tidak menyebabkan obstruksi saluran cerna. Oleh karena itu, pemilihan bahan dan desain formulasi harus dilakukan secara hati-hati.

d. Raft Forming System

Raft Forming System merupakan sistem gastroretentif yang bekerja dengan membentuk lapisan gel terapung (*raft*) di atas cairan lambung. Sistem ini biasanya mengandung sodium alginate dan bahan pembentuk gas yang akan menghasilkan lapisan gel ringan setelah kontak dengan asam lambung (Deshmukh, 2023). Lapisan gel tersebut berfungsi mempertahankan obat di permukaan cairan lambung sehingga pelepasan obat berlangsung lebih lama. Sistem raft forming banyak digunakan pada pengobatan gangguan lambung seperti gastroesophageal reflux disease (GERD) dan tukak lambung karena mampu memberikan efek perlindungan pada mukosa lambung (Kumar, 2020). Keunggulan sistem ini adalah kemampuannya memberikan pelepasan obat secara perlahan sekaligus memberikan efek terapeutik lokal pada lambung. Selain itu, sistem raft forming juga relatif aman dan nyaman digunakan oleh pasien.

e. High Density Drug Delivery System

High Density Drug Delivery System merupakan sistem gastroretentif yang memanfaatkan sediaan dengan densitas tinggi sehingga dapat tetap berada di bagian bawah lambung. Sistem ini dibuat dengan menambahkan bahan berdensitas tinggi seperti barium sulfate atau zinc oxide ke dalam formulasi sediaan (Rao, 2022). Karena memiliki densitas lebih tinggi dibanding cairan lambung, sediaan akan tertahan di dasar lambung dan tidak mudah terdorong oleh gerakan peristaltik menuju usus halus. Sistem ini memungkinkan obat dilepaskan secara perlahan selama berada di lambung (Gupta, 2020). Meskipun demikian, high density system memiliki keterbatasan karena memerlukan jumlah bahan berdensitas tinggi yang cukup besar sehingga dapat mempengaruhi ukuran dan kenyamanan penggunaan sediaan oral. Oleh sebab itu, sistem ini tidak sepopuler floating system dalam pengembangan formulasi modern.



C. Mekanisme Kerja GRDDS

Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) bekerja dengan prinsip mempertahankan sediaan obat di dalam lambung dalam waktu yang lebih lama dibandingkan sediaan oral konvensional. Sistem ini dirancang agar obat tidak cepat mengalami pengosongan lambung sehingga pelepasan dan absorpsi obat dapat berlangsung secara optimal. Mekanisme kerja GRDDS sangat dipengaruhi oleh jenis sistem yang digunakan, karakteristik sediaan, serta kondisi fisiologis saluran gastrointestinal pasien (Patel et al., 2021). Pada sistem penghantaran oral biasa, obat akan segera berpindah dari lambung menuju usus halus melalui proses pengosongan lambung (*gastric emptying*). Kecepatan proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah makanan, motilitas lambung, pH, posisi tubuh, dan kondisi kesehatan pasien. Akibatnya, beberapa obat yang membutuhkan absorpsi di lambung atau usus bagian atas tidak memiliki waktu yang cukup untuk diserap secara maksimal. Oleh karena itu, GRDDS dikembangkan untuk memperpanjang *gastric residence time* sehingga obat dapat bekerja lebih efektif.

Salah satu mekanisme kerja GRDDS yang paling umum adalah mekanisme flotasi (*floating mechanism*). Pada sistem ini, sediaan dibuat memiliki densitas lebih rendah dibandingkan cairan lambung sehingga dapat terapung di atas permukaan cairan lambung. Selama sediaan terapung, obat akan dilepaskan secara perlahan dalam jangka waktu tertentu. Floating system dapat menggunakan bahan pembentuk gas seperti natrium bikarbonat yang menghasilkan karbon dioksida saat kontak dengan asam lambung sehingga membantu sediaan tetap terapung (Sharma et al., 2022). Selain floating system, terdapat mekanisme adhesi mukosa (*mucoadhesive mechanism*) yang bekerja dengan cara melekatkan sediaan pada lapisan mukosa lambung menggunakan polimer bioadhesif tertentu. Adhesi ini memungkinkan sediaan bertahan lebih lama pada dinding lambung sehingga pelepasan obat berlangsung lebih terkendali. Polimer seperti Carbopol dan Chitosan banyak digunakan karena memiliki kemampuan adhesi yang tinggi terhadap mukosa lambung.

Mekanisme lainnya adalah *expandable mechanism*, yaitu sistem yang dirancang untuk mengembang setelah kontak dengan cairan lambung. Sediaan akan mengalami peningkatan ukuran sehingga tidak dapat melewati pilorus menuju usus halus. Dengan demikian, obat dapat tertahan lebih lama di lambung dan dilepaskan secara bertahap. Sistem ini biasanya menggunakan polimer hidrofilik yang mampu menyerap cairan dan mengalami swelling dalam waktu singkat. GRDDS juga dapat bekerja melalui mekanisme pembentukan gel seperti pada *raft forming system*. Pada sistem ini, sediaan membentuk lapisan gel terapung di atas cairan lambung setelah bereaksi dengan asam lambung. Lapisan tersebut berfungsi mempertahankan obat di lambung dan mengontrol pelepasan obat secara perlahan. Sistem ini banyak digunakan pada terapi gangguan lambung seperti refluks gastroesofagus dan tukak lambung (Deshmukh, 2023). Selain faktor formulasi, keberhasilan mekanisme kerja GRDDS juga dipengaruhi oleh faktor fisiologis seperti motilitas gastrointestinal, keadaan lambung kosong atau penuh, pola makan, usia, serta kondisi kesehatan pasien. Oleh karena itu, pengembangan sistem gastroretentif memerlukan optimasi formulasi agar dapat bekerja secara efektif pada berbagai kondisi fisiologis tubuh.



D. Keuntungan Gastroretentive Drug Delivery System

Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) memiliki berbagai keuntungan dalam meningkatkan efektivitas sistem penghantaran obat oral. Salah satu keuntungan utama GRDDS adalah kemampuannya dalam meningkatkan bioavailabilitas obat. Dengan memperpanjang waktu tinggal obat di lambung, proses pelepasan dan absorpsi obat dapat berlangsung lebih optimal, terutama untuk obat yang memiliki daerah absorpsi spesifik di lambung atau usus bagian atas (*narrow absorption window*) (Kumar, 2020). GRDDS juga mampu mempertahankan kadar obat dalam plasma darah secara lebih stabil karena pelepasan obat berlangsung secara perlahan dan terkendali. Kondisi ini dapat mengurangi fluktuasi konsentrasi obat dalam tubuh yang sering terjadi pada sediaan konvensional. Dengan kadar obat yang lebih stabil, risiko efek samping akibat peningkatan konsentrasi obat secara tiba-tiba dapat diminimalkan sehingga terapi menjadi lebih aman dan efektif (Rao, 2022).

Keuntungan lainnya adalah kemampuan GRDDS dalam mengurangi frekuensi pemberian obat. Sistem pelepasan terkendali memungkinkan obat bekerja dalam waktu yang lebih lama sehingga pasien tidak perlu mengonsumsi obat berulang kali dalam sehari. Hal ini dapat meningkatkan kepatuhan pasien (*patient compliance*) terutama pada terapi jangka panjang seperti pengobatan diabetes, hipertensi, dan infeksi kronis (Patel et al., 2021). GRDDS juga sangat bermanfaat untuk obat yang bekerja secara lokal di lambung, seperti antibiotik untuk eradikasi *Helicobacter pylori*, obat antiulkus, dan obat antasida. Dengan mempertahankan obat lebih lama di lambung, konsentrasi obat pada area target menjadi lebih tinggi sehingga efektivitas terapi meningkat (Sharma et al., 2022).

Selain itu, sistem gastroretentif dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan obat karena pelepasan obat yang lebih terkontrol memungkinkan penggunaan dosis yang lebih rendah dibandingkan sediaan konvensional. Hal ini dapat mengurangi risiko toksisitas dan meningkatkan keamanan penggunaan obat dalam jangka panjang (Gupta, 2020). Keuntungan lain dari GRDDS adalah fleksibilitas formulasi yang dapat disesuaikan dengan karakteristik obat dan tujuan terapi. Berbagai teknologi seperti floating system, mucoadhesive system, dan expandable system memungkinkan pengembangan sistem penghantaran obat yang lebih spesifik dan inovatif sesuai kebutuhan terapi modern (Verma, 2021).

E. Keterbatasan Gastroretentive Drug Delivery System

Meskipun memiliki banyak keuntungan, Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam pengembangannya. Salah satu keterbatasan utama adalah sistem ini tidak cocok digunakan untuk semua jenis obat. Obat yang tidak stabil dalam kondisi asam lambung atau obat yang dapat menyebabkan iritasi pada mukosa lambung tidak dapat diformulasikan secara optimal dalam sistem gastroretentif (Singh, 2021). Selain itu, efektivitas GRDDS sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis lambung yang dapat berbeda pada setiap individu. Faktor seperti motilitas gastrointestinal, volume cairan lambung, pola makan, usia, posisi tubuh, dan kondisi kesehatan pasien dapat mempengaruhi waktu retensi sediaan di lambung. Variasi kondisi tersebut menyebabkan performa GRDDS menjadi kurang konsisten antar pasien (Annisa, 2020).



Keterbatasan lainnya adalah kebutuhan cairan lambung yang cukup untuk membantu sistem bekerja secara optimal, terutama pada floating system dan expandable system. Jika volume cairan lambung tidak mencukupi, sediaan mungkin tidak dapat terapung atau mengembang dengan baik sehingga waktu retensi di lambung menjadi lebih singkat. Proses formulasi GRDDS juga relatif lebih kompleks dibandingkan sediaan oral konvensional. Pengembangan sistem gastroretentif memerlukan pemilihan polimer, bahan tambahan, dan metode formulasi yang tepat agar sistem dapat bekerja secara efektif. Selain itu, evaluasi parameter seperti *floating lag time*, *swelling index*, dan profil pelepasan obat membutuhkan proses penelitian yang lebih mendalam (Deshmukh, 2023). Pada beberapa jenis GRDDS seperti expandable system, terdapat risiko terjadinya obstruksi saluran cerna apabila ukuran sediaan terlalu besar atau tidak dapat terdegradasi dengan baik setelah pelepasan obat selesai. Oleh karena itu, aspek keamanan menjadi perhatian penting dalam pengembangan sistem gastroretentif modern (Rao, 2022).

Keterbatasan lain adalah biaya produksi GRDDS yang cenderung lebih tinggi dibandingkan sediaan konvensional karena penggunaan teknologi formulasi dan bahan khusus. Hal ini dapat mempengaruhi ketersediaan dan harga produk di pasaran sehingga penggunaannya masih terbatas pada jenis obat tertentu (Kumar, 2020). Meskipun demikian, perkembangan teknologi farmasi modern terus dilakukan untuk mengatasi berbagai keterbatasan tersebut. Pengembangan nanopartikel, smart polymer, dan sistem penghantaran obat berbasis hidrogel diharapkan mampu meningkatkan efektivitas, keamanan, dan efisiensi GRDDS di masa mendatang (Verma, 2021).

F. Polimer yang Digunakan dalam GRDDS

Polimer merupakan salah satu komponen terpenting dalam formulasi Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) karena berperan dalam mengontrol pelepasan obat, mempertahankan retensi sediaan di lambung, membentuk gel, meningkatkan kemampuan adhesi, serta membantu proses flotasi dan swelling pada sistem gastroretentif. Pemilihan jenis polimer sangat mempengaruhi keberhasilan formulasi GRDDS karena setiap polimer memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda sesuai dengan mekanisme kerja sistem yang dikembangkan (Verma, 2021). Pada formulasi floating drug delivery system, polimer digunakan untuk membentuk matriks yang mampu mempertahankan densitas sediaan tetap lebih rendah dibandingkan cairan lambung sehingga sediaan dapat terapung dalam waktu lama. Polimer hidrofilik seperti Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) sering digunakan karena mampu menyerap cairan lambung dan membentuk lapisan gel yang menjaga integritas sediaan selama proses pelepasan obat berlangsung (Sharma et al., 2022).

Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) merupakan salah satu polimer yang paling banyak digunakan dalam GRDDS. HPMC memiliki kemampuan swelling yang baik, mudah membentuk gel, bersifat biokompatibel, serta mampu mengontrol pelepasan obat secara bertahap. Ketika kontak dengan cairan lambung, HPMC akan mengalami hidrasi dan membentuk matriks gel yang memperlambat difusi obat keluar dari sediaan sehingga pelepasan obat menjadi lebih terkendali (Patel et al., 2021). Selain HPMC, Carbopol juga banyak digunakan dalam sistem gastroretentif, terutama pada mucoadhesive drug delivery system. Carbopol merupakan polimer dengan kemampuan bioadhesi tinggi sehingga dapat



meningkatkan interaksi antara sediaan dan mukosa lambung. Sifat adhesif tersebut memungkinkan sediaan bertahan lebih lama di lambung dan meningkatkan efektivitas absorpsi obat. Carbopol juga mampu meningkatkan viskositas sistem sehingga pelepasan obat dapat berlangsung lebih lambat dan stabil (Singh, 2021).

Polimer lain yang sering digunakan adalah Sodium Alginate. Sodium alginate merupakan polimer alami yang memiliki kemampuan membentuk gel saat kontak dengan ion kalsium atau suasana asam lambung. Polimer ini banyak diaplikasikan pada raft forming system karena mampu menghasilkan lapisan gel terapung yang mempertahankan obat di atas cairan lambung. Selain itu, sodium alginate memiliki sifat biodegradabel dan biokompatibel sehingga aman digunakan dalam formulasi farmasi (Deshmukh, 2023). Chitosan juga menjadi salah satu polimer penting dalam pengembangan GRDDS. Chitosan merupakan polimer alami hasil deasetilasi kitin yang memiliki kemampuan bioadhesif tinggi dan mudah membentuk gel. Polimer ini mampu meningkatkan adhesi sediaan terhadap mukosa lambung sehingga memperpanjang waktu retensi obat di lambung. Selain itu, chitosan memiliki sifat biokompatibel, biodegradabel, dan tidak toksik sehingga banyak digunakan dalam sistem penghantaran obat modern (Gupta, 2020). Ethyl Cellulose merupakan polimer hidrofobik yang digunakan untuk memperlambat penetrasi cairan ke dalam matriks sediaan sehingga pelepasan obat berlangsung lebih lambat. Polimer ini sering dikombinasikan dengan polimer hidrofilik untuk menghasilkan profil pelepasan obat yang lebih terkontrol. Ethyl cellulose juga membantu meningkatkan stabilitas sediaan gastroretentif selama penyimpanan (Kumar, 2020).

Selain polimer sintesis, pengembangan GRDDS juga memanfaatkan polimer alami seperti xanthan gum, guar gum, pectin, dan gelatin. Polimer alami memiliki keunggulan berupa sifat biodegradabel, aman, mudah diperoleh, dan lebih ramah lingkungan. Penggunaan polimer alami semakin berkembang seiring meningkatnya perhatian terhadap keamanan bahan farmasi dan pengembangan formulasi berbasis bahan alam (Rao, 2022). Pemilihan polimer dalam formulasi GRDDS harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti sifat obat, mekanisme pelepasan yang diinginkan, stabilitas sediaan, serta kompatibilitas antar bahan. Kombinasi beberapa polimer sering digunakan untuk menghasilkan sistem gastroretentif dengan kemampuan flotasi, swelling, adhesi, dan pelepasan obat yang lebih optimal. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengembangan dan modifikasi polimer terus dilakukan untuk meningkatkan efektivitas GRDDS di masa depan (Annisa, 2020).

G. Perkembangan Teknologi GRDDS

Perkembangan teknologi farmasi modern telah mendorong inovasi besar dalam pengembangan Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS). Sistem gastroretentif terus dikembangkan untuk menghasilkan formulasi yang lebih efektif, aman, dan mampu memberikan pelepasan obat secara terkendali dalam jangka waktu yang lebih lama. Berbagai penelitian terbaru berfokus pada peningkatan kemampuan retensi lambung, pengontrolan pelepasan obat, serta peningkatan bioavailabilitas obat yang memiliki absorpsi terbatas pada saluran cerna bagian atas (Rao, 2022). Salah satu perkembangan penting dalam teknologi GRDDS adalah penggunaan nanopartikel dalam sistem penghantaran obat. Teknologi nanopartikel memungkinkan obat dibuat dalam ukuran sangat kecil sehingga meningkatkan luas permukaan absorpsi dan mempercepat penetrasi obat ke membran biologis. Penggunaan



nanopartikel dalam GRDDS juga mampu meningkatkan stabilitas obat, mengurangi degradasi obat di saluran gastrointestinal, serta meningkatkan efektivitas terapi dengan dosis yang lebih rendah (Patel et al., 2021).

Selain nanopartikel, perkembangan teknologi superporous hydrogel juga menjadi perhatian dalam pengembangan sistem gastroretentif modern. Superporous hydrogel merupakan polimer yang memiliki kemampuan swelling sangat cepat ketika kontak dengan cairan lambung. Sistem ini mampu mengembang dalam waktu singkat sehingga ukuran sediaan menjadi lebih besar dan tertahan di lambung untuk waktu yang lebih lama. Teknologi ini sangat potensial untuk obat dengan pelepasan terkendali jangka panjang (Jain, 2022). Perkembangan lainnya adalah magnetic gastroretentive drug delivery system, yaitu sistem gastroretentif yang memanfaatkan magnet eksternal untuk mempertahankan posisi sediaan di lambung. Pada sistem ini, sediaan mengandung bahan magnetik yang akan ditahan oleh magnet dari luar tubuh sehingga sediaan tetap berada pada lokasi tertentu di lambung. Teknologi ini dinilai mampu meningkatkan akurasi penghantaran obat dan memperpanjang waktu retensi lambung secara lebih efektif (Deshmukh, 2023).

Smart polymer atau polimer cerdas juga menjadi inovasi terbaru dalam pengembangan GRDDS. Smart polymer merupakan polimer yang mampu memberikan respon terhadap perubahan lingkungan seperti pH, suhu, atau tekanan. Polimer ini memungkinkan sistem penghantaran obat melepaskan zat aktif secara spesifik sesuai kondisi fisiologis tertentu sehingga meningkatkan efisiensi terapi dan mengurangi risiko efek samping (Gupta, 2020). Teknologi floating microsphere juga berkembang pesat dalam formulasi GRDDS. Floating microsphere merupakan sistem partikel kecil yang memiliki kemampuan terapung di cairan lambung sehingga dapat meningkatkan distribusi obat di lambung dan memperpanjang waktu pelepasan obat. Sistem ini banyak digunakan untuk meningkatkan bioavailabilitas obat dengan kelarutan rendah dan absorpsi terbatas (Sharma et al., 2022).

Selain itu, perkembangan GRDDS juga mengarah pada penggunaan kombinasi beberapa mekanisme retensi dalam satu formulasi, seperti kombinasi floating system dengan mucoadhesive system atau expandable system. Pendekatan kombinasi ini bertujuan meningkatkan efektivitas retensi sediaan di lambung dan menghasilkan pelepasan obat yang lebih stabil serta konsisten (Singh, 2021). Kemajuan teknologi analisis dan karakterisasi formulasi juga turut mendukung perkembangan GRDDS. Berbagai metode evaluasi modern seperti scanning electron microscopy (SEM), differential scanning calorimetry (DSC), dan dissolution testing digunakan untuk mempelajari karakteristik fisik, pelepasan obat, serta stabilitas sistem gastroretentif secara lebih akurat. Dengan dukungan teknologi tersebut, pengembangan GRDDS menjadi semakin kompleks dan inovatif (Verma, 2021). Perkembangan teknologi GRDDS memberikan prospek besar dalam dunia farmasi, terutama dalam meningkatkan efektivitas terapi obat oral. Sistem gastroretentif modern diharapkan mampu menjadi solusi terhadap berbagai keterbatasan sediaan konvensional serta mendukung pengembangan sistem penghantaran obat yang lebih spesifik, aman, dan efisien di masa depan (Kumar, 2020).



PENUTUP

Kesimpulan

Gastroretentive Drug Delivery System (GRDDS) merupakan sistem penghantaran obat oral yang dirancang untuk memperpanjang waktu tinggal sediaan obat di dalam lambung sehingga proses pelepasan dan absorpsi obat dapat berlangsung lebih optimal. Sistem ini dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan sediaan oral konvensional, terutama pada obat yang memiliki *narrow absorption window*, waktu paruh pendek, serta absorpsi optimal pada lambung dan usus bagian atas. Dengan memperpanjang *gastric residence time*, GRDDS mampu meningkatkan bioavailabilitas obat dan efektivitas terapi. GRDDS memiliki berbagai jenis sistem berdasarkan mekanisme retensinya di lambung, antara lain *floating drug delivery system*, *mucoadhesive system*, *expandable system*, *raft forming system*, dan *high density system*. Setiap sistem memiliki prinsip kerja yang berbeda dalam mempertahankan sediaan di dalam lambung, seperti mekanisme flotasi, adhesi mukosa, swelling, pembentukan gel, dan peningkatan densitas sediaan.

Mekanisme kerja GRDDS dipengaruhi oleh formulasi sediaan, jenis polimer yang digunakan, serta faktor fisiologis lambung. Polimer seperti Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC), Carbopol, Sodium Alginate, Chitosan, dan Ethyl Cellulose memiliki peranan penting dalam pembentukan matriks gel, pengontrolan pelepasan obat, serta meningkatkan kemampuan adhesi dan retensi sediaan di lambung. Penggunaan GRDDS memberikan berbagai keuntungan, seperti meningkatkan bioavailabilitas obat, mempertahankan kadar obat dalam darah secara lebih stabil, mengurangi frekuensi pemberian obat, meningkatkan efektivitas terapi, dan meningkatkan kepatuhan pasien. Namun, sistem ini juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap kondisi fisiologis lambung, kompleksitas formulasi, serta keterbatasan penggunaan pada obat yang tidak stabil dalam kondisi asam. Perkembangan teknologi farmasi modern telah mendorong inovasi GRDDS melalui penggunaan nanopartikel, superporous hydrogel, magnetic system, smart polymer, dan floating microsphere. Teknologi tersebut menunjukkan bahwa GRDDS memiliki prospek yang sangat besar dalam pengembangan sistem penghantaran obat modern yang lebih efektif, aman, dan terkontrol.

Pengembangan Gastroretentive Drug Delivery System perlu terus dilakukan untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan sistem penghantaran obat oral. Penelitian lebih lanjut diperlukan dalam pengembangan formulasi berbasis teknologi modern seperti nanopartikel, smart polymer, dan sistem kombinasi Gastroretentif agar mampu memberikan pelepasan obat yang lebih spesifik dan optimal. Selain itu, diperlukan penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh faktor fisiologis lambung terhadap keberhasilan GRDDS sehingga dapat dihasilkan formulasi yang lebih stabil dan konsisten pada berbagai kondisi pasien. Penggunaan polimer alami yang aman, biodegradabel, dan ramah lingkungan juga perlu ditingkatkan sebagai alternatif pengembangan formulasi farmasi modern. Bagi dunia akademik dan industri farmasi, pengembangan GRDDS diharapkan dapat menjadi salah satu fokus inovasi dalam menciptakan sistem penghantaran obat yang lebih efektif dan efisien. Dengan adanya pengembangan teknologi yang berkelanjutan, GRDDS diharapkan mampu meningkatkan kualitas terapi, keamanan penggunaan obat, serta kualitas pelayanan kesehatan di masa mendatang.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Agarwal, S., & Kumar, P. (2021). *High density gastroretentive drug delivery system*. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 68(1), 90–98.
- Annisa, V. (2020). *Review of gastroretentive drug delivery system (GRDDS)*. Pharmauho: Jurnal Farmasi, Sains, dan Kesehatan, 6(2), 45–53.
- Bhosale, R., & Patil, M. (2020). *Superporous hydrogel in gastroretentive drug delivery*. Asian Journal of Pharmaceutical Technology, 10(4), 201–209.
- Chaudhary, A., & Yadav, S. (2022). *Magnetic gastroretentive drug delivery system: An overview*. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 11(6), 88–96.
- Das, S., & Roy, T. (2021). *Floating microspheres in gastroretentive systems*. International Journal of Pharmaceutical Investigation, 9(3), 145–152.
- Deshmukh, A. (2023). *Raft forming gastroretentive system and its pharmaceutical applications*. Journal of Pharmaceutical Innovations, 12(1), 33–41.
- Elangovan, V., & Kumar, D. (2020). *Bilayer floating tablets for gastroretentive drug delivery*. Journal of Pharmaceutical Research International, 32(15), 55–63.
- Farooq, U., & Ahmad, N. (2021). *Gastroretentive drug delivery for antibiotics*. International Journal of Drug Development and Research, 13(2), 40–48.
- Ghosh, P., & Mitra, S. (2022). *GRDDS for antidiabetic drugs*. Journal of Pharmaceutical Innovation and Research, 6(1), 22–31.
- Gupta, N. (2020). *Evaluation parameters of gastroretentive drug delivery systems*. Asian Journal of Pharmaceutical Research, 10(3), 112–120.
- Hassan, M., & Ali, F. (2020). *Gastroretentive systems for antihypertensive drugs*. Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences, 10(72), 15–23.
- Iqbal, M., & Khan, R. (2021). *Effervescent floating drug delivery systems*. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology, 14(4), 5321–5330.
- Jain, V. (2022). *Expandable drug delivery system in gastroretentive formulations*. International Journal of Pharmaceutical Research, 14(2), 98–107.
- Joshi, P., & Shah, H. (2020). *Non-effervescent floating drug delivery system*. Research Journal of Pharmacy and Technology, 13(7), 3401–3408.
- Kale, R., & Patil, S. (2022). *Physiological factors affecting gastroretentive drug delivery systems*. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 18(3), 140–149.
- Kumar, S. (2020). *Recent advances in gastroretentive drug delivery systems*. Asian Journal of Pharmaceutics, 14(4), 211–220.
- Lalitha, K., & Devi, M. (2021). *Advantages and limitations of gastroretentive drug delivery systems*. International Journal of Current Pharmaceutical Research, 13(5), 10–18.
- Mishra, A., & Singh, P. (2020). *Recent approaches of gastroretentive drug delivery systems*. Asian Journal of Pharmaceutics, 14(1), 1–10.
- Naik, V., & Rao, S. (2022). *Advanced polymers in gastroretentive formulations*. Journal of Pharmaceutical Materials and Sciences, 5(2), 70–79.
- Patel, D., Sharma, R., & Mehta, P. (2021). *Gastroretentive drug delivery system: A review*. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 14(5), 25–34.
- Patil, A., & Desai, N. (2021). *Controlled release gastroretentive dosage forms*. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 13(9), 50–58.



- Qureshi, T., & Khan, A. (2020). *Drug release mechanism in gastroretentive systems*. Journal of Pharmaceutical Technology Research, 9(2), 81–89.
- Rao, P. (2022). *Future perspectives of gastroretentive drug delivery systems*. International Journal of Biomedical Research, 9(2), 56–65.
- Reddy, K., & Sharma, M. (2021). *Raft forming systems in gastric retention*. International Journal of Pharmaceutical Applications, 12(4), 115–123.
- Saxena, V., & Jain, P. (2022). *Hydrogel-based gastroretentive drug delivery systems*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences, 11(1), 30–39.
- Sharma, P., Singh, R., & Verma, K. (2022). *Floating drug delivery system: A review*. Journal of Drug Delivery and Therapeutics, 12(3), 101–110.
- Singh, R. (2021). *Mucoadhesive gastroretentive drug delivery system*. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 13(1), 77–86.
- Tripathi, S., & Verma, A. (2021). *Nanotechnology approaches in gastroretentive systems*. International Journal of Nanomedicine Research, 7(2), 95–104.
- Verma, K. (2021). *Polymers used in gastroretentive drug delivery systems*. Journal of Drug Formulation Science, 8(2), 66–75.
- Yadav, R., & Kumar, N. (2020). *Smart polymers in controlled drug delivery systems*. Asian Journal of Pharmaceutical Technology and Innovation, 8(3), 54–63.