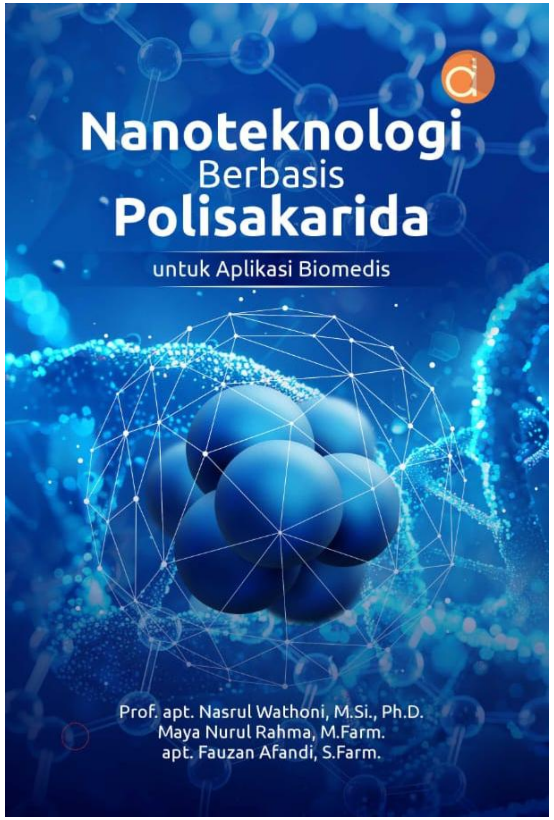
Faculty of Pharmacy
Universitas Padjadjaran

ASIIN



Bedah Buku :

NANOTEKNOLOGI BERBASIS POLISAKARIDA UNTUK APLIKASI BIOMEDIS

Kuliah Tamu
Program Studi Farmasi
Universitas Lambung Mangkurat
20 Juni 2026

Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D

NDCDS.Biopolymers
Novel Drug and Cosmetic Delivery Systems based Biopolymers

The faculty of excellence

https://farmasi.unpad.ac.id

Perkenalan

Education :

- Undergraduate, 2000-2004

Faculty of Pharmacy, Universitas Padjadjaran, Bandung-Indonesia

- Pharmacist, 2004-2005

Faculty of Pharmacy, Universitas Padjadjaran, Bandung-Indonesia

- Master of Pharmaceutic, 2007-2009

School of Pharmacy, Institut Teknologi Bandung, Bandung-Indonesia

- Doctor, 2014-2017

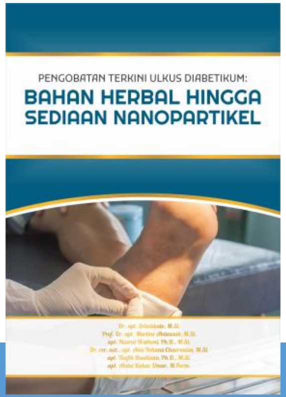
Physical Pharmaceutic Department, Kumamoto University, Kumamoto-Japan

2024, 2025

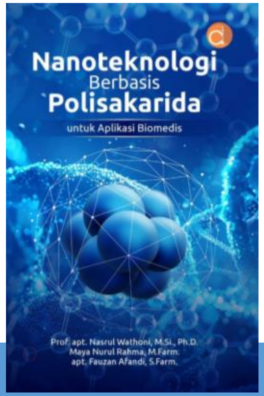
Publications

	Scopus	GScholar
Article	122	183
Citation	4025	5027
Cited Document	111	158
H-Index	33	37
i10-Index	76	93

Books



2020



2025

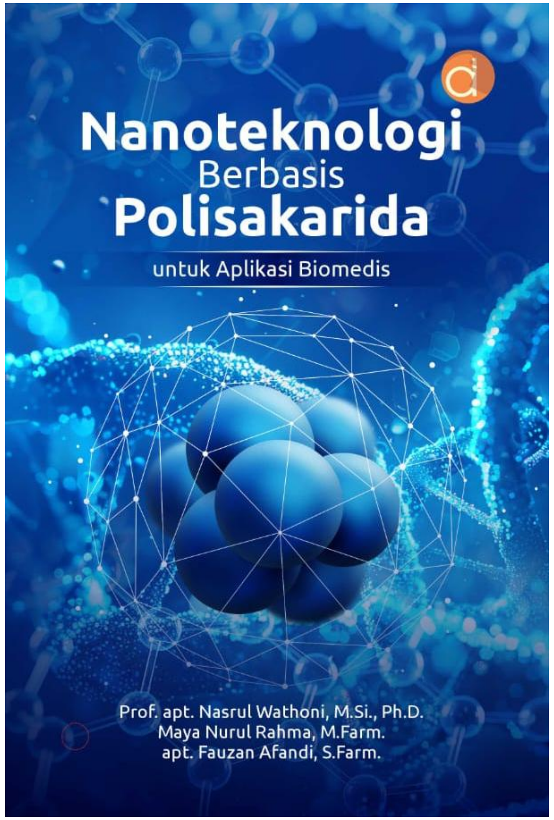
2018

2018

Link Materi Handout

https://bit.ly/BukuPolisakaridaULM

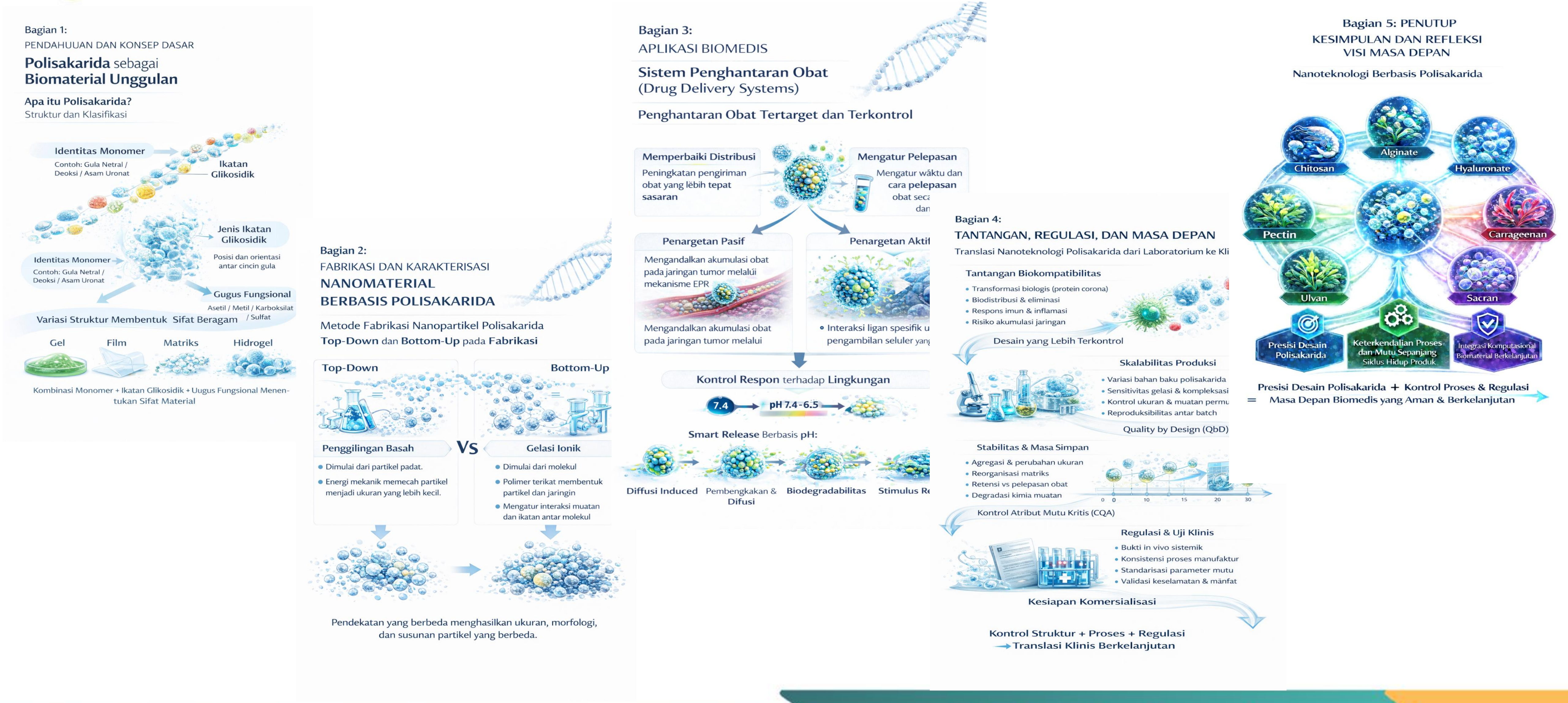
Intisari


Nanoteknologi
Berbasis
Polisakarida
untuk Aplikasi Biomedis
Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D.
Maya Nurul Rahma, M.Farm.
apt. Fauzan Afandi, S.Farm.


Polisakarida sebagai Platform Nanoteknologi
Biokompatibel
Biodegradable
Mudah Dimodifikasi Kimia
Struktur molekul, gugus fungsional, muatan menentukan pembentukan nanopartikel
Karakterisasi
Ukuran & Morfologi
Potensial Zeta
Interkasi Kimia
Penguapan Pelarut
Semprot Kering
Aplikasi Biomedis
Penghantaran Obat
Rekayasa Jaringan
Fabrikasi Nanomaterial Berbasis Polisakarida
Top-Down
Bottom-Up
Gelasi Ionik
Koaservasi
Penguapan Pelarut
Semprot Kering
Tantangan & Masa Depan
Translasi Klinis
Skalabilitas Produksi
Aspek Regulasi
Potensi besar untuk nanoteknologi biomedis yang lebih efektif, aman, dan terarah.

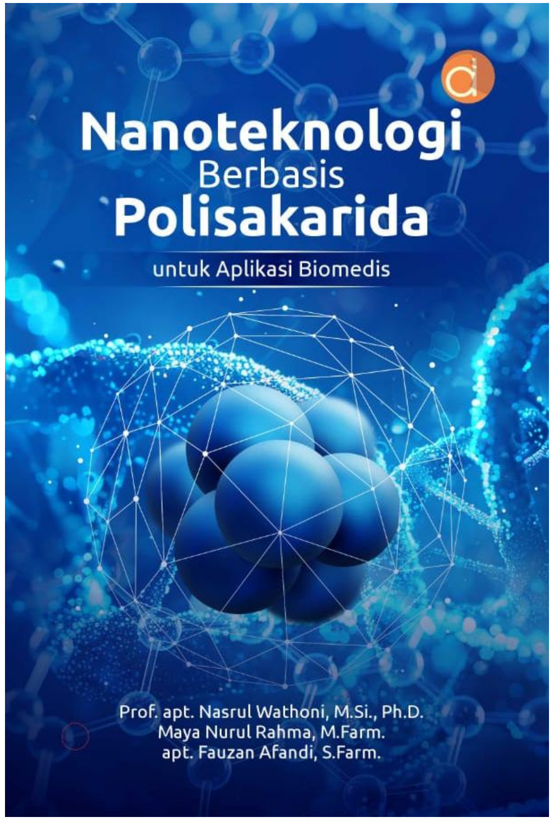

Nanoteknologi
Berbasis
Polisakarida
untuk Aplikasi Biomedis
Berangkat dari ketertarikannya pada hubungan antara struktur molekul dan fungsi biologis, Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D. beserta tim risetnya mengembangkan keahlian di bidang farmasetika dan nanoteknologi berbasis biopolymer. Lulusan Kumamoto University, Jepang, ini merupakan Profesor di Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran dengan fokus riset pada sistem penghantaran obat dan kosmetik berbasis polisakarida.
Buku ini merefleksikan bidang keilmuan yang ia tekuni dimulai dari pemahaman struktur dan klasifikasi polisakarida, metode fabrikasi dan karakterisasi nanomaterial, hingga desain sistem penghantaran obat tertarget dan terkontrol. Pembahasan mencakup kitosan, alginat, hialuronat, karagenan, ulvan, pektin dan sacran sebagai platform desain biomaterial dengan pendekatan struktur, proses dan fungsi.
Selain aspek teknis, buku ini juga menyoroti tantangan konsistensi mutu, keamanan biologis, translasi klinis, serta pentingnya integrasi Quality by Design dan kesiapan regulatori. Melalui pendekatan ilmiah yang sistematis dan reflektif, penulis mengajak pembaca melihat nanoteknologi polisakarida sebagai bidang yang bergerak dari eksplorasi menuju penerapan yang matang dan berkelanjutan.
Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)
Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581
Telp/Fax : (0274) 4533427
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
Kategori :

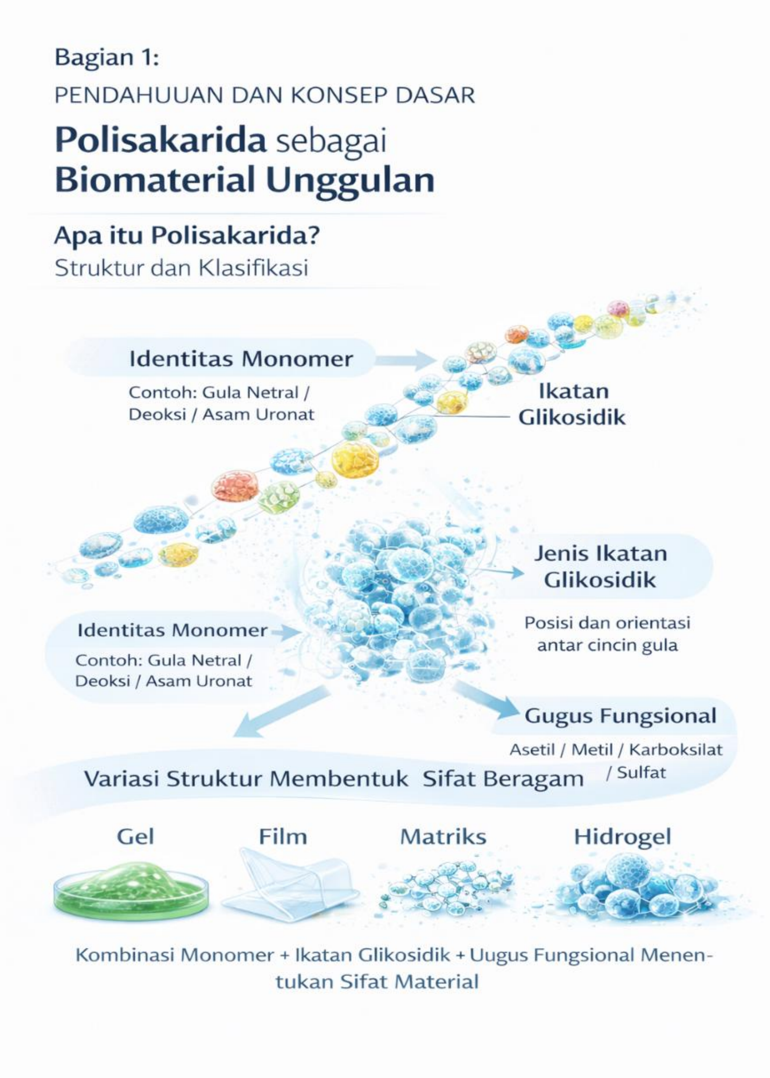
Outline


Bagian 1:
PENDAHUUAN DAN KONSEP DASAR
Polisakarida sebagai Biomaterial Unggulan
Apa itu Polisakarida?
Struktur dan Klasifikasi
Identitas Monomer
Contoh: Gula Netral / Deoksi / Asam Uronat
Ikatan Glikosidik
Jenis Ikatan Glikosidik
Posisi dan orientasi antar cincin gula
Identitas Monomer
Contoh: Gula Netral / Deoksi / Asam Uronat
Gugus Fungsional
Asetil / Metil / Karboksilat / Sulfat
Variasi Struktur Membentuk Sifat Beragam
Gel
Film
Matriks
Hidrogel
Kombinasi Monomer + Ikatan Glikosidik + Uugus Fungsional Menentukan Sifat Material
Bagian 2:
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI
NANOMATERIAL BERBASIS POLISAKARIDA
Metode Fabrikasi Nanopartikel Polisakarida
Top-Down dan Bottom-Up pada Fabrikasi
Top-Down
Bottom-Up
Penggilingan Basah
VS
Gelasi Ionik
Dimulai dari partikel padat.
Energi mekanik memecah partikel menjadi ukuran yang lebih kecil.
Dimulai dari molekul
Polimer terikat membentuk partikel dan jaringin
Mengatur interaksi muatan dan ikatan antar molekul
Pendekatan yang berbeda menghasilkan ukuran, morfologi, dan susunan partikel yang berbeda.
Bagian 3:
APLIKASI BIOMEDIS
Sistem Penghantaran Obat (Drug Delivery Systems)
Penghantaran Obat Tertarget dan Terkontrol
Memperbaiki Distribusi
Peningkatan pengiriman obat yang lebih tepat sasaran
Mengatur Pelepasan
Mengatur waktu dan cara pelepasan
Penargetan Pasif
Mengandalkan akumulasi obat pada jaringan tumor melalui mekanisme EPR
Mengandalkan akumulasi obat pada jaringan tumor melalui
Penargetan Aktif
Interaksi ligan spesifik
pengambilan seluler
Kontrol Respon terhadap Lingkungan
7.4
pH 7.4 - 6.5
Smart Release Berbasis pH:
Diffusi Induced
Pembengkakan & Difusi
Biodegradabilitas
Bagian 4:
TANTANGAN, REGULASI, DAN MASA DEPAN
Translasi Nanoteknologi Polisakarida dari Laboratorium ke Kli
Tantangan Biokompatibilitas
Transformasi biologis (protein corona)
Biodistribusi & eliminasi
Respons imun & inflamasi
Risiko akumulasi jaringan
Desain yang Lebih Terkontrol
Skalabilitas Produksi
Variasi bahan baku polisakarida
Sensitivitas gelasi & kompleksasi
Reproduksibilitas antar batch
Quality by Design (QbD)
Stabilitas & Masa Simpan
Agregasi & perubahan ukuran
Reorganisasi matriks
Retensi vs pelepasan obat
Degradasi kimia muatan
Kontrol Atribut Mutu Kritis (CQA)
Regulasi & Uji Klinis
Bukti in vivo sistemik
Konsistensi proses manufaktur
Standarisasi parameter mutu
Validasi keselamatan & manfat
Kesiapan Komersialisasi
Kontrol Struktur + Proses + Regulasi
Translasi Klinis Berkelanjutan
Bagian 5: PENUTUP
KESIMPULAN DAN REFLEKSI
VISI MASA DEPAN
Nanoteknologi Berbasis Polisakarida
Chitosan
Alginate
Hyaluronate
Pectin
Carrageenan
Ulvan
Sacran
Presisi Desain Polisakarida
Keterkendalian Proses dan Mutu Sepanjang Siklus Hidup Produk
Integrasi Komputasional Biomaterial Berkelanjutan
Presisi Desain Polisakarida + Kontrol Proses & Regulasi
= Masa Depan Biomedis yang Aman & Berkelanjutan

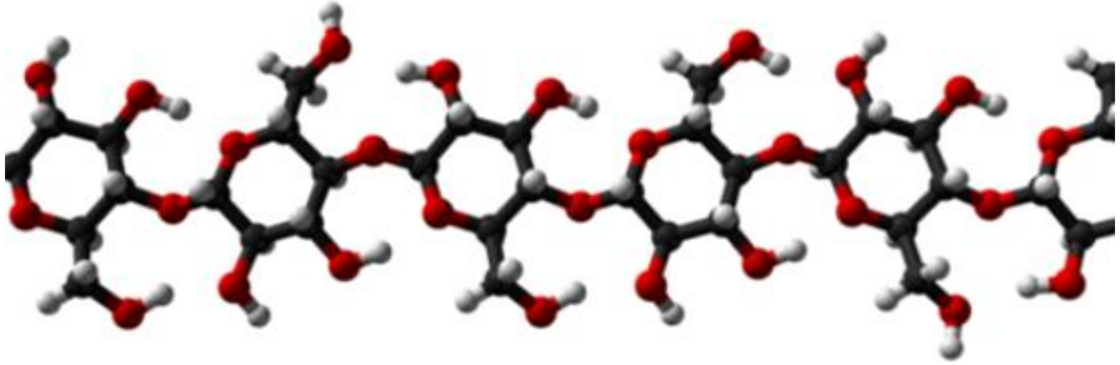
Faculty of Pharmacy
Universitas Padjadjaran

Bagian 1





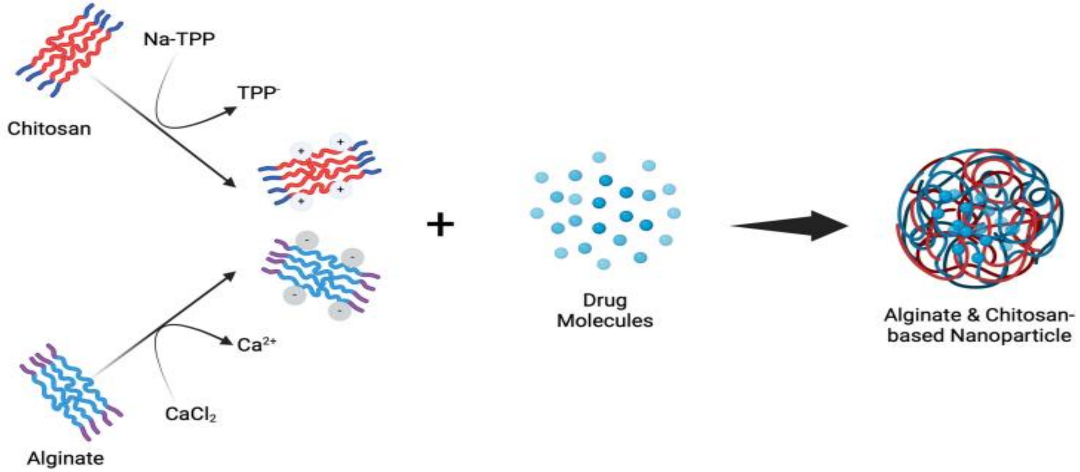
Apa itu Polisakarida: Struktur dan Klasifikasi



Polisakarida adalah **polimer karbohidrat** kompleks yang tersusun dari unit monosakarida berulang yang terhubung melalui ikatan glikosidik.

Variasi arsitektur molekul menentukan perilaku material pada skala nano, termasuk:

- Kelarutan dalam lingkungan berair
- Konformasi rantai molekul
- Interaksi dengan ion dan biomolekul lain



(Wathoni et al., 2024).

Tiga Pilar Arsitektur Molekul

Identitas Monomer

Gula netral, gula deoksi, atau turunan asam uronat yang menentukan sifat dasar kimiawi.

Ikatan Glikosidik

Posisi ikatan antar cincin gula yang menentukan orientasi dan fleksibilitas rantai polimer.

Gugus Fungsional

Gugus asetil, karboksilat, atau sulfat yang mengubah polaritas dan hidrasi material.

(Herdiana et al., 2024; Wathoni et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024)

Klasifikasi Berdasarkan Komposisi

Homopolisakarida

Tersusun dari satu jenis monomer tunggal dalam rantai panjang.

Contoh: Selulosa, Pati, Glikogen.

Heteropolisakarida

Memuat lebih dari satu jenis monomer dalam struktur yang sama.

Contoh: Pektin, Karagenan, Heparin.

(Wathoni et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024)

Klasifikasi Berdasarkan Muatan

3

Kategori Utama Muatan

Kationik (+)

Memiliki gugus amina (contoh: Kitosan). Penting untuk interaksi dengan membran sel.

Anionik (-)

Memiliki gugus karboksilat atau sulfat (contoh: Alginat, Sacran). Bersifat polielektrolit kuat.

Netral (0)

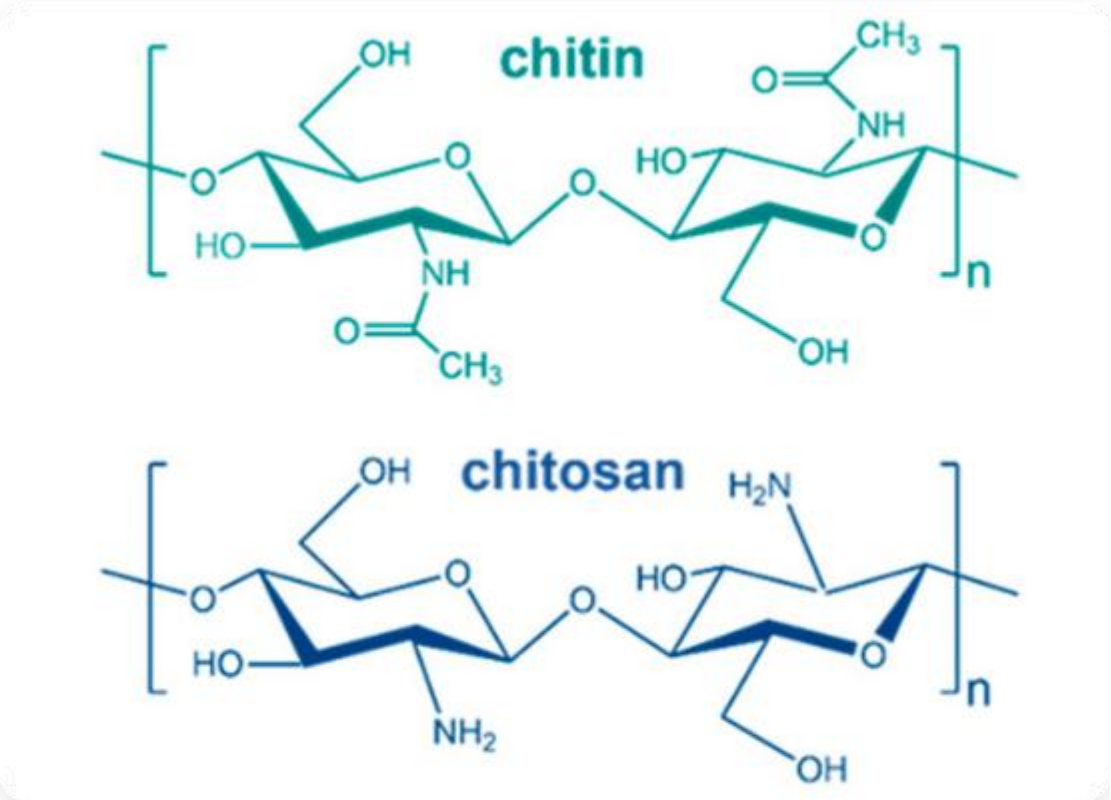
Tanpa muatan dominan, berperan stabil dalam kondisi fisiologis luas.

(Herdiana et al., 2024; Wathoni et al., 2024; Sulastri et al., 2025)

Kitosan: Platform Kationik Utama

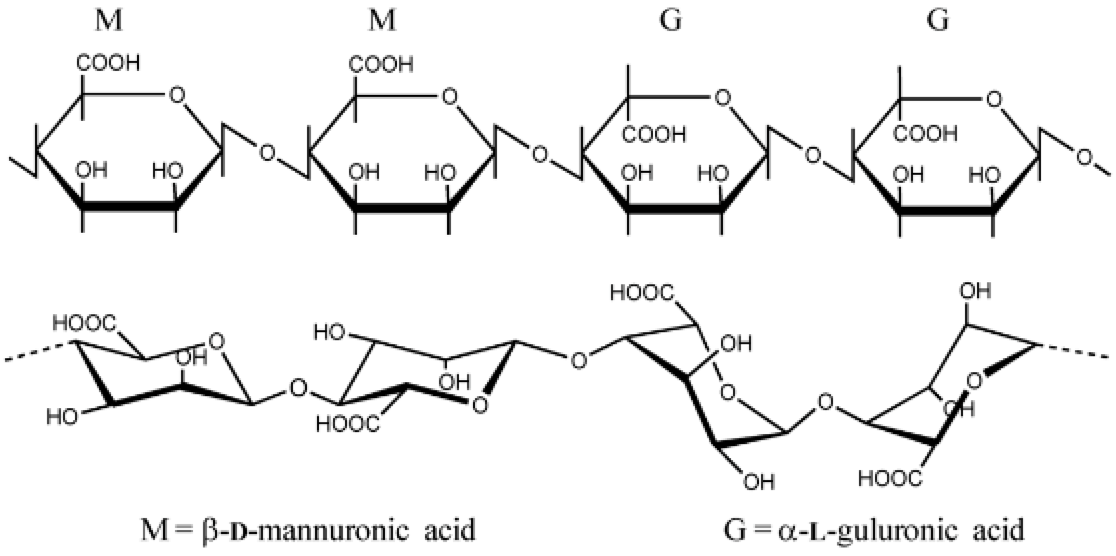
Berasal dari deasetilasi kitin, kitosan adalah platform paling populer dalam nanomedis.

- **Gugus Amina:** Memungkinkan protonasi di pH asam.
- **Mucoadhesion:** Melekat pada lapisan mukus negatif.
- **Modifikasi:** Mudah dimodifikasi secara kimia untuk fungsionalitas baru.



(Herdiana et al., 2024; Wathoni et al., 2024; Suharyani et al., 2025)

Alginat dan Karagenan (Anionik)

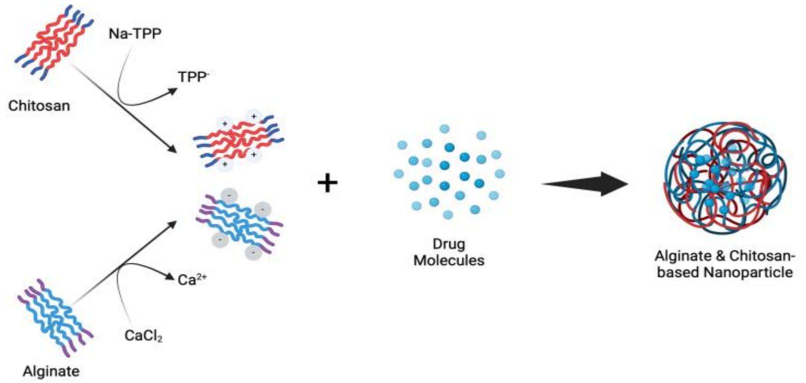


Dua raksasa anionik dari sumber laut (alga coklat dan merah).

Kompleks Polielektrolit

Mampu membentuk **jaringan ionik** saat bertemu dengan kitosan (kationik), menghasilkan nanopartikel tanpa reagen kimia berbahaya.

Ideal untuk enkapsulasi obat dan pelepasan terkontrol.



(Wathoni et al., 2024; Milanda et al., 2022; Sulastri et al., 2025)

Polisakarida Kompleks Spesifik

Sacran

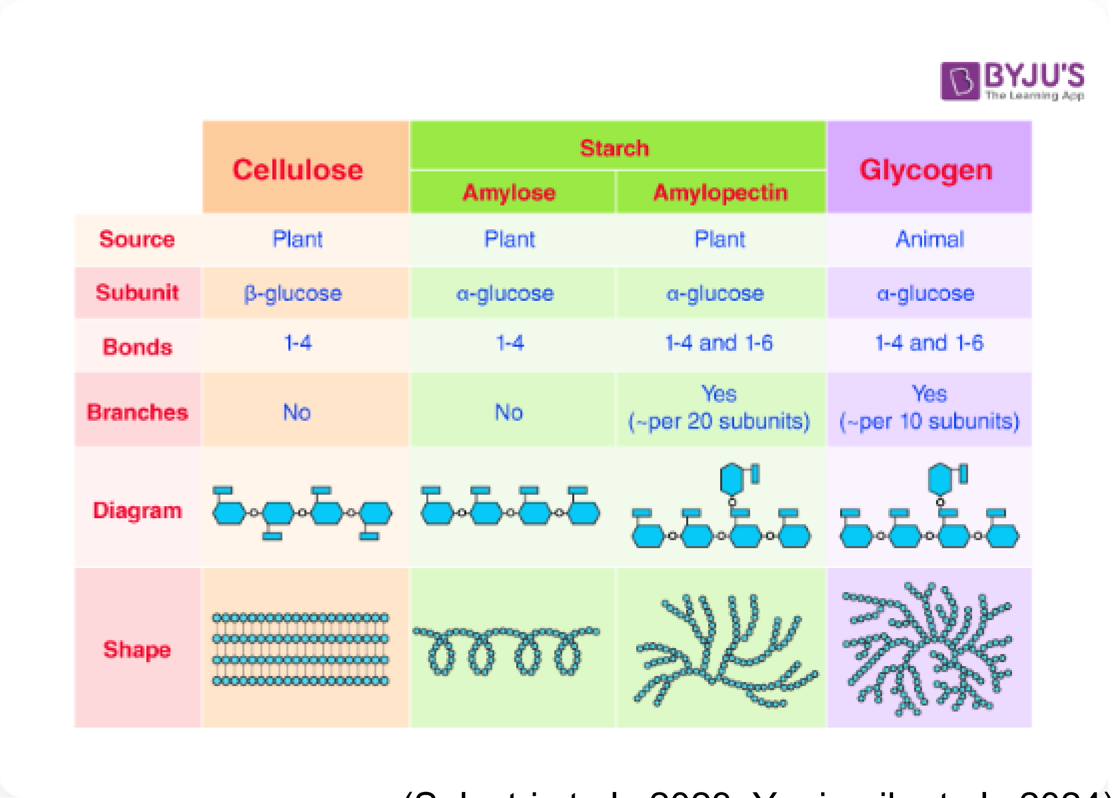
Polisakarida megamolekuler tersulfatasi dengan kapasitas hidrasi luar biasa.

Ulvan

Berasal dari alga hijau, memiliki unit rhamnosa tersulfatasi yang unik.

Pektin

Kaya akan galakturonat, komponen struktural dinding sel tanaman.

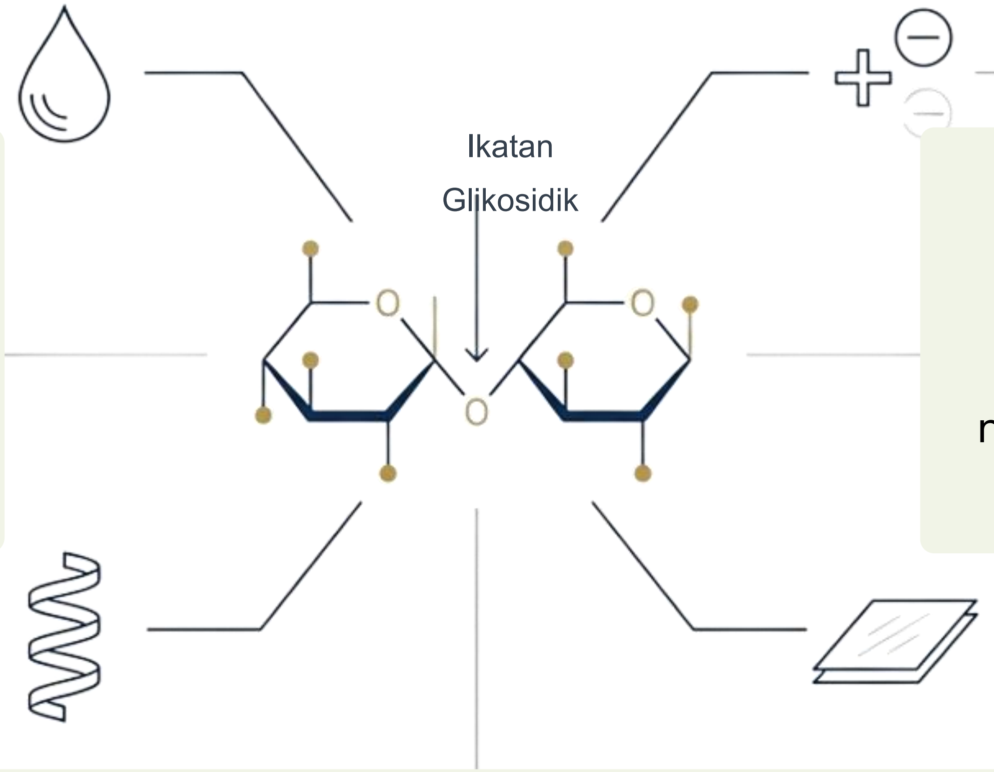


	Cellulose	Starch		Glycogen
		Amylose	Amylopectin	
Source	Plant	Plant	Plant	Animal
Subunit	β-glucose	α-glucose	α-glucose	α-glucose
Bonds	1-4	1-4	1-4 and 1-6	1-4 and 1-6
Branches	No	No	Yes (~per 20 subunits)	Yes (~per 10 subunits)
Diagram				
Shape				

(Sulastri et al., 2023; Yuniarsih et al., 2024)

Peran Vital Ikatan Glikosidik

Interaksi Molekuler
Memiliki gugus hidroksil, karboksilat, sulfat, dan amina yang memungkinkannya berinteraksi kuat dengan air, ion, dan biomolekul.

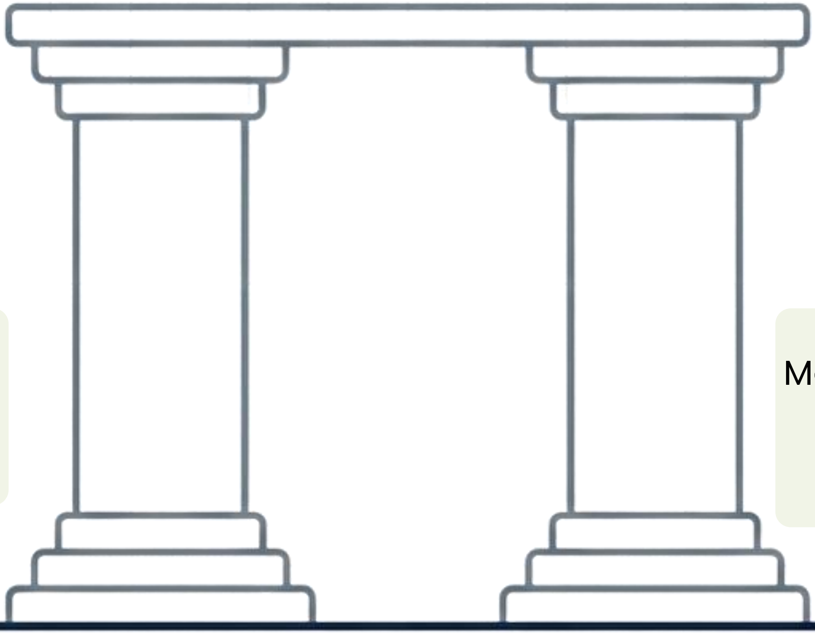


Aplikasi Biomedis
Mampu membentuk jaringan terhidrasi yang menyerupai lingkungan biologis tubuh manusia, diaplikasikan sebagai hidrogel, film, dan matriks.

Polimer karbohidrat berulang yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik. Sifatnya ditentukan oleh jenis monomer, percabangan, dan muatan.

(Wathoni et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024; Milanda et al., 2022)

Keunggulan Polisakarida



Biokompatibilitas

Material berinteraksi dengan jaringan tubuh tanpa menimbulkan respon inflamasi atau toksisitas

Biodegradabilitas

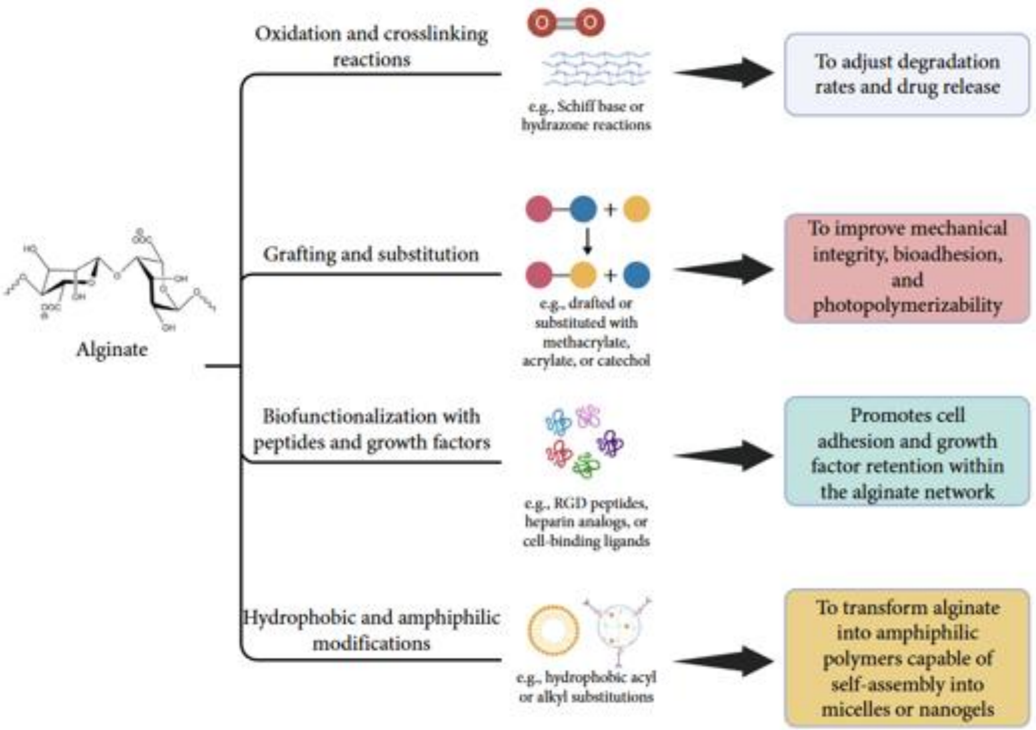
Material dapat terurai secara biologis dan aman

Strategi Modifikasi Struktural

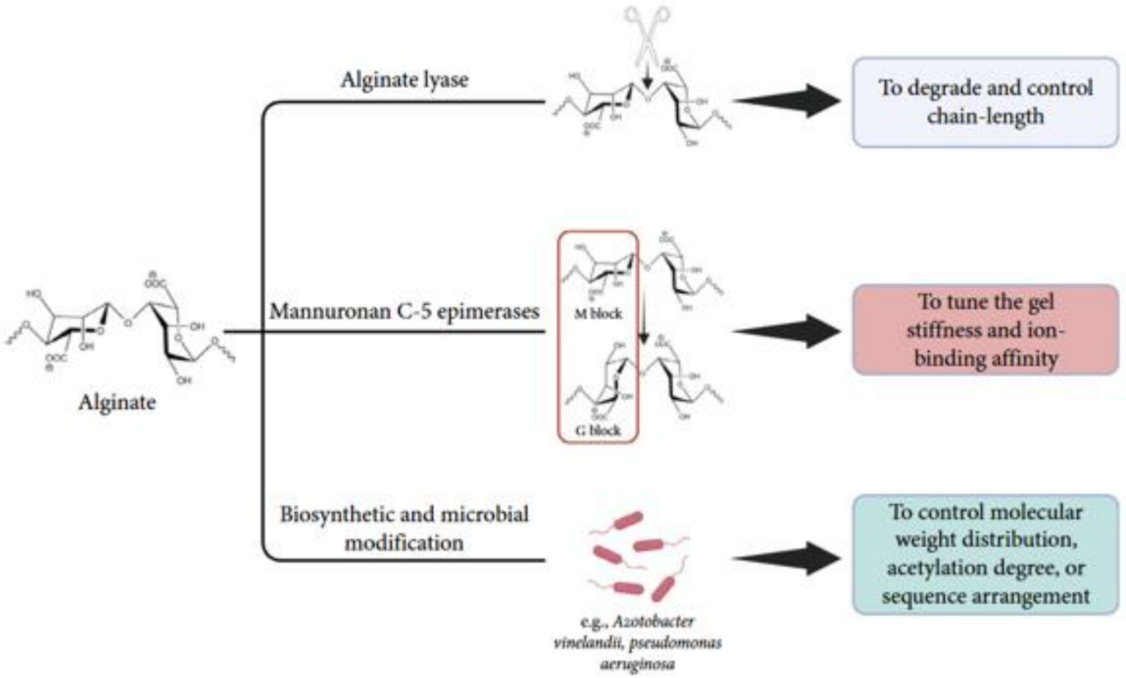
Fungsi dasar dapat diperkuat dengan cara crosslinking, grafting, konjugasi ligan dan pelapisan permukaan

(Yuniarsih et al., 2024; Wathoni, Suhandi, Purnama, et al., 2024; Arifka et al., 2022)

Modifikasi Kimia Polisakarida untuk Meningkatkan Fungsionalitas



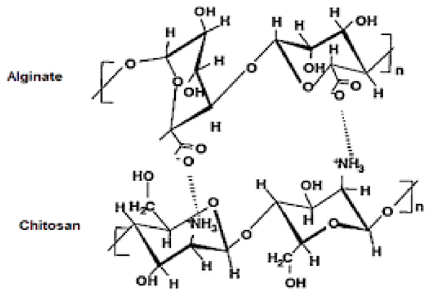
Gambar 1. Skema jalur modifikasi kimia polisakarida



Gambar 2. Skema modifikasi alginat melalui jalur enzimatik dan biosintetik

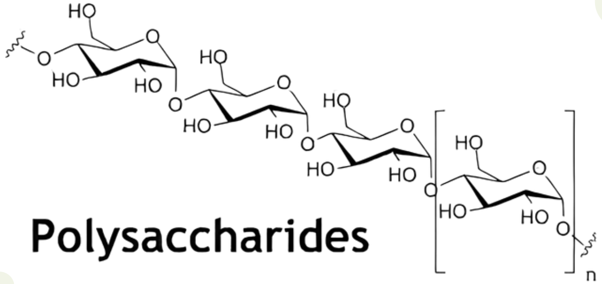
(Wathoni et al., 2026; Wathoni, Suhandi, Purnama, et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024)

Peran Polisakarida dalam Nanoteknologi Biomedis

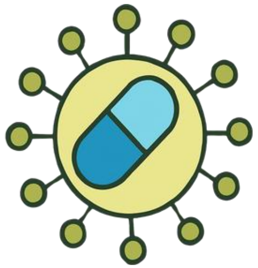


Sistem Cerdas

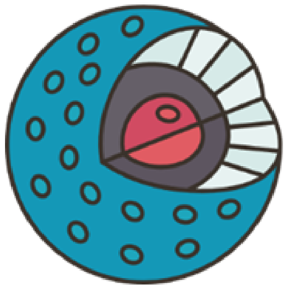
Kitosan yang bermuatan positif dengan alginat atau ulvan yang bermuatan negatif



Enkapsulasi Obat



Stabilitas meningkat



Penargetan Spesifik

Sistem berbasis polisakarida juga dapat dibuat responsif terhadap lingkungan, misalnya terhadap perubahan pH, sehingga pelepasan obat dapat lebih terarah

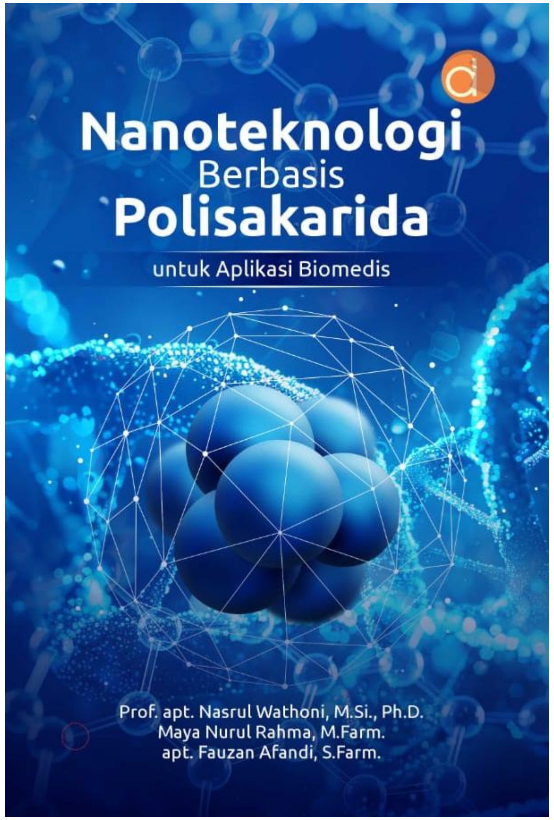
Mengatur Pelepasan Obat

Mengurangi efek stoksik

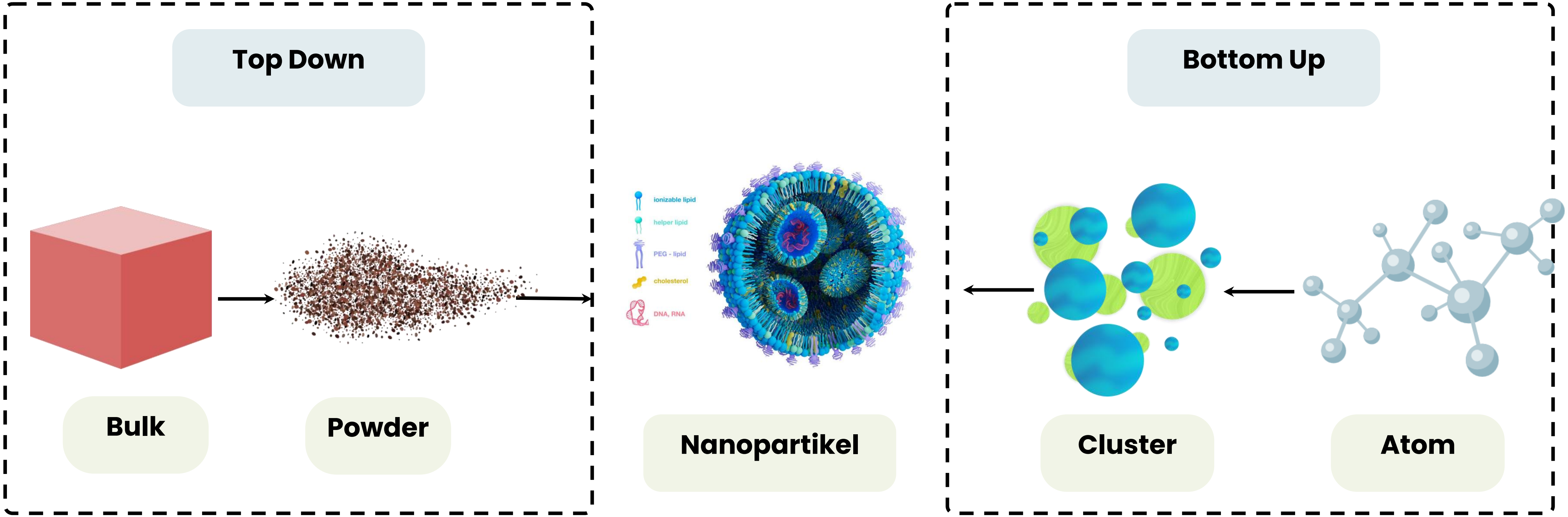
(Wathoni, Herdiana, et al., 2024; Herdiana et al., 2024; Sulastri et al., 2025; Yuniarsih et al., 2024)

Faculty of Pharmacy
Universitas Padjadjaran

Bagian 2



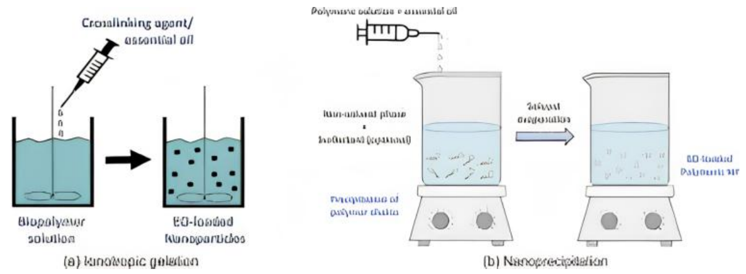
Fabrikasi Nanopartikel Polisakarida



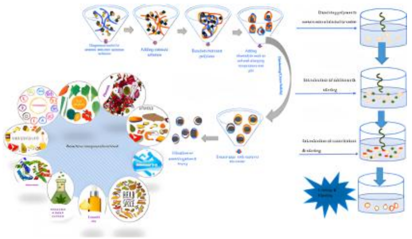
(Herdiana et al., 2022; Herdiana et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024)

Metode Umum dalam Pembentukan Nanopartikel

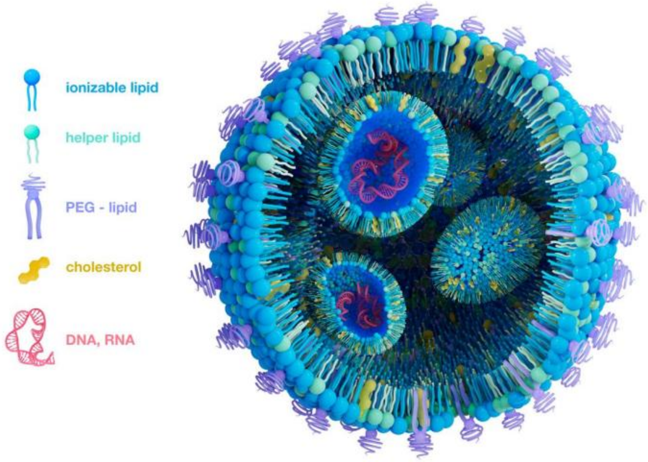
Gelasi Ionik



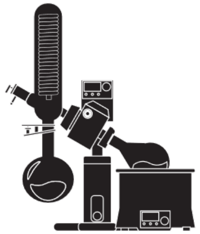
Koaservasi



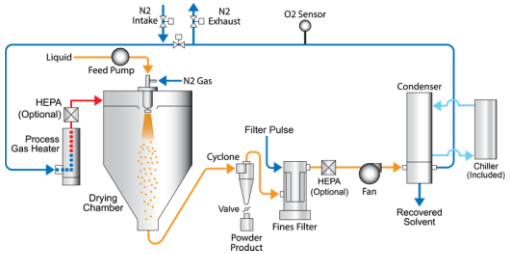
Nanopartikel



Penguapan Pelarut



Spray Drying



Sangat dipengaruhi oleh pH, urutan pencampuran, konsentrasi polimer, laju penambahan, pengadukan, dan proses pengeringan

(Wathoni, Herdiana, et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024; Sulastri et al., 2025; Sriwidodo et al., 2022)

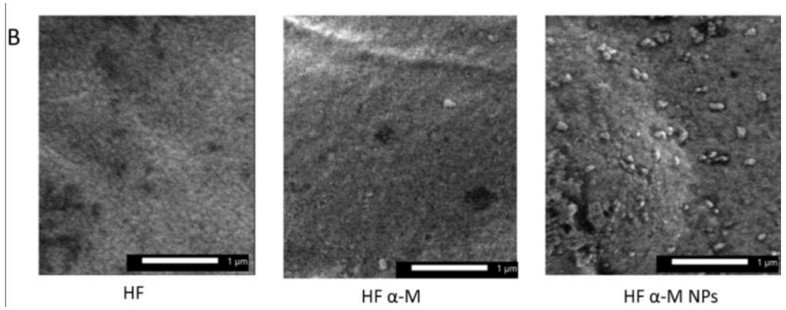
Analisis Ukuran, Distribusi, dan Morfologi Nanopartikel

Dynamic Light Scattering

Formulation	Particle Size (nm)	PDI	Zeta Potential (mV)
AM-CS	229.133 ± 5.685	0.382 ± 0.015	33.83 ± 1.92
AM-CS/HA1	304.833 ± 6.288	0.362 ± 0.038	−24.43 ± 1.76
AM-CS/HA2	369.300 ± 2.467	0.360 ± 0.028	−28.44 ± 2.26
AM-CS/HA3	412.767 ± 6.001	0.346 ± 0.034	−33.31 ± 1.85

Mengukur ukuran partikel dan PDI dimana PDI yang rendah mengurangi terjadinya agregasi

Scanning Electron Microscopy (SEM)



Bentuk permukaan

Transmission Electron Microscopy (TEM)

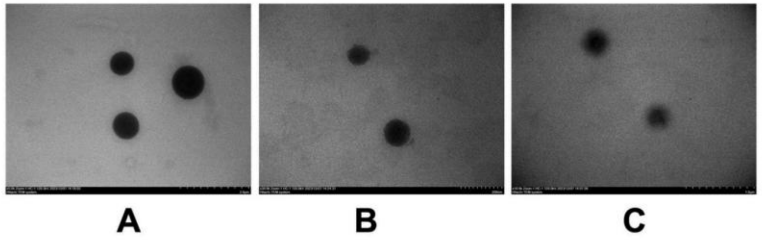
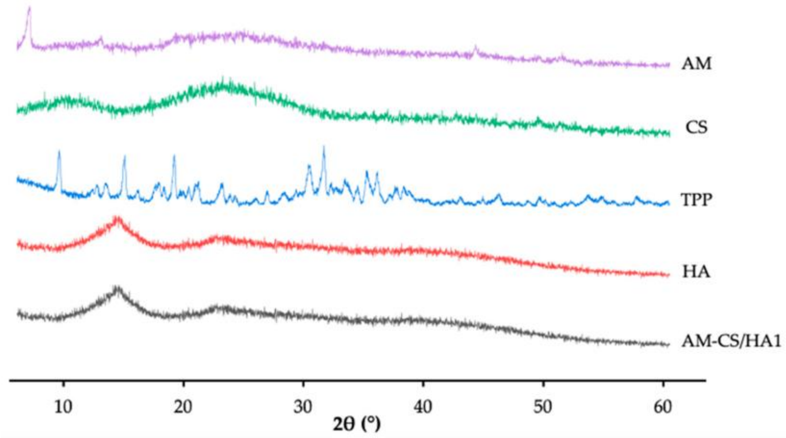


Fig. 2. Transmission electron microscopy (TEM) images of HFFS formulations: CH1 without α-mangostin (HFFS-Nanopropolis) (**A**), HFFS-Nanopropolis-αM without polymer base (without polymer) (**B**), and optimized HFFS-Nanopropolis-αM (CH1) (**C**). The images show the morphology and distribution of the nanostructured lipid carriers in each formulation.

Melihat bentuk dan memperlihatkan susunan struktur

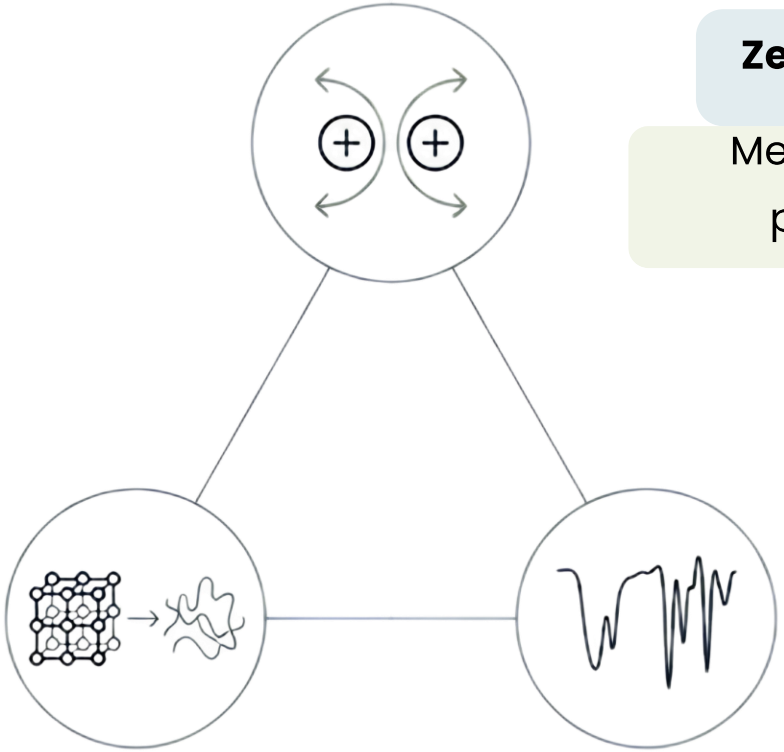
(Meylina et al., 2023; Muchtaridi et al., 2023; Yuniarsih et al., 2026)

Zeta Potensial dan Interaksi Kimia dalam Sistem Nanopartikel



XRD

Melihat perubahan struktur padat, terutama apakah zat aktif masih bersifat kristalin atau berubah menjadi amorf

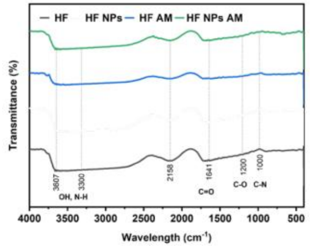


Zeta Potensial

Menilai muatan permukaan

FTIR

Menganalisis interaksi gugus fungsi



(Meylina et al., 2023; Muchtaridi et al., 2023; Yuniarsih et al., 2026; Wulansari et al., 2026)

Efisiensi Enkapsulasi dan Pemuatan Obat sebagai Indikator Keberhasilan Sistem

Efisiensi Penjerapan

Menunjukkan persentase obat yang berhasil masuk dan tertahan di dalam pembawa dibandingkan jumlah obat awal yang digunakan

Drug loading

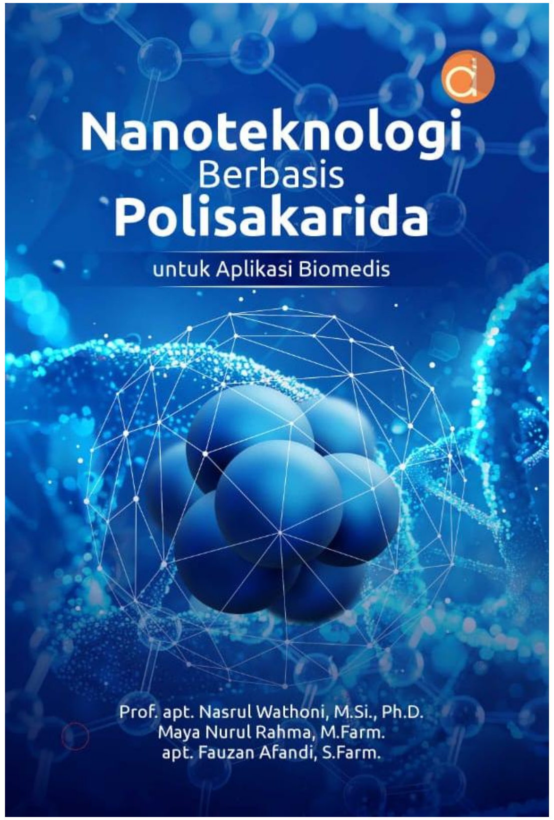
menunjukkan kapasitas muat obat, yaitu seberapa besar kandungan obat dibandingkan total massa partikel atau sistem pembawa

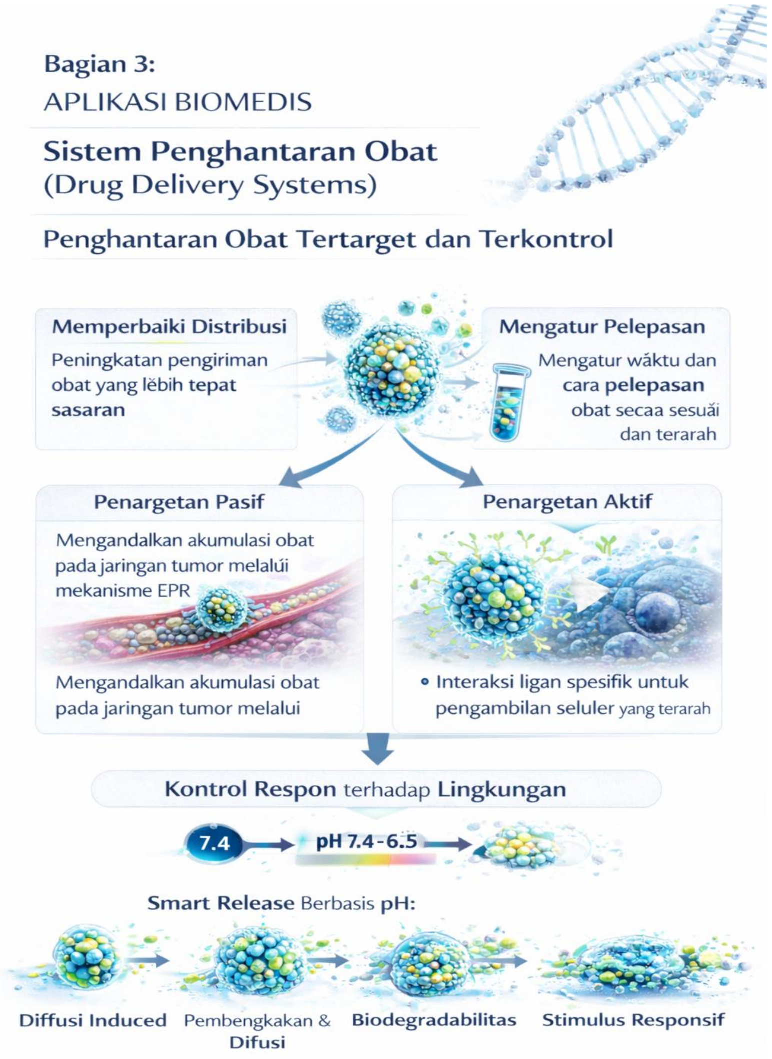
Formulation	EE (%)	DL (%)
AM-CS	88.325 ± 3.340	8.674 ± 0.018
AM-CS/HA1	90.404 ± 2.161	8.514 ± 0.007

Pada nanopartikel polisakarida, kemampuan menahan obat dipengaruhi oleh kerapatan jaringan, interaksi ionik, ikatan hidrogen, pelapisan permukaan, serta kekuatan interaksi obat dengan matriks

(Meylina et al., 2023; Muchtaridi et al., 2023; Herdiana et al., 2022; Yuniarsih et al., 2026)

Bagian 3





Nanoteknologi
Berbasis
Polisakarida
untuk Aplikasi Biomedis

Berangkat dari ketertarikannya pada hubungan antara struktur molekul dan fungsi biologis, **Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D.** beserta tim risetnya mengembangkan keahlian di bidang farmasetika dan nanoteknologi berbasis *biopolymer*. Lulusan Kumamoto University, Jepang, ini merupakan Profesor di Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran dengan fokus riset pada sistem penghantaran obat dan kosmetik berbasis polisakarida.

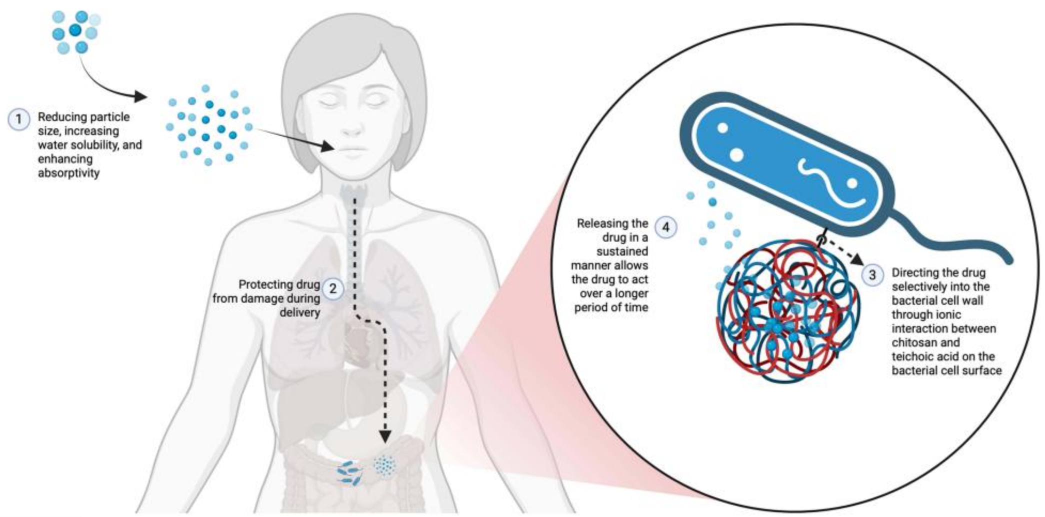
Buku ini merefleksikan bidang keilmuan yang ia tekuni dimulai dari pemahaman struktur dan klasifikasi polisakarida, metode fabrikasi dan karakterisasi nanomaterial, hingga desain sistem penghantaran obat tertarget dan terkontrol. Pembahasan mencakup kitosan, alginat, hialuronat, karagenan, ulvan, pektin dan sacran sebagai platform desain biomaterial dengan pendekatan struktur, proses dan fungsi.

Selain aspek teknis, buku ini juga menyoroti tantangan konsistensi mutu, keamanan biologis, translasi klinis, serta pentingnya integrasi *Quality by Design* dan kesiapan regulatori. Melalui pendekatan ilmiah yang sistematis dan reflektif, penulis mengajak pembaca melihat nanoteknologi polisakarida sebagai bidang yang bergerak dari eksplorasi menuju penerapan yang matang dan berkelanjutan.

Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)
Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581
Telp/Fax : (0274) 4533427
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
cs@deepublish.co.id
Penerbit Deepublish
@penerbitbuku_deepublish
www.penerbitdeepublish.com

Kategori :

Aplikasi Nanopartikel dalam Biomedis



Pelepasan obat terkontrol dan penghantaran tertarget

Meningkatkan efektivitas terapi dan mengurangi efek samping

Mendukung regenerasi jaringan dan penyembuhan luka

Scaffold dan hidrogel untuk rekayasa jaringan

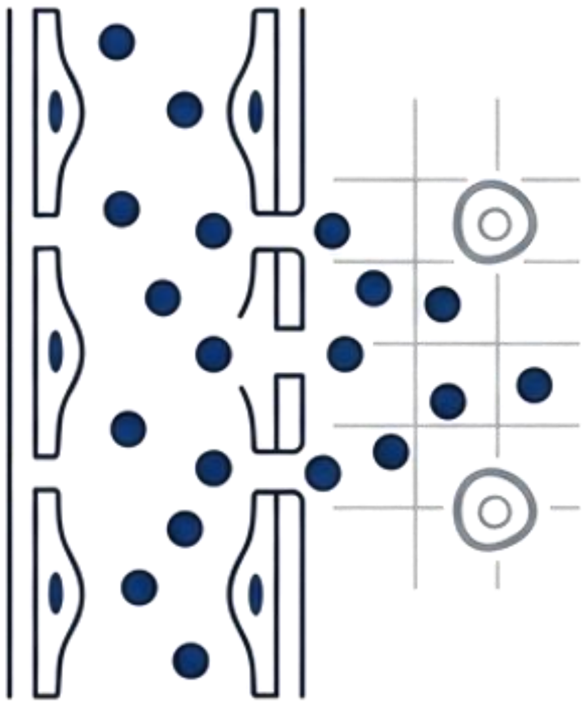
Sistem deteksi dan pencitraan biomolekul

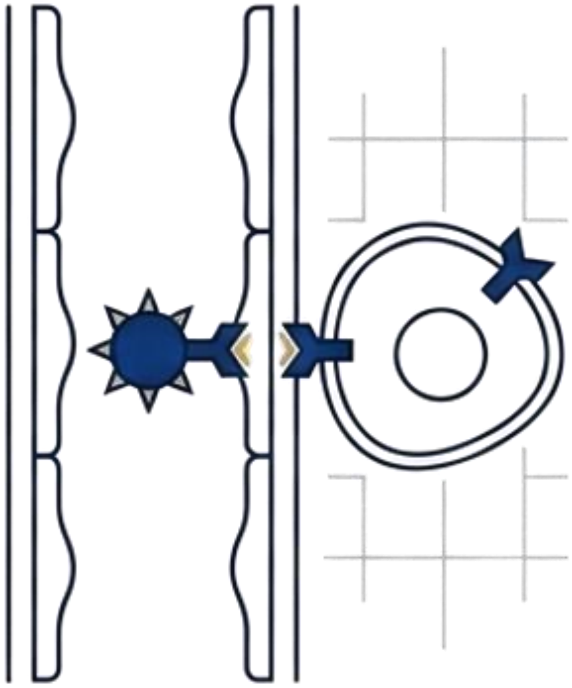
(Wathoni et al., 2024;Wilar et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024; Fitriani et al., 2025; Wathoni et al., 2026)

Prinsip Penghantaran Obat Tertarget dan Terkontrol

Penargetan Pasif

Membantu pembawa terakumulasi di jaringan tertentu





Penargetan Aktif

Menggunakan interaksi ligan–reseptor untuk meningkatkan *intake* obat oleh sel target

(Puluhulawa et al., 2022; Meylina et al., 2023; Wathoni et al., 2022)

Sistem Mukoadhesif Berbasis Polisakarida untuk Oral dan Okular

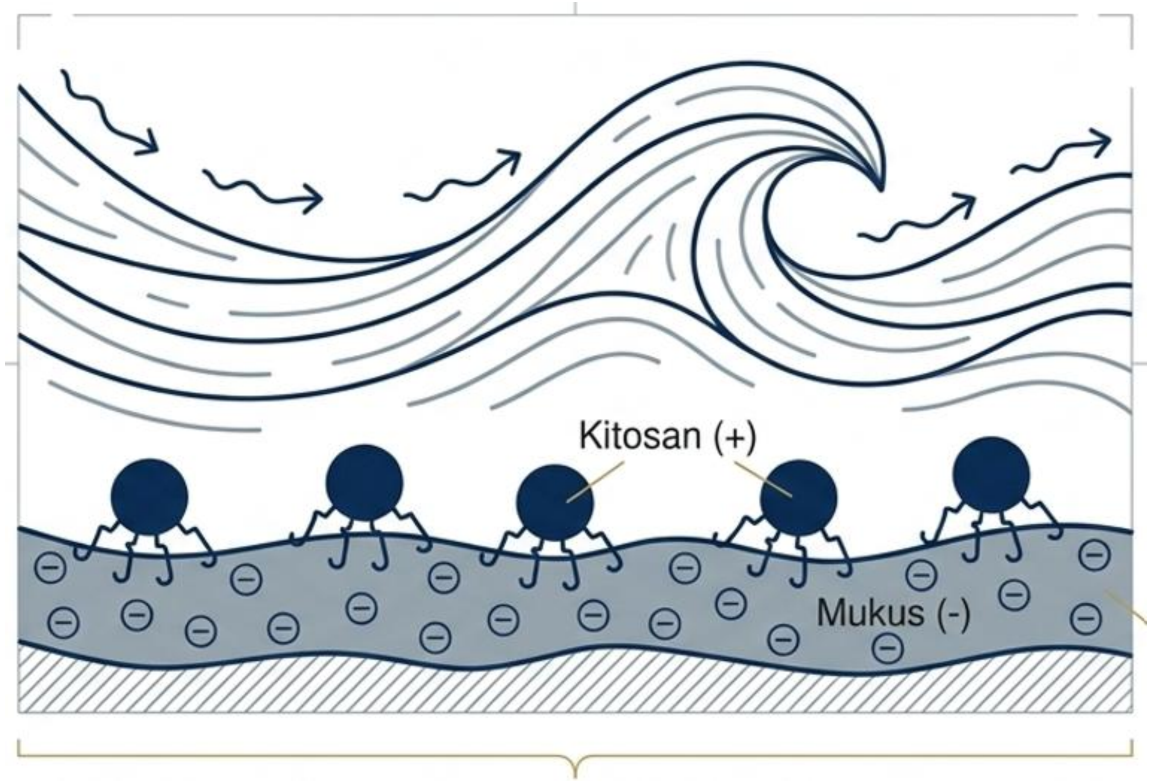
Tantangan

Rute Oral

Perubahan pH, enzim, gerak peristaltik, dan pembaruan mukus yang dapat mempercepat hilangnya sediaan.

Rute Okular

Air mata dan kedipan yang membuat obat cepat terbuang



Mekanisme

Sistem mukoadhesif dirancang agar pembawa obat dapat melekat lebih lama pada lapisan mukus, sehingga waktu kontak obat dengan jaringan meningkat dan obat tidak cepat terbuang

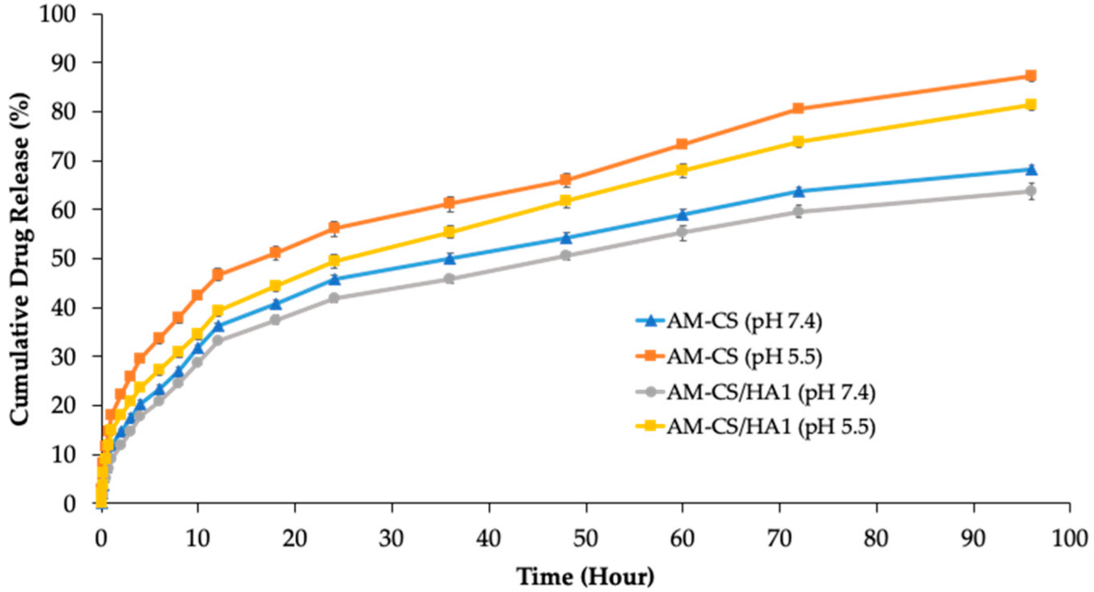
Kombinasi kitosan dengan alginat atau hyaluronic acid dapat membentuk kompleks polielektrolit yang memperkuat retensi, mengatur muatan permukaan, dan membantu pelepasan obat secara bertahap

(Suharyani et al., 2025; Milanda et al., 2022; Meylina et al., 2023; Wathoni, Herdiana, et al., 2024)

Pelepasan Berkelanjutan dan Strategi untuk Obat Hidrofobik-Hidrofilik

Pelepasan berkelanjutan bertujuan mempertahankan paparan obat dalam waktu lebih lama, terutama

Matriks polisakarida seperti kitosan–alginat dapat membentuk jejaring polielektrolit yang menahan obat, memperpanjang jalur difusi, dan memperlambat pelepasan dari partikel



Obat hidrofobik memerlukan strategi untuk meningkatkan kelarutan semu, menjaga dispersi, dan mencegah rekristalisasi, sedangkan obat hidrofilik perlu ditahan agar tidak terlalu cepat berdifusi keluar

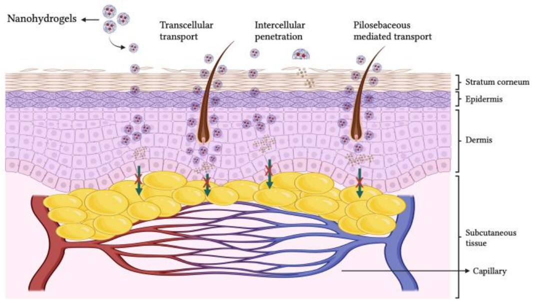
Sistem berlapis, nanohydrogel, dan smart nanocarrier dapat digunakan untuk menyesuaikan pelepasan obat berdasarkan sifat obat, lokasi target, dan kondisi lingkungan biologis

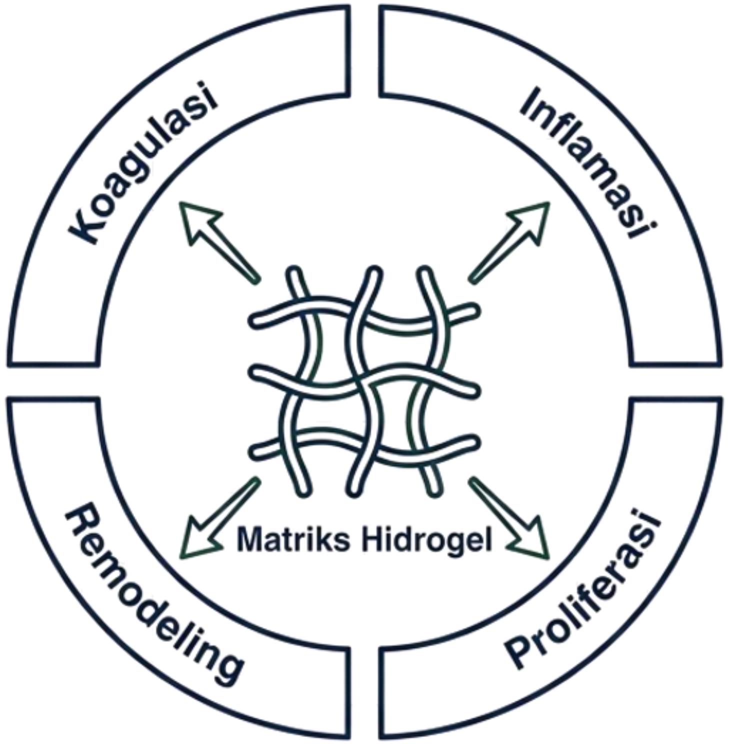
(Herdiana et al., 2022; Meylina et al., 2023; Yuniarsih et al., 2024; Sulastri et al., 2025; Suharyani et al., 2025)

Peran Biomaterial dalam Regenerasi Jaringan

Prinsip

Biomaterial berperan menyediakan lingkungan mikro yang menyerupai jaringan alami agar sel dapat melekat, berkembang, dan membentuk jaringan baru





Inovasi

Hidrogel menjadi biomaterial penting karena mampu menjaga kelembapan luka, menyerap cairan, melindungi dari kontaminasi, dan mendukung migrasi sel

Sacran merupakan contoh polisakarida alami yang potensial karena mampu membentuk hidrogel film, memiliki daya pembengkakan tinggi, elastis, biokompatibel, dan mendukung hidrasi luka

Kombinasi hidrogel sacran dengan agen bioaktif seperti kurkumin dapat memperkuat fungsi terapeutik melalui efek antioksidan, antiinflamasi, dan pelepasan bertahap

(Wathoni et al., 2026; Fitriani et al., 2025)

Scaffold, Hidrogel, dan Film Berbasis Nanopolisakarida

Scaffold

Kerangka tiga dimensi yang mendukung adhesi sel, proliferasi, difusi oksigen, dan pembentukan jaringan baru

Hidrogel

Jaringan terhidrasi yang elastis, mampu menyerap air, menjaga kelembapan, dan menyesuaikan diri dengan jaringan lunak

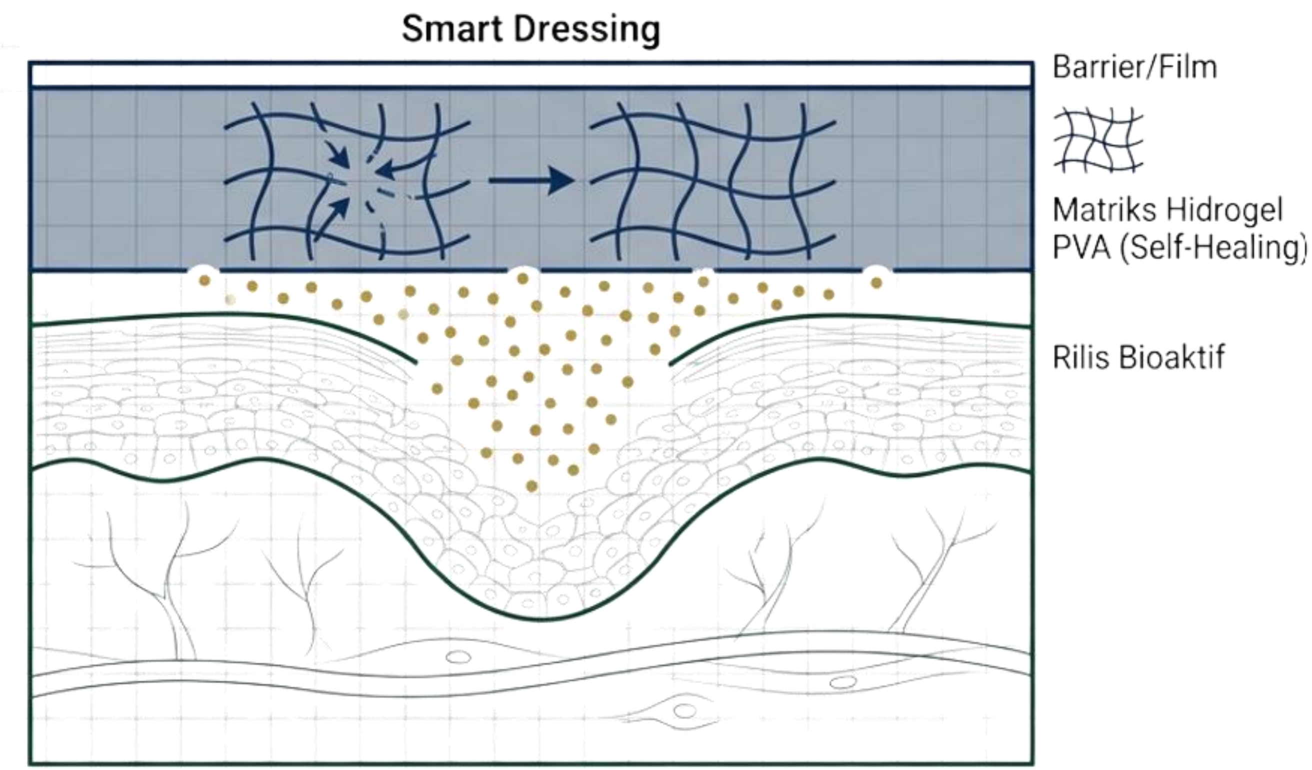
Film

Film berbasis nanopolisakarida berfungsi sebagai balutan luka tipis yang fleksibel, melindungi luka dari kontaminasi, menyerap eksudat, dan tetap memungkinkan pertukaran udara

Ketiga bentuk ini dapat menjadi sistem multifungsi karena tidak hanya memberi dukungan struktural, tetapi juga dapat menghantarkan agen antiinflamasi, antioksidan, antimikroba, dan faktor pertumbuhan

(Fitriani et al., 2025; Arifka et al., 2022; Firmansyah et al., 2026; Wathoni et al., 2026)

Balutan Luka Modern sebagai Sistem Terapeutik Aktif



Bukan Sekadar Penutup Luka

Balutan tidak lagi pasif. Hidrogel berbasis karboksimetil kitosan membentuk jaringan perbaikan diri (self-healing) yang dinamis terhadap tekanan deformasi luka.

Akselerator Angiogenesis

Menghantarkan gas S-nitrosoglutathione sebagai donor Nitric Oxide (NO), yang meningkatkan perfusi jaringan, aktivitas fibroblas, sekaligus antibakteri.

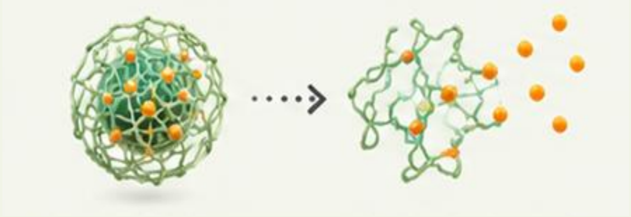
Pelepasan Faktor Pertumbuhan

Hidrogel terprogram melepas Keratinocyte Growth Factor (KGF) secara bertahap. Mendorong migrasi fibroblas dan epitelisasi ulang sempurna demi restorasi kulit tanpa cacat.

(Palungan et al., 2024; Hasan et al., 2023; Firmansyah et al., 2026)

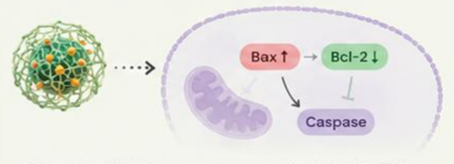
Nanopartikel Berbasis Kitosan sebagai Terapi Cancer

Peningkatan Bioavailabilitas

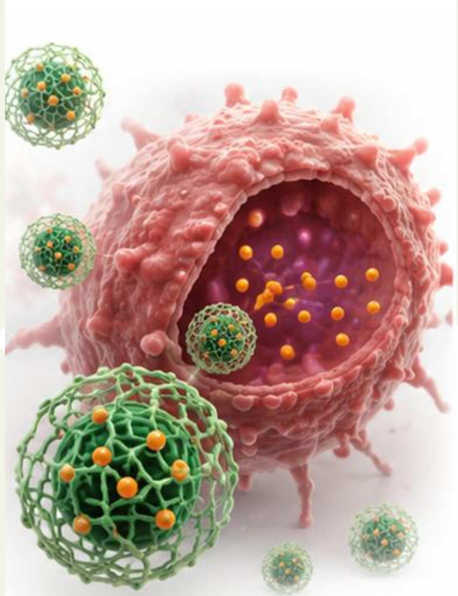


Nanopartikel kitosan mengenkapsulasi obat dari degradasi, meningkatkan stabilitas, dan mengatur pelepasan obat secara terkendali.

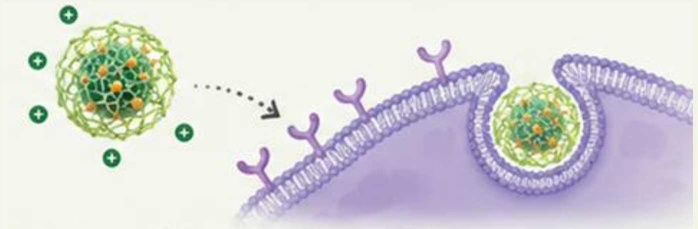
Modulasi Jalur Kanker



Nanopartikel kitosan menekan stres oksidatif dan menginduksi apoptosis melalui aktivasi jalur Bax/Bcl-2 dan kaspase, sehingga meningkatkan kematian sel kanker.

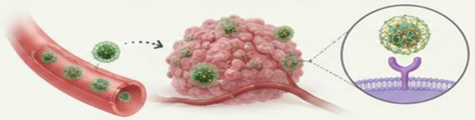


Internalisasi Sel Kanker



Muatan positif kitosan berinteraksi dengan membran sel kanker yang bermuatan negatif → meningkatkan adsorpsi dan endositosis obat ke dalam sel kanker.

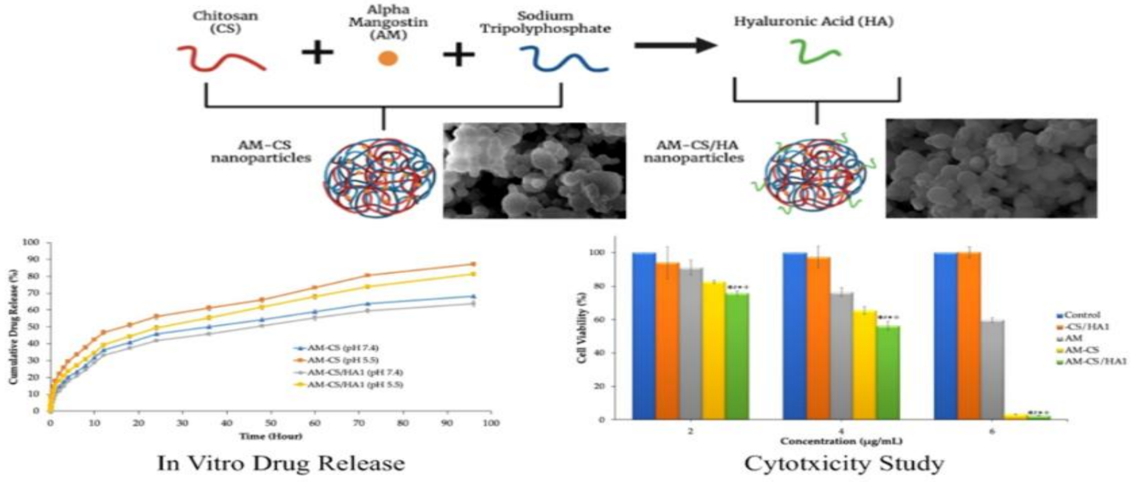
Penargetan Tumor



nanopartikel mengakumulasi jaringan tumor melalui efek EPR dan modifikasi permukaan nanopartikel dapat meningkatkan pengenalan terhadap reseptor sel kanker.

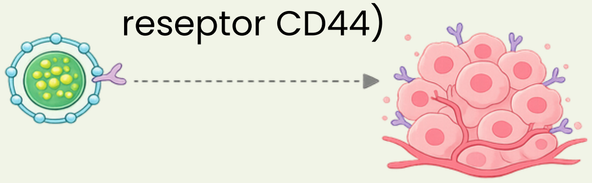
(Herdiana, Husni, et al., 2023; Herdiana, Wathoni, Gozali, et al., 2023; Akmal et al., 2025; Meylina et al., 2023)

Nanopartikel Kitosan-Asam Hialuronat

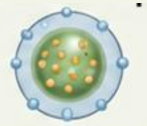


Internalisasi Sel Meningkat

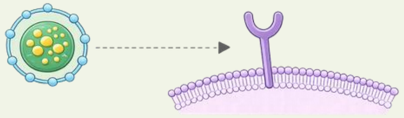
(Nanopartikel lebih mudah masuk melalui endositosis yang dimediasi reseptor CD44)

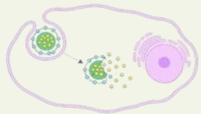


Core-Shell Nanoparticle



Interaksi dengan DC44





Penargetan Sel Kanker

(Akumulasi pada jaringan tumor meningkat)

Pelepasan Obat Terarah

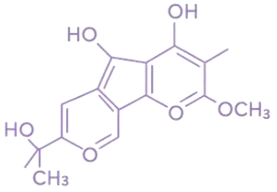
(Efektivitas terapi meningkat)

Tokisitas Sistemik Menurun

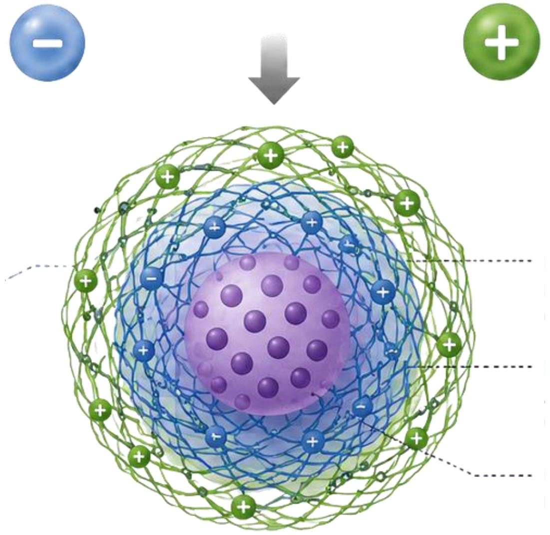
(Meylina et al., 2023; Puluhulawa et al., 2022)

Nanopartikel Kombinasi Alginat + Kitosan

α-mangostin



- Senyawa sitotoksik terhadap sel kanker payudara
- Kelarutan rendah
- Degradasi cepat



NANOPARTIKEL ALGINAT–KITOSAN
(*Core–Shell*)

- Adhesi sel meningkat
- Pelepasan bertahap
- Responsif pada lingkungan tumor (pH lebih asam)

Hasil

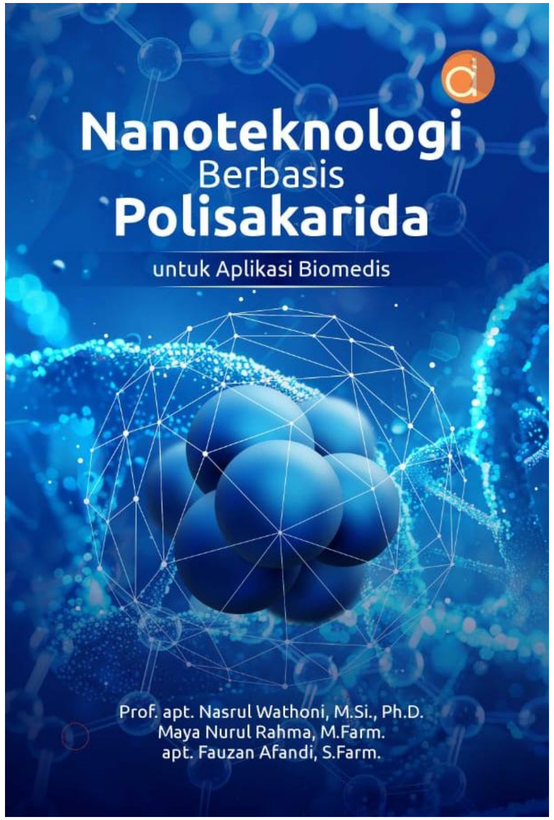
Aktivitas Antikanker Meningkat
lebih tinggi dibanding α-mangostin bebas

Pertumbuhan Tumor Terhambat
inhibisi tumor lebih efektif

Toksisitas Sistemik Menurun
Profil keamanan lebih baik

(Muchtaridi et al., 2023; Herdiana et al., 2022; Milanda et al., 2022)

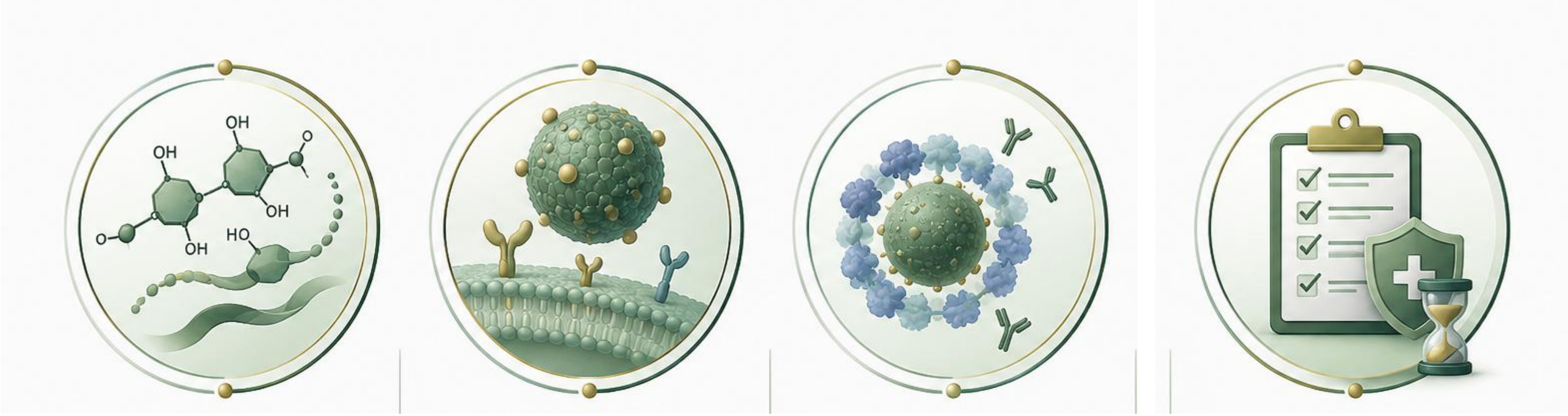
Bagian 4


Nanoteknologi
Berbasis
Polisakarida
untuk Aplikasi Biomedis
Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D.
Maya Nurul Rahma, M.Farm.
apt. Fauzan Afandi, S.Farm.


Bagian 4:
TANTANGAN, REGULASI, DAN MASA DEPAN
Translasi Nanoteknologi Polisakarida dari Laboratorium ke Klinik
Tantangan Biokompatibilitas
• Transformasi biologis (protein corona)
• Biodistribusi & eliminasi
• Respons imun & inflamasi
• Risiko akumulasi jaringan
Desain yang Lebih Terkontrol
Skalabilitas Produksi
• Variasi bahan baku polisakarida
• Sensitivitas gelasi & kompleksasi ionik
• Kontrol ukuran & muatan permukaan
• Reproduksibilitas antar batch
Quality by Design (QbD)
Stabilitas & Masa Simpan
• Agregasi & perubahan ukuran
• Reorganisasi matriks
• Retensi vs pelepasan obat
• Degradasi kimia muatan
Kontrol Atribut Mutu Kritis (CQA)
Regulasi & Uji Klinis
• Bukti in vivo sistemik
• Konsistensi proses manufaktur
• Standarisasi parameter mutu
• Validasi keselamatan & manfat
Kesiapan Komersialisasi
Kontrol Struktur + Proses + Regulasi
→ Translasi Klinis Berkelanjutan


Nanoteknologi
Berbasis
Polisakarida
untuk Aplikasi Biomedis
Berangkat dari ketertarikannya pada hubungan antara struktur molekul dan fungsi biologis, Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D. beserta tim risetnya mengembangkan keahlian di bidang farmasetika dan nanoteknologi berbasis biopolymer. Lulusan Kumamoto University, Jepang, ini merupakan Profesor di Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran dengan fokus riset pada sistem penghantaran obat dan kosmetik berbasis polisakarida.
Buku ini merefleksikan bidang keilmuan yang ia tekuni dimulai dari pemahaman struktur dan klasifikasi polisakarida, metode fabrikasi dan karakterisasi nanomaterial, hingga desain sistem penghantaran obat tertarget dan terkontrol. Pembahasan mencakup kitosan, alginat, hialuronat, karagenan, ulvan, pektin dan sacran sebagai platform desain biomaterial dengan pendekatan struktur, proses dan fungsi.
Selain aspek teknis, buku ini juga menyoroti tantangan konsistensi mutu, keamanan biologis, translasi klinis, serta pentingnya integrasi Quality by Design dan kesiapan regulatori. Melalui pendekatan ilmiah yang sistematis dan reflektif, penulis mengajak pembaca melihat nanoteknologi polisakarida sebagai bidang yang bergerak dari eksplorasi menuju penerapan yang matang dan berkelanjutan.
Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)
Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581
Telp/Fax : (0274) 4533427
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
Kategori :

Potensi Toksisitas Nanopartikel Berbasis Polisakarida



Variasi struktur dan sifat polisakarida

Interaksi nanopartikel dengan sistem biologis

Pembentukan protein corona dan respon imun

Evaluasi keamanan jangka panjang sebelum uji klinis

(Salsabila et al., 2025; Wathoni, Herdiana, et al., 2024; Hidayat et al., 2025)

Tantangan Scale up ke Industri

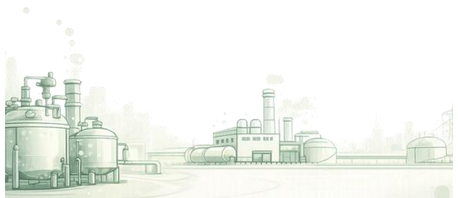
Peningkatan skala produksi ke industri menghadirkan tantangan dalam menjaga konsistensi kualitas nanoteknologi berbasis polisakarida

Perubahan Kondisi

Perbedaan pencampuran, suhu, tekanan dan gaya geser

Variasi Bahan Baku

Kitosan, alginat dan polisakarida lain memiliki variasi berat molekul dan kemurniaan antar bacth



Berpengaruh terhadap Kualitas Produk

- Ukuran Partikel tidak seragam
- Reproduksibilitas antar batch sulit
- efisiensi enkapsulasi berubah

Standarisasi bahan baku dan jaminan mutu diperketat

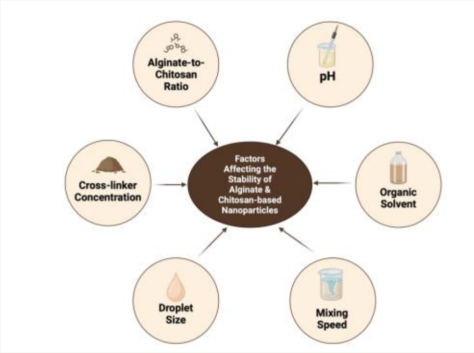
- Proses terkontrol
- Kualitas terjaga
- Produk aman dan efektif

(Herdiana et al., 2022; Hidayat et al., 2025; Herdiana et al., 2024)

Stabilitas Nanopartikel

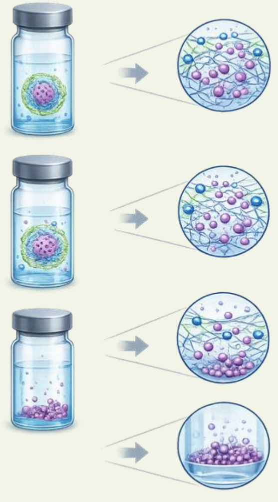
Stabilitas Nanopartikel

- Ketetapan ukuran partikel dan sebarannya,
- Kekuatan muatan permukaan dan integritas matriks polimer
- Retensi zat aktif
- keterulangan profil pelepasan selama penyimpanan



Nanopartikel Kitosan–Alfa Mangostin

- Ikatan polimer sensitif terhadap pH dan kekuatan ion
- Penyimpanan dapat mengubah porositas matriks dan mobilitas molekul
- Reorganisasi matriks menyebabkan migrasi zat aktif ke permukaan
- Memicu presipitasi dan perubahan laju pelepasan obat



Strategi

- Pelapisan nanopartikel untuk mempertahankan karakteristik awal
- Pengendalian kondisi penyimpanan

(Wathoni et al., 2024;Herdiana et al., 2022; Sulastri et al., 2025; Meylina et al., 2023)

Regulasi dan Tahapan Pengembangan Nanopartikel Berbasis Polisakarida

Regulasi oleh Badan Otoritas

- Menjamin keamanan, mutu, dan efektivitas produk.
- Menilai konsistensi bahan, proses, dan karakteristik nanosistem.
- Memastikan produk tetap memiliki mutu yang sama pada setiap produksi.

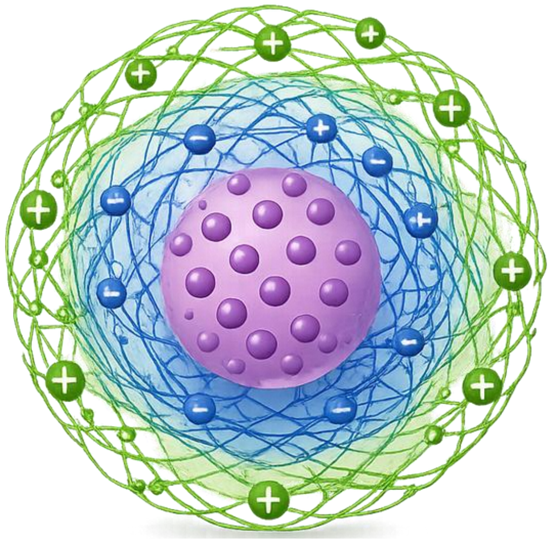
Pengembangan produk → Uji Praklinis (Keamanan dan Efektivitas) → Uji Klinis (Manfaat dan Risiko) → Persetujuan regulator → Komersialisasi

Pengembangan produk nanoteknologi berbasis polisakarida memerlukan evaluasi mutu, keamanan, dan efektivitas secara bertahap sebelum dapat digunakan secara klinis dan dipasarkan.

(Hidayat et al., 2025; Salsabila et al., 2025; Herdiana et al., 2022)

HAKI dalam Pengembangan Nanoteknologi Berbasis Polisakarida

Perlindungan Identitas Teknologi



Kebaruan Struktur dan Proses

Diferensiasi Performa

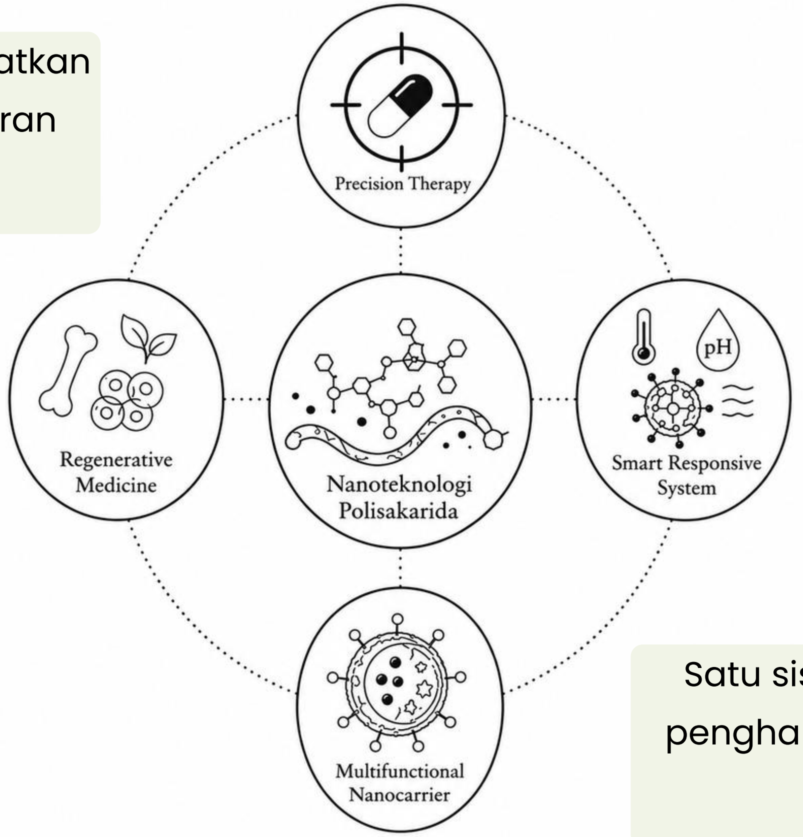
Standardisasi dan Reproduksibilitas

(Herdiana et al., 2022)

Tren Terkini Nanopartikel Berbasis Polisakarida

Karakteristik setiap polisakarida dimanfaatkan untuk menghasilkan sistem penghantaran yang lebih spesifik dan efektif.

Nanomaterial dirancang untuk merespons perubahan kondisi biologis seperti pH atau stimulus tertentu.

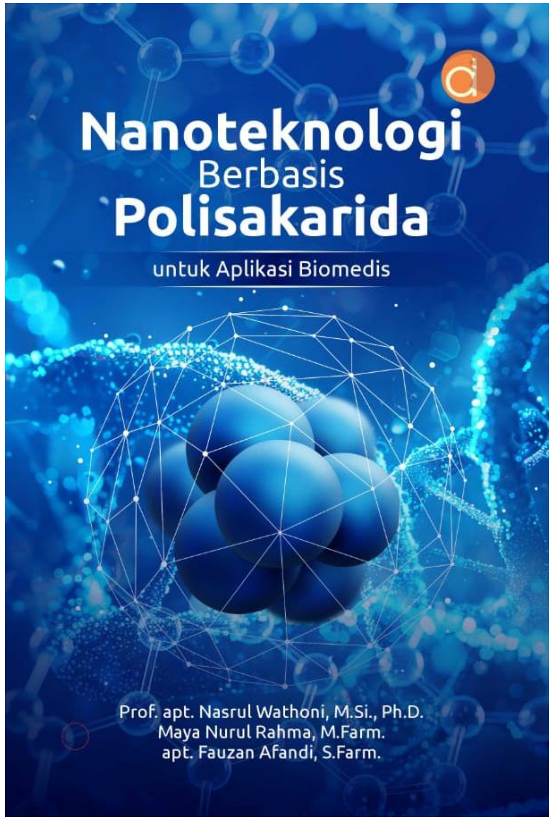


Pengembangan nanopartikel diarahkan untuk meningkatkan selektivitas penghantaran obat ke lokasi target.

Satu sistem dapat menggabungkan fungsi penghantaran, perlindungan, dan pelepasan zat aktif secara bersamaan.

(Herdiana et al., 2024; Yuniarsih et al., 2024; Wathoni, Herdiana, et al., 2024; Akmal et al., 2025).

Bagian 5


Nanoteknologi
Berbasis
Polisakarida
untuk Aplikasi Biomedis
Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D.
Maya Nurul Rahma, M.Farm.
apt. Fauzan Afandi, S.Farm.


Bagian 5: PENUTUP
KESIMPULAN DAN REFLEKSI
VISI MASA DEPAN
Nanoteknologi Berbasis Polisakarida
Alginate
Chitosan
Hyaluronate
Pectin
Carrageenan
Ulvan
Sacran
Presisi Desain Polisakarida
Keterkendalian Proses dan Mutu Sepanjang Siklus Hidup Produk
Integrasi Komputasional Biomaterial Berkelanjutan
Presisi Desain Polisakarida + Kontrol Proses & Regulasi
= Masa Depan Biomedis yang Aman & Berkelanjutan


Nanoteknologi
Berbasis
Polisakarida
untuk Aplikasi Biomedis
Berangkat dari ketertarikannya pada hubungan antara struktur molekul dan fungsi biologis, Prof. apt. Nasrul Wathoni, M.Si., Ph.D. beserta tim risetnya mengembangkan keahlian di bidang farmasetika dan nanoteknologi berbasis biopolymer. Lulusan Kumamoto University, Jepang, ini merupakan Profesor di Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran dengan fokus riset pada sistem penghantaran obat dan kosmetik berbasis polisakarida.
Buku ini merefleksikan bidang keilmuan yang ia tekuni dimulai dari pemahaman struktur dan klasifikasi polisakarida, metode fabrikasi dan karakterisasi nanomaterial, hingga desain sistem penghantaran obat tertarget dan terkontrol. Pembahasan mencakup kitosan, alginat, hialuronat, karagenan, ulvan, pektin dan sacran sebagai platform desain biomaterial dengan pendekatan struktur, proses dan fungsi.
Selain aspek teknis, buku ini juga menyoroti tantangan konsistensi mutu, keamanan biologis, translasi klinis, serta pentingnya integrasi Quality by Design dan kesiapan regulatori. Melalui pendekatan ilmiah yang sistematis dan reflektif, penulis mengajak pembaca melihat nanoteknologi polisakarida sebagai bidang yang bergerak dari eksplorasi menuju penerapan yang matang dan berkelanjutan.
Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)
Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581
Telp/Fax : (0274) 4533427
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
cs@deepublish.co.id
Penerbit Deepublish
@penerbitbuku_deepublish
www.penerbitdeepublish.com
Kategori :

Masa Depan Nanoteknologi Berbasis Polisakarida

Polisakarida sebagai Platform Strategis

Polisakarida memiliki sifat biokompatibel, biodegradable, dan mudah dimodifikasi

Integrasi Desain, Mutu, dan Keamanan

Keberhasilan nanotekonologi ditentukan oleh material, fabrikasi, karakterisasi, stabilitas, keselamatan, dan regulasi.

Menuju Aplikasi Klinis yang Lebih Luas

Masa depan nanoteknologi polisakarida bergantung pada presisi desain, pengendalian mutu, serta integrasi inovasi dan regulasi sejak tahap awal pengembangan.

(Wathoni et al., 2026; Hidayat et al., 2025; Herdiana et al., 2022; Salsabila et al., 2025; Yuniarsih et al., 2024)

TIM RISET

Novel Drug & Cosmetics Delivery System (NDCDS) Based Biopolymers
Department of Pharmaceutics and Pharmaceutical Technology

Active students

- Nia Yuniarsih (D8)
- Tubagus Akmal (D5)
- Aulia Fikri Hidayat (D4)
- Doni Notriawan (D4)
- Maya Nurul Rahma (D2)
- Ayatulloh Alquraisy (D2)
- Wa Ode Sitti Zubaedah (D2)
- Ammar Fadhil (M4)
- Fauzan Afandi (M2)
- Adinda Putri Rahmah (M1)

Post Doctoral

Dr. apt. Lisna Meylina, M.Si

Laboran

Jamili

NDCDS.Biopolymers
Novel Drug and Cosmetic Delivery Systems based Biopolymers

@ ndcds.biopolymers
@ ftf.farmasi.unpad

https://blogs.unpad.ac.id/nasrul/
https://nazroel.id

Publikasi Tim Riset

Contents lists available at ScienceDirect
International Journal of Pharmaceutics: X
journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-pharmaceutics-x

Nanostructured lipid carriers as co-delivery systems for cancer therapy: Prospects and challenges

Aulia Fikri Hidayat, Yoga Windhu Wardhana, Suwendar Suwendar, Ahmed Fouad Abdelwahab Mohammed, Nasrul Wathoni

Drug Design, Development and Therapy — Dovepress
ORIGINAL RESEARCH

Nanoencapsulated α-Mangostin Loaded Chitosan-Alginate Hydrogel Films for Enhanced Topical Anti Acne Therapy

Nia Yuniarsih[1,2], Anis Yohana Chaerunisaa[3], Ahmed Fouad Abdelwahab Mohammed[4,5], Khaled M Elamin[6], Muchtaridi Muchtaridi[7], Nasrul Wathoni[3]

Nanotechnology, Science and Applications — Dovepress
REVIEW

Nanostructured Lipid Carrier-Gels for Wound Healing: A Narrative Review of Formulation Strategies, Mechanisms, and Translational Potential

Ayatulloh Alquraisy[1], Khoirunnisa Ramadhani[1], Ahmed Fouad Abdelwahab Mohammed[2,3], Gofarana Wilar[4], Wadah Osman[5], Khaled M Elamin[6], Nasrul Wathoni[1]

Wiley
International Journal of Polymer Science
Volume 2026, Article ID 8996702, 20 pages
https://doi.org/10.1155/ijps/8996702

Review Article

Advancements in Alginate-Based Biomaterials for Enhanced Skin Regeneration: A Comprehensive Review

Nasrul Wathoni,[1] Anita Salsabila Herginto,[1] Cecep Suhandi,[1] Khaled M. Elamin,[2] Ahmed Fouad Abdelwahab Mohammed,[3,4] Safwat A. Mahmoud,[5] Raden M. Febriyanti,[6] and Gofarana Wilar[7]

Received 11 September 2025; Revised 24 October 2025; Accepted 17 November 2025
Academic Editor: Yihu Song

REVIEW

Lipid-Based Nanocarriers for Curcumin Delivery: A Promising Strategy in The Management of Inflammatory Diseases

Joy Elizabeth Nauli Sitompul[1], Maya Nurul Rahma[2,3], Fauzan Afandi[2], Khaled M Elamin[4], Ahmed Fouad Abdelwahab Mohammed[5,6], Nasrul Wathoni[2]

Keywords: phytosome, SLN, psoriasis, alzheimer

Drug Design, Development and Therapy — Dovepress
REVIEW

Film-Forming Gels for Topical Drug Delivery: A Systematic Review of the Effects of Formulation on Film Performance, Drug Release, and Skin Permeation

Ferdy Firmansyah[1,2], Arif Budiman[3], Muchtaridi Muchtaridi[4], Lutfi Chabib[5], Fauzia Ningrum Syaputri[6], Fauzan Afandi[3], Khaled M Elamin[7], Ahmed Fouad Abdelwahab Mohammed[8,9], Nasrul Wathoni[3]

International Journal of Nanomedicine — Dovepress
REVIEW

Liposome-Based Drug Delivery for Diabetes: Therapeutic Applications and a Nanomedicine Perspective on Diabetic Complications

Fauzia Ningrum Syaputri[1,2], Gofarana Wilar[3], Felix Zulhendri[1,4], Ahmed Fouad Abdelwahab Mohammed[5,6], Khaled M Elamin[7], Wadah Jamal Osman[8], Ferdy Firmansyah[1,9], Nasrul Wathoni[1]

Wathoni, Nasrul

Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia • Scopus ID: 55520893400 • 0000-0002-5985-6909

Show all information

4,040	122	33
Citations by 3,513 documents	Documents	h-index

Set alert — Edit profile — More

Faculty of Pharmacy
Universitas Padjadjaran

Hatur Nuhun

Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi,
Fakultas Farmasi, Universitas Padiadiaran
Jl. Bandung-Sumedang km 21, 45363
E-mail : farmasi@unpad.ac.id
Website : https://farmasi.unpad.ac.id/

Daftar Pustaka

Tahun 2026

Alquraisy, A., Ramadhani, K., Mohammed, A. F. A., Wilar, G., Osman, W., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2026). Nanostructured Lipid Carrier-Gels for Wound Healing: A Narrative Review of Formulation Strategies, Mechanisms, and Translational Potential. *Nanotechnology, Science and Applications*, *19*, Article 585159. https://doi.org/10.2147/NSA.S585159

Fadhil, A., Sriwidodo, Elamin, K. M., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., & Wathoni, N. (2026). Study of various forms of propolis nanoparticles and their antibacterial effectiveness. *OpenNano*, *27*, Article 100276. https://doi.org/10.1016/j.onano.2025.100276

Firmansyah, F., Budiman, A., Muchtaridi, M., Chabib, L., Syaputri, F. N., Afandi, F., Elamin, K. M., Mohammed, A. F. A., & Wathoni, N. (2026). Film-Forming Gels for Topical Drug Delivery: A Systematic Review of the Effects of Formulation on Film Performance, Drug Release, and Skin Permeation. *Drug Design, Development and Therapy*, *20*, Article 591505. https://doi.org/10.2147/DDDT.S591505

Herdiana, Y., Mohammed, A. F. A., Kautsar, A. P., Sopyan, I., & Wathoni, N. (2026). Artificial Intelligence as a Disruptive Force in Pharmaceutical Innovation: Transforming Discovery, Development, and Manufacturing. *Drug Design, Development and Therapy*, *20*, Article 588295. https://doi.org/10.2147/DDDT.S588295

Hidayat, A. F., Wardhana, Y. W., Suwendar, S., Mohammed, A. F. A., & Wathoni, N. (2026). Nanostructured lipid carriers as co-delivery systems for cancer therapy: Prospects and challenges. *International Journal of Pharmaceutics: X*, *11*, Article 100548. https://doi.org/10.1016/j.ijpx.2026.100548

Sitompul, J. E. N., Rahma, M. N., Afandi, F., Elamin, K. M., Mohammed, A. F. A., & Wathoni, N. (2026). Lipid-Based Nanocarriers for Curcumin Delivery: A Promising Strategy in The Management of Inflammatory Diseases. *International Journal of Nanomedicine*, *21*, Article 598705. https://doi.org/10.2147/IJN.S598705

Suhandi, C., Wilar, G., Mohammed, A. F. A., Muchtaridi, M., Shamsuddin, S., Safuan, S., Lesmana, R., Hasan, N., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2026). Hydrogel film-forming spray formulation containing propolis-based nanostructured lipid carriers of α-mangostin for diabetic wound repair. *OpenNano*, *27*, Article 100275. https://doi.org/10.1016/j.onano.2025.100275

Daftar Pustaka

Tahun 2026

Syaputri, F. N., Wilar, G., Zulhendri, F., Mohammed, A. F. A., Elamin, K. M., Osman, W. J., Firmansyah, F., & Wathoni, N. (2026). Liposome-Based Drug Delivery for Diabetes: Therapeutic Applications and a Nanomedicine Perspective on Diabetic Complications. *International Journal of Nanomedicine*, *21*, Article 593144. https://doi.org/10.2147/IJN.S593144

Wathoni, N., Herginto, A. S., Suhandi, C., Elamin, K. M., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., Febriyanti, R. M., & Wilar, G. (2026). Advancements in Alginate-Based Biomaterials for Enhanced Skin Regeneration: A Comprehensive Review. *International Journal of Polymer Science*, *2026*(1), Article 8996702. https://doi.org/10.1155/ijps/8996702

Wibowo, A. T., Manuhara, Y. S. W., Sugiharto, Syamsuardi, S., Wathoni, N., Putri, A. K. N., & Salsabella, D. T. (2026). Metabolomic study and valuation of ethyl acetate extract of Uncaria gambir (W. Hunter) Roxb. as a natural antioxidant against lead acetate-induced free radicals; [Estudo metabolômico e avaliação do extrato de acetato de etila de Uncaria gambir (W. Hunter) Roxb. como antioxidante natural contra radicais livres induzidos por acetato de chumbo]. *Brazilian Journal of Biology*, *86*, Article e303070. https://doi.org/10.1590/1519-6984.303070

Wulansari, S., Dharsono, H. D. A., Wathoni, N., Tjandrawinata, R., Cahyanto, A., & Roeslan, M. O. (2026). Physicochemical and antibacterial evaluation of novel nano α-TCP–AgNPs biocomposites for direct pulp-capping applications. *Frontiers in Oral Health*, *6*, Article 1710351. https://doi.org/10.3389/froh.2025.1710351

Yuniarsih, N., Chaerunisaa, A. Y., Mohammed, A. F. A., Elamin, K. M., Muchtaridi, M., & Wathoni, N. (2026). Nanoencapsulated α-Mangostin Loaded Chitosan-Alginate Hydrogel Films for Enhanced Topical Anti Acne Therapy. *Drug Design, Development and Therapy*, *20*, Article 588115. https://doi.org/10.2147/DDDT.S588115

Tahun 2025

Akmal, T., Herdiana, Y., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., Elamin, K. M., Wilar, G., & Wathoni, N. (2025). Chitosan-functionalized selenium nanoparticles for targeted cancer therapy: Advances in synthesis, stability, and tumor-specific delivery. *OpenNano*, *26*, Article 100263. https://doi.org/10.1016/j.onano.2025.100263

Aldeeb, M. M. E., Wilar, G., Suhandi, C., Mohammed, A. F. A., El-Rayyes, A., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2025). Formulation and Characterization of Sonchus arvensis L. Nanosuspension for Enhanced Antioxidant and Lipid-Lowering Activities. *International Journal of Nanomedicine*, *20*, 5457–5473. https://doi.org/10.2147/IJN.S511602

Daftar Pustaka

Tahun 2025

Aldeeb, M. M. E., Wilar, G., Suhandi, C., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2025). Emerging Trends in the Application of Nanosuspension-Based Biomaterials for Anticancer Drug Delivery. *International Journal of Nanomedicine*, *20*, 8587–8607. https://doi.org/10.2147/IJN.S513030

Fitriani, N., Wilar, G., Narsa, A. C., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2025). Alginate-Based Hydrogels with Amniotic Membrane Stem Cells for Wound Dressing Application. *Stem Cells and Cloning: Advances and Applications*, *18*, 1–13. https://doi.org/10.2147/SCCAA.S493125

Herdiana, Y., Wardhana, Y. W., Kurniawansyah, I. S., Gozali, D., Wathoni, N., & Sofian, F. F. (2025). Current Status of Gout Arthritis: Current Approaches to Gout Arthritis Treatment: Nanoparticles Delivery Systems Approach. *Pharmaceutics*, *17*(1), Article 102. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17010102

Hidayat, A. F., Wardhana, Y. W., Suwendar, S., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2025). A Review on QbD-Driven Optimization of Lipid Nanoparticles for Oral Drug Delivery: From Framework to Formulation. *International Journal of Nanomedicine*, *20*, 8611–8651. https://doi.org/10.2147/IJN.S534137

Lubis, A. M., Gaffar, S., Rosdianto, A. M., Wathoni, N., Zulhendri, F., & Lesmana, R. (2025). Topical Application of Geniotrigona thoracica Propolis Nanoparticle for Wound Healing in Streptozotocin-induced Type-1 Diabetic Rat Model. *Tropical Journal of Natural Product Research*, *9*(10), 4728–4733. https://doi.org/10.26538/tjnpr/v9i10.5

Nurdin, K. N., Suhandi, C., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., Elamin, K. M., Muchtaridi, M., & Wathoni, N. (2025). Biodegradable gelatin methacryloyl microneedles: a new paradigm in transdermal drug delivery. *Archives of Pharmacal Research*, *48*(6), 495–513. https://doi.org/10.1007/s12272-025-01547-z

Rahma, M. N., Suhandi, C., Mohammed, A. F. A., El-Rayyes, A., Elamin, K. M., Sulastri, E., & Wathoni, N. (2025). The Role and Advancement of Liposomes for Oral Diseases Therapy. *International Journal of Nanomedicine*, *20*, 1865–1880. https://doi.org/10.2147/IJN.S492353

Ramdani, D., Rahmatillah, R. S., Yanza, Y. R., Jayanegara, A., Wathoni, N., & Chaudhry, A. S. (2025). The Roles of Enzymes as Dietary Additives in Ruminant Diets: A Meta-Analysis. *Animals*, *15*(24), Article 3631. https://doi.org/10.3390/ani15243631

Daftar Pustaka

Tahun 2025

Salsabila, S., Khairinisa, M. A., Wathoni, N., Sufiawati, I., Mohd Fuad, W. E., Khairul Ikram, N. K., & Muchtaridi, M. (2025). In vivo toxicity of chitosan-based nanoparticles: a systematic review. *Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology*, *53*(1), 1–15. https://doi.org/10.1080/21691401.2025.2462328

Sriwidodo, S., Suhandi, C., Wilar, G., & Wathoni, N. (2025). Bee venom in pharmacology: Mechanistic insights from pro-inflammatory trigger to anti-inflammatory therapeutic agent. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, *192*, Article 118636. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2025.118636

Suhandi, C., Wilar, G., Elamin, K. M., Dewayani, A. R., Ghaliya, S., Abdullah, A., & Wathoni, N. (2025). The Effect of Stem Cell Secretome on the Improvement of Diabetic Wound Recovery: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vivo Studies. *Current Therapeutic Research - Clinical and Experimental*, *102*, Article 100778. https://doi.org/10.1016/j.curtheres.2025.100778

Suhandi, C., Wilar, G., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., Muchtaridi, M., Shamsuddin, S., Safuan, S., Lesmana, R., Hasan, N., Zulhendri, F., & Wathoni, N. (2025). Propolis-Based Nanostructured Lipid Carrier of α-Mangostin for Promoting Diabetic Wound Healing in Alloxan-Induced Mice. *Journal of Inflammation Research*, *18*, 7443–7457. https://doi.org/10.2147/JIR.S525243

Suharyani, I., Mohammed, A. F. A., Muchtaridi, M., El-Rayyes, A., Abdassah, M., Suhandi, C., & Wathoni, N. (2025). Complexation of α-Mangostin with γ-Cyclodextrin and Its Application in Alginate/ Chitosan Hydrogel Mucoadhesive Film for Treatment of Recurrent Aphthous Stomatitis. *Journal of Inflammation Research*, *18*, 2185–2204. https://doi.org/10.2147/JIR.S482582

Sulastri, E., Rahma, M. N., Herdiana, Y., Elamin, K. M., Mohammed, A. F. A., Mahmoud, S. A., & Wathoni, N. (2025). Enhancing Antifungal Efficacy and Stability of Nystatin Liposomes Through Chitosan and Alginate Layer-by-Layer Coating: In vitro Studies Against Candida albicans. *International Journal of Nanomedicine*, *20*, 10739–10750. https://doi.org/10.2147/IJN.S526763

Daftar Pustaka

Tahun 2024

Aldeeb, M. M. E., Wilar, G., Suhandi, C., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2024). Nanosuspension-Based Drug Delivery Systems for Topical Applications. *International Journal of Nanomedicine*, *19*, 825–844. https://doi.org/10.2147/IJN.S447429

Alquraisy, A., Wilar, G., Mohammed, A. F. A., El-Rayyes, A., Suhandi, C., & Wathoni, N. (2024). A Comprehensive Review of Stem Cell Conditioned Media Role for Anti-Aging on Skin. *Stem Cells and Cloning: Advances and Applications*, *17*, 5–19. https://doi.org/10.2147/SCCAA.S480437

Budiarto, R., Wathoni, N., Mubarok, S., Hamdani, J. S., Ujilestari, T., Darsih, C., Sari, R. M., Rukmana, R. M., & Sholikin, M. M. (2024). Recent overview of kaffir lime (Citrus hystrix DC) dual functionality in food and nutraceuticals. *Journal of Agriculture and Food Research*, *18*, Article 101384. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101384

Herdiana, Y., Febrina, E., Nurhasanah, S., Gozali, D., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2024). Drug Loading in Chitosan-Based Nanoparticles. *Pharmaceutics*, *16*(8), Article 1043. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16081043

Latarissa, I. R., Meiliana, A., Sormin, I. P., Sugiono, E., Wathoni, N., Barliana, M. I., & Lestari, K. (2024). The efficacy of herbal medicines on the length of stay and negative conversion time/rate outcomes in patients with COVID-19: a systematic review. *Frontiers in Pharmacology*, *15*, Article 1383359. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1383359

Lesmana, R., Tandean, S., Christoper, A., Suwantika, A. A., Wathoni, N., Abdulah, R., Fearnley, J., Bankova, V., & Zulhendri, F. (2024). Propolis as an autophagy modulator in relation to its roles in redox balance and inflammation regulation. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, *175*, Article 116745. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.116745

Narsa, A. C., Suhandi, C., Afidika, J., Ghaliya, S., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2024). A Comprehensive Review of the Strategies to Reduce Retinoid-Induced Skin Irritation in Topical Formulation. *Dermatology Research and Practice*, *2024*, Article 5551774. https://doi.org/10.1155/2024/5551774

Palungan, J., Luthfiyah, W., Mustopa, A. Z., Nurfatwa, M., Rahman, L., Yulianty, R., Wathoni, N., Yoo, J. W., & Hasan, N. (2024). The Formulation and Characterization of Wound Dressing Releasing S-Nitrosoglutathione from Polyvinyl Alcohol/Borax Reinforced Carboxymethyl Chitosan Self-Healing Hydrogel. *Pharmaceutics*, *16*(3), Article 344. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16030344

Daftar Pustaka

Tahun 2024

Suhandi, C., Wilar, G., Narsa, A. C., Mohammed, A. F. A., El-Rayyes, A., Muchtaridi, M., Shamsuddin, S., Safuan, S., & Wathoni, N. (2024). Updating the Pharmacological Effects of α-Mangostin Compound and Unraveling Its Mechanism of Action: A Computational Study Review. *Drug Design, Development and Therapy*, *18*, 4723–4748. https://doi.org/10.2147/DDDT.S478388

Vitamia, C., Iftinan, G. N., Latarissa, I. R., Wilar, G., Cahyanto, A., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2024). Natural and Synthetic Drugs Approached for the Treatment of Recurrent Aphthous Stomatitis Over the Last Decade. *Drug Design, Development and Therapy*, *18*, 1297–1312. https://doi.org/10.2147/DDDT.S449370

Vitamia, C., Iftinan, G. N., Latarissa, I. R., Wilar, G., Cahyanto, A., Mohammed, A. F. A., El-Rayyes, A., & Wathoni, N. (2024). α-Mangostin hydrogel film with chitosan alginate base for recurrent aphthous stomatitis (RAS) treatment: study protocol for double-blind randomized controlled trial. *Frontiers in Pharmacology*, *15*, Article 1353503. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1353503

Wathoni, N., Herdiana, Y., Suhandi, C., Mohammed, A. F. A., El-Rayyes, A., & Narsa, A. C. (2024). Chitosan/Alginate-Based Nanoparticles for Antibacterial Agents Delivery. *International Journal of Nanomedicine*, *19*, 5021–5044. https://doi.org/10.2147/IJN.S469572

Wathoni, N., Suhandi, C., Elamin, K. M., Lesmana, R., Hasan, N., Mohammed, A. F. A., El-Rayyes, A., & Wilar, G. (2024). Advancements and Challenges of Nanostructured Lipid Carriers for Wound Healing Applications. *International Journal of Nanomedicine*, *19*, 8091–8113. https://doi.org/10.2147/IJN.S478964

Wathoni, N., Suhandi, C., Purnama, M. F. G., Mutmainnah, A., Nurbaniyah, N. S., Syafra, D. W., & Elamin, K. M. (2024). Alginate and Chitosan-Based Hydrogel Enhance Antibacterial Agent Activity on Topical Application. *Infection and Drug Resistance*, *17*, 791–805. https://doi.org/10.2147/IDR.S456403

Wilar, G., Suhandi, C., Wathoni, N., Fukunaga, K., & Kawahata, I. (2024). Nanoparticle-Based Drug Delivery Systems Enhance Treatment of Cognitive Defects. *International Journal of Nanomedicine*, *19*, 11357–11378. https://doi.org/10.2147/IJN.S484838

Yuniarsih, N., Chaerunisaa, A. Y., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2024). Polymeric Nanohydrogel in Topical Drug Delivery System. *International Journal of Nanomedicine*, *19*, 2733–2754. https://doi.org/10.2147/IJN.S442123

Daftar Pustaka

Tahun 2023

Fitriani, N., Wilar, G., Narsa, A. C., Mohammed, A. F. A., & Wathoni, N. (2023). Application of Amniotic Membrane in Skin Regeneration. *Pharmaceutics*, *15*(3), Article 748. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030748

Hasan, N., Jiafu, C., Mustopa, A. Z., Himawan, A., Umami, R. N., Ullah, M., Wathoni, N., & Yoo, J. W. (2023). Recent advancements of nitric oxide-releasing hydrogels for wound dressing applications. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, *53*(6), 781–801. https://doi.org/10.1007/s40005-023-00636-9

Herdiana, Y., Husni, P., Nurhasanah, S., Shamsuddin, S., & Wathoni, N. (2023). Chitosan-Based Nano Systems for Natural Antioxidants in Breast Cancer Therapy. *Polymers*, *15*(13), Article 2953. https://doi.org/10.3390/polym15132953

Herdiana, Y., Wathoni, N., Gozali, D., Shamsuddin, S., & Muchtaridi, M. (2023). Chitosan-Based Nano-Smart Drug Delivery System in Breast Cancer Therapy. *Pharmaceutics*, *15*(3), Article 879. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030879

Herdiana, Y., Wathoni, N., Shamsuddin, S., & Muchtaridi, M. (2023). Cytotoxicity Enhancement of α-Mangostin with Folate-Conjugated Chitosan Nanoparticles in MCF-7 Breast Cancer Cells. *Molecules*, *28*(22), Article 7585. https://doi.org/10.3390/molecules28227585

Iftinan, G. N., Elamin, K. M., Rahayu, S. A., Lestari, K., & Wathoni, N. (2023). Application, Benefits, and Limitations of Telepharmacy for Patients with Diabetes in the Outpatient Setting. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, *16*, 451–459. https://doi.org/10.2147/JMDH.S400734

Meylina, L., Muchtaridi, M., Joni, I. M., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2023). Hyaluronic Acid-Coated Chitosan Nanoparticles as an Active Targeted Carrier of Alpha Mangostin for Breast Cancer Cells. *Polymers*, *15*(4), Article 1025. https://doi.org/10.3390/polym15041025

Muchtaridi, M., Suryani, A. I., Wathoni, N., Herdiana, Y., Mohammed, A. F. A., Gazzali, A. M., Lesmana, R., & Joni, I. M. (2023). Chitosan/Alginate Polymeric Nanoparticle-Loaded α-Mangostin: Characterization, Cytotoxicity, and In Vivo Evaluation against Breast Cancer Cells. *Polymers*, *15*(18), Article 3658. https://doi.org/10.3390/polym15183658

Daftar Pustaka

Tahun 2023

Narsa, A. C., Fridayanti, A., Gama, S. I., Muta'ali, M., & Wathoni, N. (2023). FORMULATION AND EVALUATION OF HAND AND BODY LOTION FROM PURPLE SWEET POTATO (IPOMOEA BATATAS L.) PEEL EXTRACT AND ITS ANTIOXIDANT ACTIVITY. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, *15*(Special Issue 2), 118–122. https://doi.org/10.22159/ijap.2023.v15s2.22

Suhandi, C., Mohammed, A. F. A., Wilar, G., El-Rayyes, A., & Wathoni, N. (2023). Effectiveness of Mesenchymal Stem Cell Secretome on Wound Healing: A Systematic Review and Meta-analysis. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, *20*(7), 1053–1062. https://doi.org/10.1007/s13770-023-00570-9

Suhandi, C., Wilar, G., Lesmana, R., Zulhendri, F., Suharyani, I., Hasan, N., & Wathoni, N. (2023). Propolis-Based Nanostructured Lipid Carriers for α-Mangostin Delivery: Formulation, Characterization, and In Vitro Antioxidant Activity Evaluation. *Molecules*, *28*(16), Article 6057. https://doi.org/10.3390/molecules28166057

Suharyani, I., Suhandi, C., Rizkiyan, Y., Rohadi, D., Muchtaridi, M., Wathoni, N., & Abdassah, M. (2023). Molecular docking in prediction of α-mangostin/cyclodextrin inclusion complex formation. *AIP Conference Proceedings*, *2706*, Article 020160. https://doi.org/10.1063/5.0120782

Sulastri, E., Lesmana, R., Zubair, M. S., Abdelwahab Mohammed, A. F., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2023). Ulvan/Silver nanoparticle hydrogel films for burn wound dressing. *Heliyon*, *9*(7), Article e18044. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18044

Wicaksono, I. A., Suhandi, C., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2023). Efficacy and safety of casirivimab-imdevimab combination on COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis randomized controlled trial. *Heliyon*, *9*(12), Article e22839. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22839

Daftar Pustaka

Tahun 2022

Alaydrus, S., Diantini, A., Amalia, R., Sriwidodo, Chaerunisa, A. Y., & Wathoni, N. (2022). The Future Prospective: Potential Magnesium and Calcium for Detracting Side Effect Cisplatin. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, *15*(1), 481–488. https://doi.org/10.52711/0974-360X.2022.00078

Arifka, M., Wilar, G., Elamin, K. M., & Wathoni, N. (2022). Polymeric Hydrogels as Mesenchymal Stem Cell Secretome Delivery System in Biomedical Applications. *Polymers*, *14*(6), Article 1218. https://doi.org/10.3390/polym14061218

Gozali, D., Hudaya, A. R., Suharyani, I., & Wathoni, N. (2022). A REVIEW ON CHITOSAN-BASED MATERIALS AS POTENTIAL WOUND DRESSING MATERIALS. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, *14*(Special Issue 4), 27–32. https://doi.org/10.22159/ijap.2022.v14s4.PP23

Herdiana, Y., Wathoni, N., Shamsuddin, S., & Muchtaridi, M. (2022). Cytotoxicity Enhancement in MCF-7 Breast Cancer Cells with Depolymerized Chitosan Delivery of α-Mangostin. *Polymers*, *14*(15), Article 3139. https://doi.org/10.3390/polym14153139

Herdiana, Y., Wathoni, N., Shamsuddin, S., & Muchtaridi, M. (2022). Drug release study of the chitosan-based nanoparticles. *Heliyon*, *8*(1), Article e08674. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08674

Herdiana, Y., Wathoni, N., Shamsuddin, S., & Muchtaridi, M. (2022). Scale-up polymeric-based nanoparticles drug delivery systems: Development and challenges. *OpenNano*, *7*, Article 100048. https://doi.org/10.1016/j.onano.2022.100048

Megantara, S., Wathoni, N., Mohammed, A. F. A., Suhandi, C., Ishmatullah, M. H., & Putri, M. F. F. D. (2022). In Silico Study: Combination of α-Mangostin and Chitosan Conjugated with Trastuzumab against Human Epidermal Growth Factor Receptor 2. *Polymers*, *14*(13), Article 2747. https://doi.org/10.3390/polym14132747

Milanda, T., Cindana Mo'o, F. R., Mohammed, A. F. A., Elamin, K. M., Wilar, G., Suharyani, I., & Wathoni, N. (2022). Alginate/Chitosan-Based Hydrogel Film Containing α-Mangostin for Recurrent Aphthous Stomatitis Therapy in Rats. *Pharmaceutics*, *14*(8), Article 1709. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14081709

Daftar Pustaka

Tahun 2022

Puluhulawa, L. E., Joni, I. M., Elamin, K. M., Mohammed, A. F. A., Muchtaridi, M., & Wathoni, N. (2022). Chitosan–Hyaluronic Acid Nanoparticles for Active Targeting in Cancer Therapy. *Polymers*, *14*(16), Article 3410. https://doi.org/10.3390/polym14163410

Sriwidodo, S., Pratama, R., Umar, A. K., Chaerunisa, A. Y., Ambarwati, A. T., & Wathoni, N. (2022). Preparation of Mangosteen Peel Extract Microcapsules by Fluidized Bed Spray-Drying for Tableting: Improving the Solubility and Antioxidant Stability. *Antioxidants*, *11*(7), Article 1331. https://doi.org/10.3390/antiox11071331

Sriwidodo, Umar, A. K., Wathoni, N., Zothantluanga, J. H., Das, S., & Luckanagul, J. A. (2022). Liposome-polymer complex for drug delivery system and vaccine stabilization. *Heliyon*, *8*(2), Article e08934. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08934

Wathoni, N., Puluhulawa, L. E., Joni, I. M., Muchtaridi, M., Mohammed, A. F. A., Elamin, K. M., Milanda, T., & Gozali, D. (2022). Monoclonal antibody as a targeting mediator for nanoparticle targeted delivery system for lung cancer. *Drug Delivery*, *29*(1), 2959–2970. https://doi.org/10.1080/10717544.2022.2120566

Wathoni, N., Sari, W. A., Elamin, K. M., Mohammed, A. F. A., & Suharyani, I. (2022). A Review of Coformer Utilization in Multicomponent Crystal Formation. *Molecules*, *27*(24), Article 8693. https://doi.org/10.3390/molecules27248693

Zulhendri, F., Lesmana, R., Tandean, S., Christoper, A., Chandrasekaran, K., Irsyam, I., Suwantika, A. A., Abdulah, R., & Wathoni, N. (2022). Recent Update on the Anti-Inflammatory Activities of Propolis. *Molecules*, *27*(23), Article 8473. https://doi.org/10.3390/molecules27238473