

Suharni_Kesehatan_Reproduksi .pdf *by*

Submission date: 12-Apr-2023 07:56PM (UTC-0700)

Submission ID: 2063103934

File name: Suharni_Kesehatan_Reproduksi.pdf (2.87M)

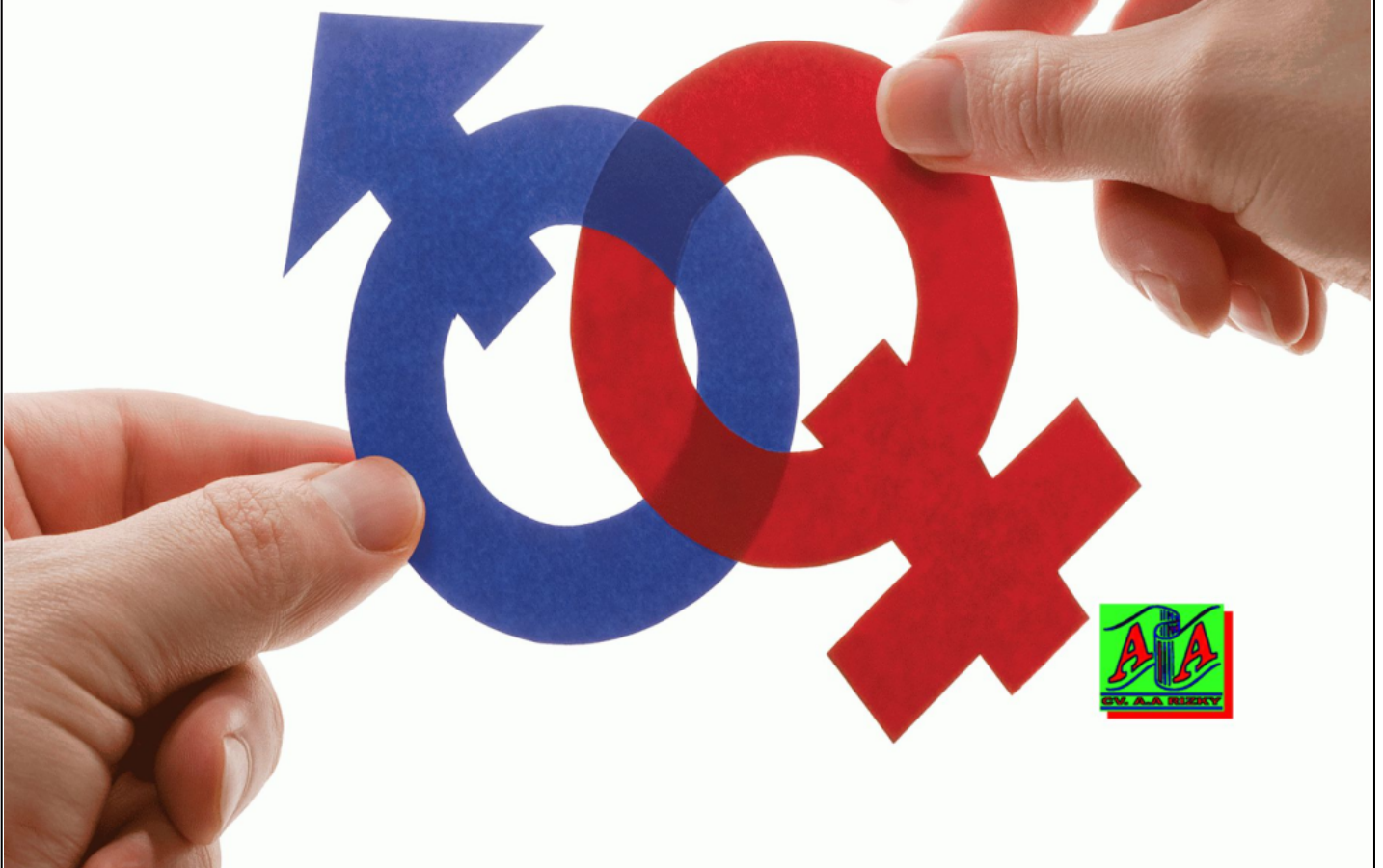
Word count: 17747

Character count: 115667

♦ Suharni Pintamas Sinaga, SST., M.KM. ♦ Nurbaiti Br Singarimbun, SST., M.KM. ♦
♦ Herlina Simanjuntak, SST., M.Kes. ♦ Defacto Zega, SST., M.Kes. ♦
♦ Helen Anjelina Simanjuntak, M.Si. ♦ Hermawan Purba, M.Sc. ♦

KESEHATAN REPRODUKSI

**Penyakit Infeksi Sistem Reproduksi dan Pengobatan
Berbasis Nanoteknologi**



KESEHATAN REPRODUKSI

Penyakit Infeksi Sistem Reproduksi dan Pengobatan Berbasis Nanoteknologi

Defenisi kesehatan berdasarkan WHO yaitu mencakup kesejahteraan fisik, mental, dan sosial, dan bukan hanya tidak adanya penyakit dan kelemahan. Aspek Kesehatan pada manusia merupakan hal yang sangat penting. Kesehatan tidak hanya mencakup aspek fisik namun juga aspek mental atau psikologis manusia itu sendiri. Aspek fisik yang dimaksud mencakup bagian tubuh manusia seperti system atau organ. Dalam buku ini akan difokuskan pada kesehatan secara fisik yaitu secara spesifik pada system reproduksi manusia.

Kesehatan reproduksi menurut WHO merupakan keadaan sejahtera baik fisik, mental dan sosial yang utuh (tidak semata-mata bebas dari penyakit dan kecacatan) dalam semua hal yang berkaitan dengan sistem reproduksi, serta fungsi dan prosesnya.

Buku ini diharapkan dapat memberikan gambaran atau peluang bagi siswa, mahasiswa, guru, dosen dan peneliti untuk mengembangkan potensi material nano terkhusus dalam pemanfaatannya dalam bidang kesehatan seperti pengobatan dalam system reproduksi manusia. Sehingga secara tidak langsung akan memberikan sumbangsih ilmu pengetahuan dan teknologi dalam peningkatan kualitas kesehatan masyarakat.



Penerbit : CV. AA. RIZKY
Alamat : Jl. Raya Ciruas Petir,
Puri Citra Blok B2 No. 34 Pipitan
Kec. Walantaka - Serang Banten
E-mail : aa.rizkypress@gmail.com
Website : www.aarizky.com

ISBN 978-623-6180-55-6



KESEHATAN REPRODUKSI

**Penyakit Infeksi Sistem Reproduksi dan Pengobatan
Berbasis Nanoteknologi**

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

1. Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KESEHATAN REPRODUKSI

**Penyakit Infeksi Sistem Reproduksi Dan Pengobatan
Berbasis Nanoteknologi**

**Suharni Pintamas Sinaga, SST., M.KM.
Nurbaiti Br. Singarimbun, SST., M.KM.
Herlina Simanjuntak, SST., M.Kes.
Defacto Zega, SST., M.Kes.
Helen Anjelina Simanjuntak, M.Si.
Hermawan Purba, M.Sc.**



**PENERBIT
CV. AA. RIZKY
2021**

KESEHATAN REPRODUKSI

Penyakit Infeksi Sistem Reproduksi Dan Pengobatan
Berbasis Nanoteknologi

© Penerbit CV. AA RIZKY

Penulis:

Suharni Pintamas Sinaga, SST., M.KM.

Nurbaiti Br. Singarimbun, SST., M.KM.

Herlina Simanjuntak, SST., M.Kes.

Defacto Zega, SST., M.Kes.

Helen Anjelina Simanjuntak, M.Si.

Hermawan Purba, M.Sc.

18

Desain Cover & Tata Letak:

Tim Kreasi CV. AA. Rizky

Cetakan Pertama, September 2021

Penerbit:

CV. AA. RIZKY

Jl. Raya Ciruas Petir, Puri Citra Blok B2 No. 34

Kecamatan Walantaka, Kota Serang - Banten, 42183

Hp. 0819-06050622, Website : www.aarizky.com

E-mail: aa.rizkypress@gmail.com

Anggota IKAPI

No. 035/BANTEN/2019

ISBN : 978-623-6180-55-6

viii + 110 hlm, 23 cm x 15,5 cm

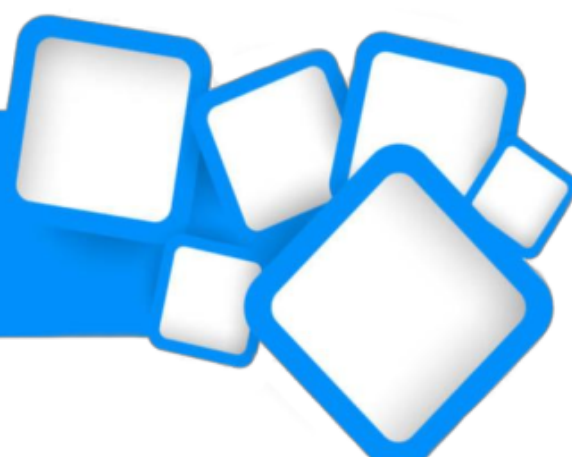
Copyright © 2021 CV. AA. RIZKY

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

diluar tanggungjawab Penerbit.

PRAKATA



Puji dan syukur penulis panjatkan atas berkat dan kasih daripada Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga penulisan buku ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini menyajikan informasi yang berkaitan dengan kesehatan reproduksi terkhusus penyakit infeksi dalam system reproduksi manusia dan pengobatan berbasis teknologi material nano. Penulis menyajikan data berdasarkan artikel ilmiah yang sudah terpublikasi dalam jurnal internasional maupun nasional bereputasi. Materi ini sangat penting mengingat perkembangan penyakit infeksi pada system reproduksi dan pengobatan yang berbasis nanomaterial sangat pesat saat ini.

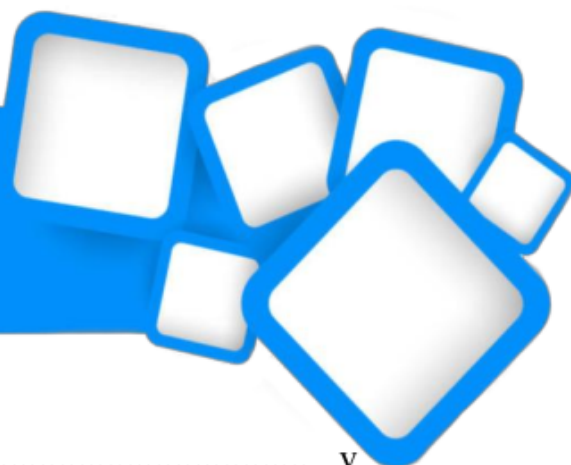
Buku ini diharapkan dapat memberikan gambaran atau peluang bagi siswa, mahasiswa, guru, dosen dan peneliti untuk mengembangkan potensi material nano terkhusus dalam pemanfaatannya dalam bidang kesehatan seperti pengobatan dalam system reproduksi manusia. Sehingga secara tidak langsung akan memberikan sumbangsih ilmu pengetahuan dan teknologi dalam peningkatan kualitas kesehatan masyarakat.

Penulis sadari bahwa buku ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan saran dan masukan dari pembaca untuk penyempurnaan buku ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata penulis sampaikan selamat membaca dan semoga buku ini bermanfaat besar bagi para pembaca

Medan, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

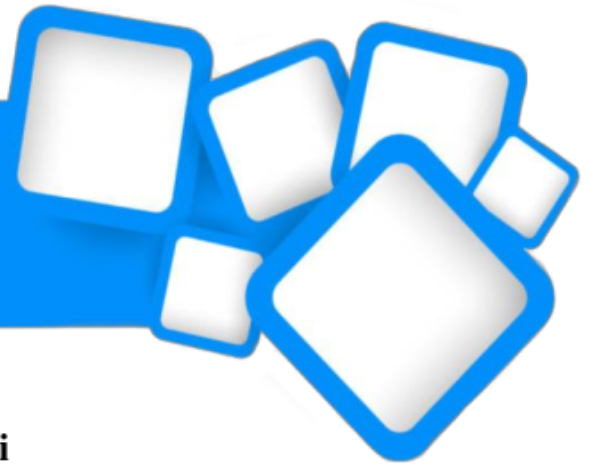


PRAKATA		v
DAFTAR ISI		vii
BAB I	PENGANTAR KESEHATAN REPRODUKSI	1
	A. Defenisi Kesehatan Reproduksi.....	1
	B. Ruang Lingkup Bahasan	2
	C. Peraturan Mengenai Kesehatan Reproduksi di Indonesia	3
	D. Data Kesehatan Reproduksi di Indonesia	4
BAB II	SISTEM REPRODUKSI	9
	A. Sistem Reproduksi Manusia	9
	B. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kesehatan Sistem Reproduksi Manusia...	16
	C. Perawatan Kesehatan Sistem Reproduksi Manusia	20
BAB III	PENGANTAR PENYAKIT INFEKSI.....	23
	A. Defenisi Penyakit infeksius	23
	B. Jenis-Jenis Penyakit Infeksi	27
	C. Proses Terjadinya Penyakit Infeksi.....	31
	D. Penyakit Infeksi Pada Sistem Repdoduksi	43
BAB IV	TEKNOLOGI NANOMATERIAL	47
	A. Defenisi Nanomaterial	47
	B. Pemanfaatan Nanomaterial	49
	C. Keunggulan Bentuk Nanomaterial.....	52
BAB V	PRODUKSI NANOMATERIAL	55

BAB VI	APLIKASI NANOMATERIAL DALAM	
	PENGobatan INFEKSI	89
	A. Karbon NPS (C NPs)	90
	B. Emas NPS (AuNPs)	91
	C. Perak NPs (Ag NPs)	93
	D. Zink Oksida NPs (Zn NPs)	99
DAFTAR PUSTAKA		103
TENTANG PENULIS		108

BAB I

PENGANTAR KESEHATAN REPRODUKSI



A. Defenisi Kesehatan Reproduksi

Defenisi kesehatan berdasarkan WHO yaitu mencakup kesejahteraan fisik, mental, dan sosial, dan bukan hanya tidak adanya penyakit dan kelemahan. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kesehatan yang masih rendah dibandingkan dengan negara-negara lain. Pada survei tahun 2020 oleh Asian Development Bank (Wellnes Indeks) menunjukkan Indonesia memiliki nilai sebesar 57,70. Nilai ini jauh dibawah nilai negara-negara lain seperti di Asia tenggara mencakup Singapura, Malaysia, Thailand, dan Vietnam.

Aspek Kesehatan pada manusia merupakan hal yang sangat penting. Kesehatan tidak hanya mencakup aspek fisik namun juga aspek mental atau psikologis manusia itu sendiri. Aspek fisik yang dimaksud mencakup bagian tubuh manusia seperti system atau organ. Dalam buku ini akan difokuskan pada kesehatan secara fisik yaitu secara spesifik pada system reproduksi manusia.

Saat ini masih banyak pemahaman yang kurang pada masyarakat mengenai kesehatan terutama pada system reproduksi. Hal ini didasari masih minimnya sosialisasi pada masyarakat dan masih banyak masyarakat yang menganggap hal ini merupakan hal tabu untuk dibahas atau didiskusikan.

Kesehatan reproduksi menurut WHO merupakan keadaan sejahtera baik fisik, mental dan sosial yang utuh (tidak semata-mata bebas dari penyakit dan kecacatan) dalam semua hal yang berkaitan dengan sistem reproduksi, serta fungsi dan prosesnya. Dengan demikian kesehatan reproduksi dapat diartikan pula sebagai suatu kondisi dimana manusia dapat menikmati kehidupannya seksualnya dan mampu menjalankan system reproduksinya dengan sehat dan aman termasuk mendapatkan keturunan yang sehat.

B. Ruang Lingkup Bahasan

Jika membahas secara umum masalah kesehatan reproduksi maka banyak hal atau bagian yang harus dijelaskan dengan data yang detail dan akurat. Seperti aspek sosialisasi masalah kesehatan reproduksi, program pemerintah dalam peningkatan kualitas kesehatan reproduksi, system reproduksi pada remaja, aspek kurikulum disekolah atau Pendidikan tinggi yang mencakup pembahasan masalah kesehatan reproduksi, Jenis-jenis penyakit system reproduksi dan banyak hal lainnya.

Pada buku ini secara spesifik akan dibahas mengenai kualitas kesehatan system reproduksi yang berkaitan dengan jenis penyakit secara khusus penyakit infeksi yang disebabkan oleh mikroba atau bakteri. Hal ini sangat penting mengingat banyaknya kejadian yang dapat menyebabkan penurunan kualitas kesehatan dan bahkan kematian pada manusia berkaitan dengan kesehatan reproduksi.

C. Peraturan Mengenai Kesehatan Reproduksi di Indonesia

Masalah kesehatan secara keseluruhan telah diatur pada Undang-undang No. 36 Tahun 2009. Secara spesifik UU No.36 Tahun 2009 ini juga mengatur mengenai kesehatan reproduksi yang dimulai pada bagian ke enam pada undang-undang ini tepatnya dimulai dari pasal 71 sampai pada pasal 77. Ada 3 materi utama dalam undang-undang ini yang berkaitan dengan kesehatan reproduksi yang dijabarkan pada pasal 71 ayat 1 sampai 3 yaitu dengan isi sebagai berikut:

UU No 36 Tahun 2009 Pasal 71

- (1) Kesehatan reproduksi merupakan keadaan sehat secara fisik, mental, dan sosial secara utuh, tidak semata-mata bebas dari penyakit atau kecacatan yang berkaitan dengan sistem, fungsi, dan proses reproduksi pada lakilaki dan perempuan.
- (2) Kesehatan reproduksi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi: a. saat sebelum hamil, hamil, melahirkan, dan sesudah melahirkan; b. pengaturan kehamilan, alat kontrasepsi, dan kesehatan seksual; dan c. kesehatan sistem reproduksi.
- (3) Kesehatan reproduksi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilaksanakan melalui kegiatan promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif.

Kesehatan reproduksi yang dimaksud berada pada ayat 2 dan pelaksanaannya dijelaskan pada ayat 3 yang mencakup kegiatan promotive, preventif, kuratif, dan rehabilitatif

Turunan dari perundang-undangan diatas diperjelas kembali dengan peraturan pemerinta (PP). Berdasarkan peraturan pemerintah Nomor 61 tahun 2014 tentang kesehatan reproduksi menunjukkan beberapa aspek utama yang menjadi fokus perhatian dalam peraturan pemerintah ini. Jika kita bahas secara menyeluruh peraturan ini terlihat bahwa dalam peraturan ini diberikan penjelasan mengenai konsep umum atau defenisi dari kesehatan reproduksi, tanggung jawab Pemerintah dan pemerintah daerah, pelayanan kesehatan ibu, indikasi kedaruratan medis dan perkosaan sebagai pengecualian atas larangan aborsi, reproduksi dengan bantuan atau kehamilan di luar cara alamiah, pendanaan, dan pembinaan dan pengawasan.

D. Data Kesehatan Reproduksi di Indonesia

Banyak penelitian dalam negeri yang sudah membahas mengenai kualitas kesehatan masyarakat di Indonesia terutama dalam bidang kesehatan reproduksi. Hasil-hasil penelitian banyak tertuang dalam jurnal-jurnal nasional terakreditasi seperti halnya jurnal dari kementerian kesehatan yang meliputi artikel penelitian yang berkaitan dengan kesehatan reproduksi seperti *ejournal2.litbang.kemendes.go.id*.

Pada beberapa penelitian pada jurnal ini menunjukkan masalah kesehatan reproduksi yang terjadi pada masyarakat disebabkan oleh kurang pemahaman, tingkat pengetahuan, faktor-faktor internal dan eksternal terhadap pencegahan kanker serviks, status ekonomi dan

hubungannya dengan pernikahan dini, perilaku seksual remaja, dan banyak hal lainnya.

Hasil penelitian diatas menjelaskan kepada kita bahwa adanya kompleksitas masalah kesehatan reproduksi ini yang perlu ditangani dengan serius. Banyak aspek atau faktor yang menjadi penyebabnya. Sehingga perlu dilakukan integrasi program yang padu dalam meningkatkan kualitas kesehatan di Indonesia terutama dalam bidang kesehatan reproduksi.

Kesehatan system reproduksi berkaitan dengan penyakit infeksi dari berbagai data tidak hanya terjadi di Indonesia. Berdasarkan situs Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI) menunjukkan data bahwa Di Amerika Serikat, remaja usia 15-17 tahun dan dewasa muda 18- 24 tahun merupakan kelompok usia penderita IMS yang tertinggi dibandingkan dengan kelompok usia lain. Metaanalisis dari berbagai publikasi di Medline yang dikerjakan oleh Chacko, dkk. 2004, mengemukakan bahwa prevalensi klamidia pada wanita usia 15 - 24 tahun di klinik keluarga berencana (KB) adalah: 3,0 -14,2% dan gonore 0,1% - 2,8%.

Di Thailand, pada 1999 Paz-Bailey, dkk. melakukan penelitian di tiga sekolah kejuruan di Propinsi Chiang Rai. Mereka melaporkan bahwa dari 359 remaja wanita usia 15-21 tahun yang telah melakukan hubungan seksual, dengan pemeriksaan laboratorium polymerase chain reaction (PCR), 22 orang (6,1%) positif terinfeksi klamidia dan 3 orang (0,3%) terinfeksi gonore.

Di Indonesia sendiri hingga saat ini sistem pencatatan dan pelaporan kunjungan berobat di sarana pelayanan

kesehatan dasar tidak dapat dijadikan acuan untuk menentukan besaran masalah IMS/ISR. Data yang berasal dari laporan bulanan puskesmas dan rumah sakit pemerintah hanya mencantumkan dua macam IMS yaitu: gonore dan sifilis. Laporan tersebut juga tidak melakukan analisis berdasarkan kelompok umur dan jenis kelamin. Di Poli Divisi Infeksi Menular Seksual Departemen Ilmu Penyakit Kulit dan Kelamin Perjan RS Dr. Cipto Mangunkusumo, pada tahun 2004, Infeksi Genitalia Non Spesifik (IGNS) pada wanita merupakan penyakit yang terbanyak yaitu 104 dari 541 kunjungan baru pasien wanita. Sedangkan gonore ditemukan pada 17 pasien wanita dan trikomonas pada 11 pasien wanita.

Pencegahan dan penanganan IMS/HIV/AIDS serta kesehatan reproduksi remaja merupakan bagian dari paket kesehatan reproduksi esensial (PKRE), yang disetujui dalam Lokakarya Nasional Kesehatan Reproduksi Mei 1996, selain kesehatan ibu & anak (KIA) serta KB.14 Pada tahun 1999 Departemen Kesehatan melalui Direktorat Bina Kesehatan Keluarga mencoba mewujudkan keterpaduan PKRE tersebut, dengan menyusun langkah-langkah praktis PKRE di tingkat pelayanan kesehatan dasar menjadi beberapa komponen. Komponen tersebut adalah: kontrasepsi, pelayanan kehamilan, persalinan & nifas, perawatan pasca keguguran, kasus perkosaan, serta pemeriksaan IMS/ISR dan HIV di kalangan remaja.

Pelayanan kesehatan reproduksi di tingkat pelayanan kesehatan dasar tersebut diharapkan dapat menurunkan risiko keguguran, kehamilan tak dikehendaki, persalinan

pada usia muda, dan menurunkan angka IMS/ISR serta HIV pada remaja. Namun, hingga saat ini belum ada implementasi nyata, walaupun beberapa uji coba untuk memadukan pelayanan IMS dengan pelayanan KIA atau KB telah dilakukan oleh Depkes dan lembaga lain.

BAB II

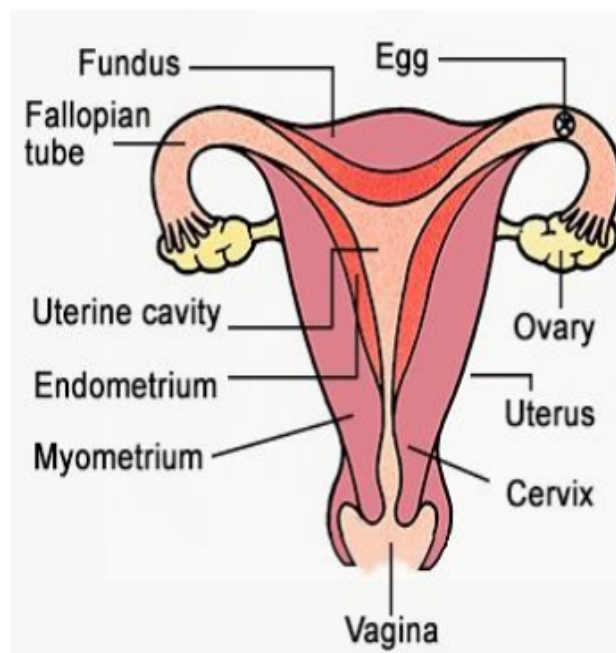
SISTEM REPRODUKSI



A. Sistem Reproduksi Manusia

Sistem reproduksi pada manusia merupakan perpaduan kerja dari berbagai organ reproduksi itu sendiri. Kerja yang kurang baik dari satu organ akan menyebabkan gangguan pada system. Jadi kerja dapat maksimal jika setiap organ juga dapat bekerja optimal. Sistem organ pada manusia sangat banyak dan merupakan sekumpulan organ yang saling mendukung dan bekerja sama agar tubuh tetap berfungsi sebagaimana mestinya. Kesehatan tubuh manusia ditentukan oleh baik atau tidaknya fungsi sistem organ tersebut.

Pada system organ reproduksi terdapat berbagai organ penting yang mempengaruhi kerja dari system tersebut. Organ reproduksi yang dimaksud dibedakan menjadi dua bagian yaitu organ reproduksi pada Wanita dan pria.



Gambar 2.1 Organ reproduksi Wanita
Sumber gambar : oncofertility.msu.edu

1. Rahim atau Uterus

Salah satu organ yang penting dalam system reproduksi adalah Rahim. Organ ini berfungsi untuk menampung sel telur yang telah dibuahi dan menjadi janin. Organ rahim sendiri berbentuk serupa buah pir dengan ukuran yang kecil. Rahim sendiri terletak di antara dubur dan juga kandung kemih. Penghubung antara rahim dan juga vagina disebut leher rahim. Rahim akan menebal saat ovulasi atau masa subur untuk mempersiapkan calon janin. Lapisan endometrium rahim yang telah menebal ini kemudian akan meluruh saat tidak terjadi pembuahan pada rahim. Kondisi luruhnya dinding endometrium ini disebut dengan fase menstruasi.

2. Ovarium

Ovarium merupakan organ reproduksi wanita yang sangat penting. Organ ini memiliki fungsi sebagai tempat diproduksinya sel telur maupun hormon seks seperti progesteron dan estrogen setiap bulannya. Organ ovarium ini berbentuk oval kecil di sisi kiri dan juga kanan serta terhubung langsung dengan rahim melalui tuba falopi.

3. Tuba Falopi

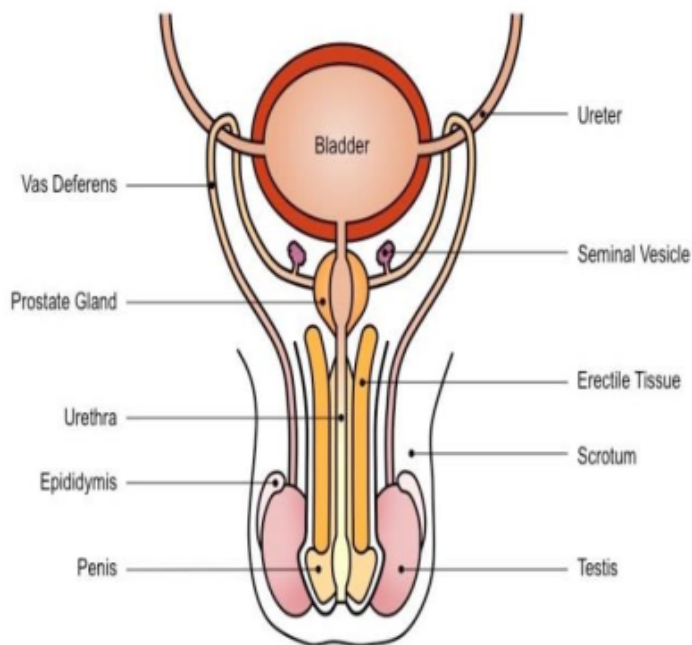
Organ tuba falopi merupakan saluran yang berfungsi untuk menghubungkan sel telur ke dalam rahim. Saluran ini juga berfungsi sebagai tempat terjadinya pembuahan antara sel telur dan juga sperma.

4. Vulva

Vulva adalah bagian terluar dari organ reproduksi wanita yang terdiri dari labia minora, klitoris, dan juga labia minora. Bagian labia majora ini memiliki kelenjar minyak dan juga keringat serta akan ditutupi rambut halus saat wanita sudah mengalami pubertas.

5. Vagina

Vagina berada di dalam tubuh dengan bagian terluar yang bisa dilihat disebut dengan vulva. Organ ini terletak di bagian belakang kandung kemih dengan posisi di bawah rahim. Fungsi dari vagina adalah sebagai saluran persalinan, tempat masuknya sperma ke rahim hingga saluran keluarnya darah.



Gambar 2.2 Organ Reproduksi Pria

Sumber gambar: kumparan.com

1. Penis

Penis merupakan organ vital pria yang berfungsi sebagai saluran keluarnya kencing atau urine sekaligus tempat keluarnya sperma dari dalam tubuh. Penis tersusun dari 3 jaringan erektile yaitu korpus spongiosum, korpora kavernosa, dan uretra. Sedangkan berdasarkan bagian secara fisik, penis memiliki 3 bagian yaitu pangkal, tubuh, dan kepala.

2. Skrotum

Skrotum adalah kantong kulit yang menggantung di luar tubuh yang terletak dibawah pangkal penis. Organ ini Berperan untuk menjaga suhu testis agar sesuai untuk memproduksi sperma. Pada skrotum terdapat dua buah testis. Skrotum dibagi menjadi dua bagian yang dipisahkan oleh raphe perineum, yakni garis yang berada

di tengah kantong buah zakar. Raphe bergabung dengan septum internal. Septum membagi kantong buah zakar menjadi dua sisi dengan anatomi yang mirip.

Setiap sisi skrotum idealnya terdiri atas:

a. Testis

Testis atau ‘buah zakar’ menghasilkan hormon testosteron. Testis juga mengandung tubulus dan sel yang menghasilkan sel sperma (*spermatozoa*). Sperma dipindahkan dari testis ke epididimis melalui vas deferens.

b. Epididimis

Epididimis terletak di atas setiap testis. Epididimis adalah tabung yang melingkar rapat untuk menyimpan sperma sampai matang, biasanya sekitar 60-80 hari. Epididimis juga menyerap cairan ekstra yang dikeluarkan oleh testis untuk membantu menggerakkan sperma melalui saluran reproduksi.

c. Tali sperma

Tali sperma atau korda spermatika mengandung pembuluh darah, saraf, kelenjar getah bening, dan tabung yang disebut vas deferens. Tabung ini mengeluarkan sperma dari epididimis ke saluran ejakulasi.

d. Otot kremaster

Setiap otot kremaster mengelilingi testis dan korda spermatiknya. Otot ini membantu menggerakkan testis ke arah luar dan menjauh dari tubuh untuk menjaga suhu ideal. Inilah sebabnya kantong buah zakar menggantung lebih rendah dalam kondisi hangat dan

lebih dekat ke tubuh saat cuaca dingin. Semua struktur tersebut terbungkus oleh lapisan dinding kulit yang terdiri atas sejumlah komponen, yaitu: Kulit tipis berisi kelenjar keringat, Otot halus (*dartos fascia*), Membran dasar dinding skrotum (membran serous), Otot halus (*dartos fascia*), bersama dengan otot kremaster, bertugas untuk melebarkan atau mengencangkan kulit kantong zakar saat bergerak ke atas dan ke bawah. Sementara itu, suplai darah dan sistem saraf berasal dari pembuluh darah dan saraf-saraf yang ada di sekitarnya.

14 3. Testis

Testis merupakan alat kelamin bagian dalam. Fungsinya adalah untuk memproduksi sperma dan hormon testosteron. Testis sering juga disebut sebagai biji kemaluan yang memiliki bentuk oval. Testis terletak didalam skrotum yang memiliki struktur yang rumit. Setiap testis ditutupi oleh lapisan jaringan yang keras dan berserat yang disebut tunica. Lapisan terluar disebut tunica vaginalis dan lapisan terdalam disebut tunica albuginea.

Testis dibagi juga dalam beberapa bagian yang disebut lobulus, di mana pada masing-masing lobulus terdapat sekitar 800 tubulus seminiferus yang berupa tabung kecil dan berkelok-kelok. Fungsi tubulus seminiferus dalam testis adalah sebagai penghasil sperma dan hormon. Tubulus seminiferus kemudian terhubung ke jaringan yang disebut rete testis. Sperma yang sudah siap, selanjutnya akan disalurkan dan disimpan dalam

epididimis hingga matang. Terakhir saluran epididimis bermuara ke dalam vas deferens yang akan mengalirkan sperma matang saat melakukan ejakulasi.

4. Epididimis.

Ini adalah saluran yang keluar dari testis. Fungsinya adalah sebagai tempat penyimpanan sperma sementara. Epididimis terdiri dari caput, corpus, dan cauda. Setiap bagian tersebut memiliki fungsi dan peran yang berbeda-beda. Caput atau kepala berperan sebagai tempat menyimpan sperma, Corpus atau tubuh berperan sebagai tempat pematangan sperma, dan cauda atau ekor memiliki peran menyalurkan sperma ke saluran ejakulasi.

5. Saluran uretra

Saluran ini terdapat dalam penis dan merupakan akhir dari saluran reproduksi. Perannya adalah sebagai saluran keluarnya sperma dan urine.

6. Vesikula seminalis

Kelenjar yang menghasilkan zat yang berisi basa (alkali), fruktosa (gula monosakarida), hormon prostaglandin, dan protein pembekuan.

7. Kelenjar prostat

Kelenjar ini terletak di bawah kandung kemih. Fungsinya adalah menghasilkan cairan yang bersifat asam.

8. Kelenjar Cowper

Pada kelenjar ini menghasilkan lendir dan cairan bersifat basa. Fungsinya adalah untuk melindungi sperma dengan cara menetralkan urine yang memiliki pH asam yang tersisa dalam uretra.

B. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kesehatan Sistem Reproduksi Manusia

Sistem reproduksi yang telah dijelaskan pada materi diatas yaitu mencakup system reproduksi pada pria dan wanita memiliki dapat mengalami gangguan kesehatan atau gangguan fungsi yang dapat menyebabkan kerja system tidak optimal. Beberapa faktor penyebab gangguan tersebut terjadi adalah sebagai berikut:

1. Virus

Organi reproduksi dapat mengalami kerusakan atau penyakit yang menyebabkan kerja dari organi tersebut tidak maksimal. Salah satu faktor yang menyebabkan hal tersebut terjadi adalah karena adanya virus yang masuk dalam organ reproduksi manusia. Salah satu contoh kasus yang muncul karena adanya virus yang masuk dalam organ reproduksi yaitu **Condiloma Accuminata**. **Condiloma Accuminata** adalah penyakit pada system reproduksi Wanita yang disebabkan oleh virus human papilloma. Penanganan yang terlambat akan mengakibatkan terjadinya infeksi pada permukaan kulit dan dapat berpotensi menjadi kanker serviks. Infeksi virus ini ditandai dengan adanya kutil yang tumbuh pada kulit pada tubuh seperti lengan, tungkai, mulut, serta area kelamin. Penularan virus ini dapat terjadi melalui hubungan seks. Infeksi organ reproduksi yang sering terjadi di seluruh dunia pada umumnya disebabkan oleh virus tersebut. Pada tahun 2018 terdapat penderita infeksi karena virus human papilloma sebesar 43 juta diseluruh dunia. Salah satu pengobatan jika terpapar virus ini yaitu

dengan menggunakan vaksin. Sehingga kemungkinan terjadinya kanker bahkan sampai pada kematian dapat dihindari.

2. Bakteri

Bakteri merupakan salah satu mikroorganisme yang unik dan menakutkan. Ukuran yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata menyebabkan mikroorganisme ini tidak pernah dibahas sebelumnya sampai pada abad ke-17. Penemuan bakteri pertama kali dilakukan oleh ilmuwan asal Belanda dengan menggunakan mikroskop pada abad ke 17. Ilmuwan tersebut bernama Antonie van Leeuwenhoek. Inilah yang menjadi cikal bakal kemajuan penelitian mikroorganisme-penyakit dan menjadi dasar penyangkalan hipotesis para ilmuwan yang menyebutkan bahwa makhluk hidup berasal dari benda mati terbantahkan. Pada tahun 1861 Ahli mikrobiologi Prancis melaporkan hasil penelitiannya mengenai bakteri yang inti dari penelitian tersebut menguatkan prinsip Biogenesis yang berarti bahwa organisme muncul atau ada karena berasal dari reproduksi organisme lainnya (Rogers, 2011). Bakteri merupakan salah satu penyebab utama terjadinya gangguan sistem reproduksi pada manusia. Banyak varian bakteri yang dapat menyebabkan terjadinya infeksi. Jenis bakteri tersebut akan dibahas lebih dalam pada bab selanjutnya. Beberapa jenis penyakit pada sistem reproduksi yang disebabkan oleh bakteri yaitu sebagai berikut:

Vaginitis

Vaginitis merupakan penyakit yang muncul karena adanya mikroorganisme seperti bakteri dan jamur pada organ reproduksi. Penyakit yang ditimbulkan dapat berupa infeksi terutama pada Wanita. Penyakit pada system reproduksi ini menyerang vagina secara langsung atau melalui preneum. Beberapa jenis mikroba yang dapat menyebabkan penyakit ini seperti jamur *Candida Albicans*, bakteri *Gardnerella*, parasite *Trichomonas Vaginalis*, dan Virus. Gejala yang timbul pada penyakit ini yaitu munculnya nyeri pada vagina, dysuria, pruritis di vulva, ruam bibir vagina, edema vulva, bau, dan pendarahan pada vagina.

3. Tumor/kanker (radikal bebas agent)

Kanker yang sering terjadi pada Wanita yaitu kanker serviks dan kanker ovarium. Pada umumnya kanker disebabkan oleh terjadinya pertumbuhan sel yang tidak terkontrol. Sel tersebut dapat menyerang organ tubuh tertentu dan menyebabkan rusak atau hilangnya fungsi organ tersebut. Jika menilik beberapa literatur menyebutkan bahwa kanker disebabkan karena banyak faktor seperti adanya radikal bebas yang menuntun terjadinya reaksi radikal pada sel secara massive sehingga sangat berbahaya. Hal lainnya yaitu disebabkan karena adanya konsumsi atau terpapar material kimia yang bersifat karsinogenik seperti bahan beracun dasar aromatis benzene dan logam berat.

25

Kanker serviks

Kanker serviks adalah penyakit pada sistem reproduksi wanita yang juga umum terjadi. Penyakit ini disebabkan karena adanya sel-sel abnormal yang tumbuh pada lapisan epitel serviks. Sel abnormal tersebut akan terus tumbuh dengan ganas. Hal tersebut membuat jaringan yang ada di sekitar leher rahim jadi kurang berfungsi. Pengobatan kanker serviks umumnya dilakukan dengan mengangkat rahim, oviduk, ovarium, sepertiga dari vagina (bagian atas)

15

Kanker ovarium

Penyakit pada sistem reproduksi yang berikutnya adalah kanker ovarium. Kanker ovarium biasanya berawal dari kista ovarium yang merupakan tumor jinak dan kecil yang ada di dalam rahim. Kista ovarium yang paling sering terjadi adalah kista dermoid, kista lutein, dan kista coklat. Tumor jinak atau kista ovarium tersebut lambat laun akan berkembang menjadi semakin besar dan ganas yang menjadi kanker ovarium. Tumor ganas atau ovarium (kanker ovarium) dengan ukuran yang besar akan dapat menyebabkan kelainan letak janin. Penyebab penyakit kanker ovarium disebabkan oleh gaya hidup yang keliru, asupan, kurang olahraga, dan lainnya. Berhati-hatilah kamu jika memiliki siklus menstruasi yang tidak teratur karena itu merupakan gejala dari penyakit kanker ovarium.

C. Perawatan Kesehatan Sistem Reproduksi Manusia

Menjaga organ reproduksi pada pria atau Wanita sangat penting. Disini perlu diberikan pemahaman dari promosi kesehatan kepada remaja atau orangtua mengenai cara menjaga kesehatan system reproduksi atau organ reproduksi. Sebelum melakukan perawatan perlu ditekankan bahwa dasar melakukan perawatan yaitu untuk mencegah terjadinya penyakit pada system reproduksi yang dapat menyebabkan infeksi bahkan sampai pada kanker.

Beberapa cara melakukan perawatan seperti yang dianjurkan oleh kemenkes yaitu:

1. Pakai handuk yang lembut, kering, bersih, dan tidak berbau atau lembab.
2. Memakai celana dalam dengan bahan yang mudah menyerap keringat
3. Pakaian dalam diganti minimal 2 kali dalam sehari
4. Bagi perempuan, sesudah buang air kecil, membersihkan alat kelamin sebaiknya dilakukan dari arah depan menuju belakang agar kuman yang terdapat pada anus tidak masuk ke dalam organ reproduksi.
5. Bagi laki-laki, dianjurkan untuk dikhitan atau disunat agar mencegah terjadinya penularan penyakit menular seksual serta menurunkan risiko kanker penis.

Langkah tersebut diatas dianjurkan untuk mencegah terjadinya resiko terpapar mikroorganisme berupa bakteri atau jamur bahkan virus pada organ reproduksi. Namun secara keseluruhan dapat disampaikan bahwa hal utama adalah menjaga kebersihan organ reproduksi baik pada Wanita maupun pria.

Masalah yang sering terjadi di masyarakat adalah belum pahamnya seberapa pentingnya menjaga kesehatan organ reproduksi, perilaku yang tidak baik, tingkat pengetahuan dan pendidikan, faktor social-budaya, serta tingkat ekonomi juga mempengaruhi dalam melakukan perawatan organ reproduksi. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk melihat hubungan antara faktor-faktor diatas terhadap pelaksanaan perawatan organ reproduksi baik pada pria dan Wanita.

BAB III

PENGANTAR PENYAKIT INFEKSI



A. Definisi Penyakit infeksius

Penyakit infeksi adalah penyakit menular yang disebabkan oleh kelompok organisme seperti: bakteri, virus, protozoa, jamur, dan cacing. Penyakit infeksi terjadi ketika organisme pathogen menyerang sel inang dan menimbulkan gejala atau respon seperti demam dan inflamasi.

Respon inflamasi yang dihasilkan oleh infeksi merupakan respon dari anatomi organ yang terinfeksi, faktor virulensi yang dihasilkan oleh agen infeksius dan kemampuan sistem imun sel inang (host).

Jenis-jenis karakteristik respon inflamasi yang ditimbulkan oleh infeksi adalah:

a. Respon piogenik.

Respon yang disebabkan oleh infeksi bakteri, jamur dan virus. Respon ini berupa terbentuknya nanah pada bagian yang terinfeksi serta terbentuknya neutrofil yang mendominasi.

b. Peradangan Nekrotikans

Respon yang terjadi akibat infeksi mikrobakteri dan jamur yang dapat menyebabkan nekrosis jaringan.

c. Peradangan Granulomatosa

Respon yang disebabkan karena adanya infeksi mikrobakteri, jamur dan parasit yang ditandai dengan adanya makrofag dan sel T helper yang mendominasi.

d. Peradangan histiositik.

Respon yang terjadi ketika adanya infeksi oleh *Legionella*, *Rhodococcus*, *Calymmatobacterium*, *Leishmania*, yang ditandai dengan adanya makrofag yang berbusa. Sedangkan infeksi yang terjadi pada pasien yang memiliki gangguan kekebalan tubuh, biasanya akan menimbulkan peradangan granulomatosa.

e. Peradangan Eosinofilik

Respon yang terjadi akibat infeksi terhadap parasit multiseluler dan jamur tertentu.

f. Perubahan Sitopatik

Respon yang terjadi akibat infeksi virus. Respon infeksi virus DNA disebut inklusi nuklir, sedangkan infeksi virus RNA disebut inklusi sitologi.

g. Respon Kosong/ Null Responses. Tidak ada respon.

Bakteri patogen yang dapat menyebabkan infeksi seperti:

Staphylococcus aureus, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Streptococcus pneumonia*, *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus bovis*, *Clostridium perfringens*, *Neisseria meningitides*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Clostridium tetani*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium difficile*, *Corynebacterium diphtheriae*, *Listeria monocytogenes*, *Gardnerella vaginalis*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholera*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Shigella sonnei*, *Campylobacter jejuni*, *Helicobacter pylori*, *Klebsiella pneumonia*, *Enterobacter cloacae*, *Serratia marcescens*,

Pseudomonas aeruginosa, *Bacteriodes fragilis*, *Prevotella melaninogenica*, *Haemophilus influenzae*, *Bordetella pertussis*, *Legionella pneumophila*, *Pasteurella multocida*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium leprae*, *Treponema pallidum*,²¹ *Borrelia burgdorferi*, *Leptospira interrogans*, *Chlamydia trachomatis*, *Chlamydia pneumoniae*, *Chlamydia psittaci*, *Rickettsia rickettsii*, *Coxiella burnetii*, *Acrinobacterium haemolyticum*, *Bartonella quintana*, *Bifidobacterium eriksonii*, *Propionibacterium acnes*, *Spirillum minor*, *Streptobacillus moniliformis*.

Jamur patogen yang dapat menyebabkan infeksi seperti:³⁵ *Histoplasma capsulatum*, *Blastomyces dermatitidis*, *Paracoccidioides brasiliensis*, *Candida albicans*, *Trichophyton tonsurans*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium marneffei*, *Pseudallescheria boydii*.

Protozoa yang dapat menyebabkan penyakit infeksi seperti: *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*,²⁸ *Cryptosporidium hominis*, *Trichomonas vaginalis*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium falciparum*, *Toxoplasma gondii*, *Pneumocystis jiroveci*, *Tripanosoma cruzi*,²¹ *Leishmania donovani*, *Leishmania tropica*, *Acanthamoeba castellanii*, *Naegleria fowleri*, *Cyclospora cayentanensis*, *Balantidium coli*, dan *Isospora belli*.

Beberapa kelompok cacing yang memiliki potensi penyebab infeksi seperti:³⁵ *Taenia solium*, *Taenia saginata*, *Diphyllobothrium latum*, *Enchinococcus granulosus*,

Enchinococcus multilocularis, *Hymenoplesis nana*, *Dipylidium caninum*, *Fasciola hepatica*, *Fasciolopsis buski*, *Heterophyes heterophyes*, *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma japonicum*, *Schistosoma haematobium*, *Clonorchis sinensi*, *Paragonimus wetermani*, *Toxocara canis*, *Ancylostoma caninum*, *Ancylostoma duodenale*, *Enterobius vermicularis*, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Strongyloides stercoralis*, *Trichinella spiralis*, dan *Loa loa*.

21

Virus patogen seperti: HSV (Herpes Simplex Virus), VZV (Varicella Zoster Virus), Cytomegalovirus (CMV), Epstein Barr Virus (EBV), Smallpox Virus, Molluscum Contagiosum Virus, Human Papillomavirus (HPV), Human Influenza Virus, Avian Influenza Virus Infection In Human (H5N1), Parainfluenza Virus, Respiratory Syncytial Virus (RSV), Coronavirus, Human metaneumovirus (HMPV), Rhinovirus, Adenovirus, Measles Virus, Mumps Virus, Rubella Virus, Parvovirus B19, Rabies Virus, Ebola Virus, Norovirus, Rotavirus, Poliovirus, Coxsackie Virus, Echovirus, Hepatitis A Virus (HAV), Hepatitis B Virus (HBV), Hepatitis C Virus (HCV), Hepatitis D Virus (HDV, Delta Virus), Hepatitis E Virus (HEV), Hepatitis G Virus (HGV), Eastern Equine Encephalitis Virus, Western Equine Encephalitis Virus, St. Louis Encephalitis Virus, California Encephalitis Virus, West Nile Virus (WNV), Yellow Fever Virus, Dengue Virus, Chikungunya Virus, Zika Virus (ZIKV), Merkel Cell Polyomavirus, Human Immunodeficiency Virus (HIV).

28

21

B. Jenis-Jenis Penyakit Infeksi

Jenis-Jenis Penyakit Infeksi adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jenis-jenis Infeksi

Penyakit Infeksi	Penyebab Infeksi
Abses, Endokarditis, Artritis septic, osteomielitis, keracunan makanan, sindrom kulit meledak, sindrom syok toksik, infeksi jaringan lunak (folikulitis, selulitis, impetigo), konjungtivitis bakteri, pneumonia, sepsis	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermis</i> , <i>Pseudomonas aureginosa</i>
Infeksi saluran kemih	<i>Staphylococcus saprophyticus</i> , <i>Eschericia coli</i> , <i>Pseudomonas aureginosa</i>
Faringitis, selulitis	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Pneumonia, bakterimia, meningitis, otitis media, mastoiditis dan sinusitis	<i>Streptococcus pneumonia</i> , <i>Pseudomonas aureginosa</i> , <i>Legionella pneumophila</i> , <i>Mycoplasma pneumoniae</i>
Meningitis, meningococemia	<i>Neisseria meningitides</i> , <i>Neisseria gonorrhoeae</i>
Keracunan makanan	<i>Bacillus cereus</i>
Tetanus	<i>Clostridium tetani</i>
Difteri	<i>Corynebacterium</i>

	<i>diphtheriae</i>
Meningitis, sepsis	<i>Listeria monocytogenes</i>
Vaginitis	<i>Gardnerella vaginalis</i>
Diare	<i>Escherichia coli</i>
Demam tipoid	<i>Salmonella typhi</i>
Disentri basiler (diare berdarah)	<i>Shigella dysenteriae</i>
Kolera	<i>Vibrio cholerae</i>
Meningitis pada anak-anak	<i>Haemophilus influenzae</i>
Pertusis	<i>Bordetella pertusis</i>
Tularemia	<i>Francisella tularensis</i>
TBC	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Actinomycosis	<i>Actinomyces israelii</i>
Nocardiosis	<i>Nocardia asteroides</i>
Syphilis	<i>Treponema pallidum</i>
Konjungtivitis, trachoma, pneumonia, infeksi saluran genital	<i>Chlamydia trachomatis</i>
gingivostomatitis akut, herpes labialis, keratokonjungtivitis (keratitis), dan ensefalitis, terutama pada orang dewasa, herpes genitalis, ensefalitis neonatal dan bentuk herpes neonatus lainnya, dan meningitis aseptic	Herpes Simplex Viruses (HSV)
Karsinoma nasofaring	Epstein-Bar

Cacar	Smallpox virus/ variola virus
Papiloma, karsinoma leher Rahim	Human papilomavirus
Influenza	Human Influenza Virus
laringotrakeobronkitis akut), laringitis, bronkiolitis, dan pneumonia pada anak-anak dan penyakit yang menyerupai flu biasa pada orang dewasa.	Virus parainfluenza
Pneumonia dan Bronkitis pada bayi	Respiratory syncytial virus (RSV)
penyakit inklusi sitomegalik (terutama kelainan kongenital) pada neonates	Cytomegalovirus (CMV)
Virus ini menyebabkan penyakit gondongan, penyakit yang ditandai dengan air liur pembengkakan kelenjar. Ini terjadi terutama di masa kanak-kanak	Mumps Virus
sindrom rubella kongenital	Rubella Virus
eritema infectiosum, anemia aplastik dan infeksi janin, termasuk hidrops fetalis.	Parvovirus B19
Rabies	Rabies virus
Demam Berdarah Ebola	Virus Ebola

gastroenteritis terutama pada anak kecil.	Rotavirus
poliomyelitis, gejala yang paling menonjol diantaranya adalah paralisis.	Polio virus
Hepatitis A, B, C,D, E, G	Hepatitis A Virus (HAV), HBV, HCV, HDV, HEV, HGV
sariawan, vaginitis, esofagitis, ruam popok, dan kandidiasis mukokutan kronis	<i>Candida albicans</i>
Meningitis	<i>Cryptococcus neoformans</i>
Infeksi pada kulit, mata, telinga	<i>Aspergillus fumigatus</i>
Disentri dan abses liver	<i>Entamoeba histolytica</i>
Giardiasis	<i>Giardia lamblia</i>
Trichomoniasis	<i>Trichomonas vaginalis</i>
Malaria	<i>Plasmodium vivax</i> , <i>Plasmodium ovale</i> , <i>Plasmodium malariae</i> , and <i>Plasmodium falciparum</i> .
Toxoplasmosis	<i>Toxoplasma gondii</i>
Taeniasis	<i>Taenia saginata</i> , <i>Taenia solium</i> ,
Ascariasis	<i>Ascaris lumbricoides</i>
Strongyloidiasis	<i>Strongyloides stercoralis</i>
Trichinosis	<i>Trichinella spiralis</i>

Filariasis	<i>Wuchereria bancrofti</i>
Onchocerciasis	<i>Onchocerca volvulus</i>
Loiasis	<i>Loa loa</i>
visceral larva migrans.	<i>Toxocara canis</i> , <i>Toxocara cati</i>

Levinson, W., Peter. C.H., Elizabeth. A.J., Jesse. N., Brian. S. 2018. Review Of Medical Microbiology and Immunology: A Guide to Clinical Infectious Diseases. Fifteen Edition. A Lange Medical Book.

C. Proses Terjadinya Penyakit Infeksi

Kemampuan mikroorganisme dalam menyebabkan penyakit tergantung dari 2 faktor yaitu: 1. Patogenisitas dari mikroorganisme dan 2. Kemampuan sel inang (Host) dalam merespon infeksi.

a. Patogenisitas

Patogenisitas adalah kemampuan agen infeksi dalam menyebabkan penyakit, sedangkan pathogen adalah mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit. Patogen opportunistik adalah mikroorganisme yang tidak menunjukkan penyakit kepada sel inang, karena sel inang (*host*) memiliki kekebalan imun yang kuat, namun akan menunjukkan penyakit terhadap sel inang yang memiliki kekebalan imun yang lemah.

Virulensi merupakan ukuran kuantitatif patogenisitas yang diukur dengan jumlah mikroorganisme yang menyebabkan penyakit. Virurensi suatu mikroorganisme ditentukan oleh kemampuan mikroorganisme tersebut untuk menghasilkan berbagai

faktor virulensi. Setiap mikroorganisme memiliki jumlah yang berbeda-beda dalam menyebabkan penyakit infeksi, misalnya pada bakteri *Shigella* dan *Salmonella* memiliki potensi dalam penyebab diare, namun dosis infeksi bakteri *Shigella* sebanyak 100 organisme dapat menyebabkan diare, sedangkan *Salmonella* membutuhkan sebanyak 100.000 organisme untuk dapat menyebabkan diare. Perbedaan ini disebabkan karena setiap mikroorganisme memiliki ciri khas tersendiri seperti memiliki kapsul, pili, endotoksin, eksotoksin yang dapat melindungi mikroorganisme tersebut dari fagositosis.

Mikroorganisme berupa bakteri dapat berasal dari tubuh (flora normal) dan dari luar tubuh (*eksternal*) seperti tanah, air, hewan, fomites. Pada umumnya infeksi penyakit yang disebabkan oleh bakteri sebagian besar berasal dari luar tubuh (*eksternal*). Tahapan terjadinya infeksi terjadi sebagai berikut:

1. Terjadinya transmisi mikroorganisme yang berasal dari luar tubuh (*eksternal*) menuju portal sel inang (*host*)
 2. Terjadinya pertahanan utama imun dari sel inang (*host*) seperti kulit, asam lambung
 3. Melekatnya pili bakteri pada selaput lendir sel inang (*host*)
 4. Terjadinya kolonisasi pertumbuhan bakteri infeksi di lokasi yang diinfeksi
 5. Timbulnya gejala penyakit akibat adanya produksi atau invasi toksin dari mikroorganisme infeksi sehingga menimbulkan terjadinya inflamasi
-

6. Adanya respon penjamu, selama langkah 3,4,5 terjadi, baik respon imun nonspesifik maupun imun spesifik
7. Terjadinya perkembangan penyakit/resolusi penyakit

Transmisi

Transmisi merupakan cara penularan melalui mekanisme perpindahan dari agen infeksi ke penderita (pasien) yang terdiri dari:

1. Manusia ke Manusia

- Secara langsung seperti terjadi kontak badan secara fisik
- Secara tidak langsung seperti kontak melalui benda atau instrument
- Plasenta: bakteri melalui plasenta dan menginfeksi janin
- Transfusi darah

2. Bukan Manusia ke Manusia

- Bersumber dari tanah
- Bersumber dari air
- Bersumber dari hewan (melalui kotoran hewan, melalui vector serangga, baik secara langsung seperti gigitan serangga)
- Sumber fomite

3. Beberapa portal entry (portal masuk) agen infeksi yaitu:

- Saluran pernafasan : pneumonia, meningitis, tuberculosis, influenza

- Saluran Pencernaan : disentri, demam difoid, kolera, gastroenteritis, hepatitis A, poliomyelitis, Trichinosis
- Kulit : tetanus, rabies, malaria
- Saluran genital (saluran kemih dan kelamin) : gonorrhea, sipilis, vaginitis, genital herpes, urethritis

Adhesin

Adhesin merupakan komponen dari bakteri (agen infeksi) yang melekat pada permukaan sel inang, misalnya adanya pili yang dimiliki oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae* dan *Escherichia coli* untuk memediasi perlekatan mikroorganisme ke sel epitel saluran kemih, adanya glikokaliks yang terdapat pada *Staphylococcus epidermidis* dan *Streptococcus viridians* tempat melekatnya mikroorganisme pada sel endometilium katup jantung.

Setelah mikroorganisme menempel pada permukaan sel inang, maka mikroorganisme tersebut akan membentuk matriks yang disebut biofilm. Fungsi biofilm adalah untuk melindungi mikroorganisme dari antibiotik, dan pertahanan sel imun inang seperti antibody dan neutrofil. Selain itu, biofilm juga memiliki peran dalam memperlambat penyembuhan luka, mengakibatkan infeksi kronis, dan berperan dalam pembentukan plak gigi.

Mekanisme terbentuknya biofilm pada mikroorganisme disebabkan karena adanya proses

penginderaan quorum (*quorum sensor*) ditemukan pada genus *Pseudomonas*. Dimana sensor ini berfungsi untuk mengkoordinasikan sintesis protein (biofilm, virulensi, resistensi antibiotic atau yang berperan dalam patogenesis) tertentu sesuai dengan kepadatan populasi mikroorganisme, artinya apabila kepadatan populasi mikroorganisme rendah, maka biofilm tidak terbentuk karena tidak diekspresikan oleh sintesis protein, sebaliknya apabila kepadatan populasi mencapai kritis, maka mikroorganisme akan mensintesis protein tersebut untuk menghasilkan perubahan fenotip untuk membentuk biofilm.

Invasi, Inflamasi dan Survival Intraseluler

Invasi adalah proses masuknya mikroorganisme ke dalam sel inang/jaringan dan menyebar keseluruh tubuh untuk memulai infeksi. Hal ini terjadi karena pada tahap invasi mikroorganisme mensekresikan beberapa enzim yang berperan dalam pathogenesis seperti:

1. Kolagenase dan Hialuronidase

Enzim-enzim tersebut digunakan untuk mendegradasi kolagen dan asam hialuronat sehingga menyebabkan mikroorganisme menyebar melalui jaringan subkutan, ditandai dengan terbentuknya selulitis (infeksi kulit) yang disebabkan oleh bakteri *Streptococcus pyogenes*.

2. Koagulase

Enzim koagulase dihasilkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus* digunakan untuk mempercepat

pembentukan pembekuan fibrin, fibrinogen dengan tujuan untuk melindungi bakteri dari fagositosis dengan menutup area yang terinfeksi serta dengan melapisi mikroorganisme dengan lapisan fibrin. Enzim ini juga dihasilkan oleh *Yersinia pestis* penyebab penyakit pes (sampar).

3. Immunoglobulin Protease

Enzim tersebut dihasilkan oleh *Neisseria gonorrhoeae*, *Haemophilus influenzae*, dan *Streptococcus pneumonia* digunakan untuk mendegradasi Immunoglobulin A (IgA) dan Ig G dengan tujuan untuk mengurangi opsonisasi (pelapisan antigen oleh antibody sehingga memudahkan terjadinya fagositosis) dan meningkatkan virulensi mikroorganisme tersebut.

Selain enzim-enzim tersebut, terdapat beberapa faktor yang berperan dalam virulensi yang berkontribusi terhadap invasi dengan membatasi mekanisme pertahanan sel inang terutama fagositosis untuk bekerja secara efektif.

Inflamasi atau peradangan merupakan respon alami dari sistem imun tubuh terhadap infeksi bakteri, virus, jamur maupun benda asing lainnya. Terdapat beberapa respon inflamasi yang terjadi seperti: inflamasi piogenik, inflamasi nekrotik, inflamasi granulomatosa, inflamasi histiositik, inflamasi eosinofilik, inflamasi sitopatik dan null respon. Namun yang paling sering terjadi adalah inflamasi piogenik dan inflamasi granulomatosa.

Pada umumnya mikroorganisme memiliki cara dalam bertahan yaitu secara intraseluler dan ekstraseluler. Intraseluler terdiri dari 2 jenis yakni intraseluler fakultatif dan intraseluler obligat. Intraseluler fakultatif merupakan mikroorganisme yang dapat difagositosis tetapi tidak mudah dihancurkan oleh sistem fagositosis. Sedangkan intraseluler obligat merupakan mikroorganisme yang hanya dapat hidup dan berkembangbiak pada sel hospes. Terdapat 3 mekanisme mikroorganisme intraseluler dalam bertahan diri yaitu:

- a) Menghambat fusi lisosom pada vakuola yang berisi mikroorganisme
- b) Menghalangi pembentukan ROI (*Reactive Oxygen Intermediate*) melalui lipid mikrobakterial
- c) Menggunakan lisin sebagai cara untuk menghindari perangkat fagosom dan pemusnahan mikroorganisme akibatnya mikroorganisme dapat bertahan pada sitoplasma makrofag

Sedangkan mikroorganisme ekstraseluler merupakan mikroorganisme yang dapat bereplikasi di luar sel, melalui proses sirkulasi dan jaringan-jaringan. Terdapat beberapa cara mekanisme mikroorganisme ekstraseluler dalam bertahan diri yaitu:

1. Membentuk kapsul antifagosit yang berfungsi untuk menimbulkan adhesi yang tidak sesuai antara sel fagosit dengan sel mikroorganisme, dan melindungi sel mikroorganisme dari reseptor fagosit melalui

pembentukan molekul karbohidrat pada permukaan sel mikroorganisme.

2. Mengeluarkan eksotosin untuk meracuni leukosit
3. Membentuk ikatan antara mikroorganisme ke permukaan sel non fagosit sehingga terhindar dari fungsi fagosit.
4. Mempercepat pemecahan komplemen melalui aksi produk microbial yang mengikat atau menghambat kerja regulator aktivasi komplemen
5. Menghindari lisis dengan cara mengalihkan lokasi aktivasi komplemen melalui sekresi protein umpan atau menjauhkan posisi permukaan mikroorganisme dari membrane sel

Produksi Toksin

Toksin merupakan senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Produksi toksin dari mikroorganisme sangat berperan penting dalam penyebab penyakit, seperti eksotoksin dan endotoksin.

Eksotosin merupakan senyawa polipeptida yang disintesis oleh gen yang terletak pada plasmid atau virus bakteri lisogenik (bakteriofag), dikode oleh DNA bakteriofag seperti toksin difteri, toksin kolera, dan toksin botulinum. Umumnya diproduksi oleh bakteri gram positif dan gram negatif. Eksotosin juga salah satu yang paling beracun. Namun demikian, eksotosin dapat digunakan sebagai vaksin dengan cara mengubah polipeptida eksotoksin menjadi toksoid yang digunakan untuk mempertahankan antigenisitasnya dengan

menghilangkan toksisitasnya ketika diberi perlakuan formaldehida (asam atau panas).

Eksotoksin memiliki struktur subunit A-B. Eksotoksin subunit A bersifat aktif dan memiliki aktivitas toksik. Eksotoksin subunit B (pengikat) berfungsi bertanggung jawab untuk mengikat eksotoksin ke reseptor spesifik pada sel manusia. Eksotoksin dilepaskan oleh bakteri melalui sistem sekresi. Sistem sekresi mengangkut eksotoksin ke ruang ekstraseluler dan beberapa mengangkut kedalam sel mamalia.

Endotoksin merupakan Lipopolisakarida (LPS) yang dihasilkan oleh bakteri gram negative yang dikode oleh gen pada kromosom bakteri. Endotoksin memiliki toksisitas dan bersifat antigenik lemah yang lebih rendah dibandingkan dengan eksotoksin. Sehingga endotoksin tidak digunakan sebagai antigen dalam vaksin. Pada umumnya endotoksin memberikan efek seperti:

1. Demam terjadi karena adanya pelepasan IL-1 (pirogen endogen) dan IL-6 oleh makrofag yang bekerja pada hipotalamus dalam pengatur suhu
2. Hipotensi, syok dan gangguan perfusi esensial organ karena adanya vasodilatasi yang diinduksi oleh nitrit oksida, TNF (*Tumor Necrosis Factor*), dan bradikinin yang dapat meningkatkan permeabilitas kapiler
3. *Disseminated Intravascular Coagulation* (DIC), menyebabkan terjadinya kegagalan organ vital karena adanya aktivitas cascade koagolase yang dilepaskan dari jaringan atau permukaan sel yang terinfeksi sehingga menyebabkan terjadinya pembekuan yang

meluas di dalam kapiler. Diagnosis ini dapat dilakukan dengan d-dimer. D-dimer adalah produk pembelahan fibrin yang terdeteksi dalam darah.

4. Peradangan dan kerusakan jaringan yang disebabkan oleh aktivitas dari caskade komplemen. C5a adalah kemokin kuat yang menarik neutrofil ke tempat infeksi.
5. Aktivitas makrofag, meningkatkan fagositasnya dan aktivasi klon limfosit B sehingga meningkatkan produksi antibody. Selain itu, endotoksin berfungsi dalam menginduksi faktor penghambat migrasi makrofag yang berperan dalam syok septic.

Struktur LPS pada bakteri gram negative terdiri dari 3 bagian yaitu: rantai samping polisakarida (O), inti polisakarida dan lipid-A yang memiliki sifat racun karena mengandung beberapa asam lemak yaitu asam β -hydroksymyristik memiliki peran dalam toksisitas.

Imunopatogenesis

Imunopatogenesis merupakan proses terjadinya kesalahan sistem imun, sehingga mengakibatkan timbulnya gejala penyakit. Misalnya pada penyakit tertentu, seperti demam rematik dan glomerulonefritis akut, bukan pathogen yang menyebabkan gejala penyakit melainkan adanya respon imun terhadap kehadiran pathogen tersebut. Pada demam rematik, antibodi terbentuk terhadap protein M dari *S. pyogenes*, yang bereaksi silang dengan jaringan sendi, jantung, dan otak. Peradangan terjadi, mengakibatkan radang sendi, karditis,

dan korea yang merupakan temuan khas pada penyakit ini.

Menurut Levinson, et al. (2018), menjelaskan bahwa terdapat beberapa tahapan khusus dari infeksi yaitu:

1. Masa inkubasi yaitu waktu antara perolehan mikroorganisme (atau toksin) dan awal gejala (waktu bervariasi tergantung dari mikroorganisme)
2. Periode Prodromal yaitu terjadinya gejala nonspesifik seperti demam, kehilangan nafsu makan dan malaise
3. Periode penyakit spesifik yaitu adanya tanda dan gejala penyakit yang khas terjadi
4. Masa pemulihan yaitu masa dimana penyakit mereda dan pasien kembali sehat. Adanya antibody IgA dan IgG melindungi pasien dari infeksi ulang penyakit yang sama. Setelah masa pemulihan, beberapa individu menjadi pembawa kronis dan dapat melepaskannya dalam keadaan sehat secara klinis. Namun beberapa individu dapat menjadi infeksi laten, yang dapat kambuh dalam bentuk yang sama seperti infeksi primer atau menunjukkan tanda dan gejala yang berbeda. Meskipun banyak infeksi menyebabkan gejala, namun juga banyak bersifat subklinis (yaitu, individu tetap asimtomatik meskipun terinfeksi organisme). Pada infeksi subklinis dan setelah masa pemulihan berakhir, keberadaan antibodi sering digunakan untuk menentukan bahwa infeksi telah terjadi.

b. Sel Inang (*Host*)

Pertahanan sel inang (host) terhadap pathogen terdiri dari 2 sistem yang saling berinteraksi yakni:

1. Imunitas nonspesifik, yang berfungsi melindungi diri dari mikroorganisme secara umum, sistem nonspesifik terbagi menjadi 3 mekanisme:
 - a) Penghalang fisik seperti kulit dan selaput lendir,
 - b) Sel fagosit seperti sel neutrofil, makrofag dan sel natural killer (NK),
 - c) Protein seperti komplemen, lisozim dan interferon
2. Imunitas adaptif (spesifik), yang berfungsi melindungi diri terhadap mikroorganisme tertentu (spesifik) dimediasi oleh antibody dan limfosit T.

Terdapat 2 bagian utama respon pertahanan sel inang terhadap patogen yaitu:

- a) Respon piogenik.

Respon yang terdiri dari antibody, komplemen dan neutrofil. Bakteri piogenik sering disebut pathogen ekstraseluler karena dapat menyerang sel. Seperti bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes* dipertahankan terhadap piogenik (menghasilkan nanah).

- b) Respon granulomatosa

Respon ini terdiri dari makrofag dan sel T helper (CD4), dan sering disebut sebagai pathogen intraseluler karena dapat menyerang dan bertahan hidup di dalam sel, seperti *Mycobacterium tuberculosis* dan *Listeria monocytogenes*.



Gambar .31 Proses Terjadinya Infeksi

D. Penyakit Infeksi Pada Sistem Reproduksi

Penyakit infeksi pada sistem reproduksi menjadi perhatian untuk saat ini karena berkaitan erat dengan kesehatan reproduksi. Beberapa literatur menjelaskan bahwa terdapat jenis-jenis mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit infeksi pada sistem reproduksi, seperti:

1. *Trikomoniasis*

Penyakit disebabkan oleh protozoa parasit yaitu *Trichomonas vaginalis* yang menyerang saluran genital dan dapat ditularkan secara seksual. Penyakit ini lebih umum ditemukan daripada gonore, seringkali tanpa gejala dan meningkatkan kerentanan seseorang terhadap Human Immunodeficiency Virus (HIV).

2. Infeksi Kelamin yang disebabkan oleh *Herpes Simplex Virus*

Herpes genital merupakan penyakit menular seksual endemic secara global. Penyakit ini disebabkan oleh virus herpes simpleks tipe 1 dan 2 (HSV-1, HSV-2). Virus ini membentuk infeksi laten di ganglia akar saraf sensorik dan dapat mengaktifkan kembali untuk menyebabkan kekambuhan epitel sepanjang hidup pasien. Mayoritas pasien yang terinfeksi, memiliki gejala atipikal ringan atau tidak ada gejala sama sekali. Orang tanpa gejala masih dapat menyebarkan virus ke dalam sekret alat kelamin dan menularkannya ke pasangan seks mereka. Komplikasi infeksi herpes genital termasuk meningitis aseptik dan, jarang, infeksi herpes simpleks diseminata di mana beberapa sistem organ dapat terpengaruh. Infeksi ini akan menyebabkan infeksi herpes neonatal yang dapat mengancam jiwa pada wanita usia subur.

3. *Human Immunodeficiency Virus (HIV)/ Acquired Sindrom defisiensi imun (AIDS)*

Infeksi Human Immunodeficiency Virus (HIV) adalah penyakit menular seksual (PMS). Kebanyakan pasien yang terinfeksi tetap asimtomatik (tidak menunjukkan gejala) selama bertahun-tahun setelah tertular HIV, tetapi karena fungsi kekebalan berkurang, manifestasi klinis dari infeksi oportunistik muncul.

4. *Human Papillomavirus (HPV)*

Infeksi *human papillomavirus (HPV)* genital merupakan penyakit menular seksual yang disebabkan oleh virus HPV. HPV terdiri dari 2 jenis yaitu HPV

nononkogenik seperti HPV tipe 6 dan 11, yang dapat menyebabkan perubahan sel serviks jinak atau tingkat rendah, kutil kelamin, dan papilomatosis pernapasan berulang. Dan jenis HPV onkogenik, seperti HPV tipe 16 dan 18, dapat menyebabkan perubahan sel tingkat rendah dan tingkat tinggi serviks dan anogenital lainnya, kanker anogenital, dan kanker orofaringeal. Sebagian besar infeksi tidak menunjukkan gejala dan tidak menyebabkan penyakit klinis. Namun, infeksi HPV onkogenik yang persisten dari waktu ke waktu dapat menyebabkan prakanker dan kanker. Kanker serviks adalah penyebab utama morbiditas dan kematian pada wanita di seluruh dunia, dan 70% dari kanker ini berpotensi dapat dicegah dengan vaksin HPV profilaksis.

5. Infeksi yang Disebabkan oleh *Chlamydia trachomatis*

Infeksi *Chlamydia trachomatis* terutama pada remaja dan dewasa muda, dan dapat menyebabkan morbiditas yang substansial. Mayoritas orang dengan klamidia adalah tanpa gejala dengan temuan pemeriksaan genital normal, dan diagnosis klamidia biasanya bergantung pada pengujian bakteri. *Chlamydia trachomatis* merupakan bakteri intraseluler obligat yang menginfeksi permukaan mukosa manusia, termasuk permukaan orofaringeal, anogenital, dan konjungtiva.

6. Penyakit Gonorroe

Penyakit infeksi *Neisseria gonorrhoeae*, umumnya dikenal sebagai gonore, penyakit ini tidak menimbulkan gejala. Apabila penyakit ini tidak diobati maka akan menyebabkan penyakit radang panggul (PID), kehamilan

ektopik, infertilitas, dan nyeri panggul kronis pada wanita dan epididimitis atau infertilitas pada pria. Infeksi gonore juga meningkatkan risiko tertular dan menularkan human immunodeficiency virus (HIV).

7. Sifilis / Infeksi *Treponema pallidum*

Sifilis adalah penyakit yang disebabkan oleh spirochete *Treponema pallidum*. Sifilis ditularkan secara seksual atau kongenital dan dapat melibatkan hampir semua sistem organ. Perkembangan klinisnya melibatkan beberapa tahap yang ditandai dengan baik yaitu:

- a. Masa inkubasi 1 minggu - 3 bulan;
- b. Stadium primer yang ditandai dengan chancre (ulkus indurasi, tidak nyeri tekan di tempat pajanan);
- c. Stadium sekunder, biasanya beberapa minggu setelah chancre sembuh, berhubungan dengan ruam difus, lesi mukokutan, dan limfadenopati;
- d. Tahap laten infeksi subklinis yang dideteksi dengan tes serologi reaktif; dan
- e. Stadium lanjut atau tersier yang melibatkan kerusakan organ akhir yang mencakup sifilis neurologis, kardiovaskular, dan gummatous (atau jinak).

8. Keputihan/ Kandidiasis Vagina

Penyakit ini disebabkan oleh ragi *Candida albicans* dengan gejala khas termasuk pruritus, nyeri vagina, dispareunia, disuria eksternal, dan/atau keputihan abnormal tidak berbau dengan warna krem yang kental.

BAB IV

TEKNOLOGI NANOMATERIAL



Perkembangan jaman saat ini sejalan dengan penggunaan teknologi dan material yang semakin canggih. Efektifitas, sustainabilitas, reuseable, stabilitas dan sifat toksikitas dari suatu material dalam aplikasinya menjadi hal yang sangat penting. Perkembangan penggunaan teknologi dari berbagai aspek aplikasi pada umumnya telah menggunakan ukuran nano atau sering disebut nanomaterial.

A. Defenisi Nanomaterial

Nanomaterial merupakan struktur suatu materi yang berukuran nanometer atau 10^{-9} m. Materi yang masih tergolong sebagai nanopartikel jika berada pada range 1-100 nm. Secara logika ukuran nanopartikel yaitu material dengan ukuran 1 meter dibagi 1 milyar kali. Sehingga sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata secara langsung. Sebagai perbandingan bagian terkecil dari tubuh manusia adalah DNA yang memiliki ukuran partikel sekitar 2 nm. Perbedaan material bentuk nano dengan bentuk umum atau bulki terletak pada luas permukaan, sifat kimia, dan sifat fisika dari material tersebut sehingga dalam pengaplikasiannya lebih efektif dan efisien daripada bentuk umum bulky (skala makro atau lebih besar). Perkembangan material nano ini secara sains (nanosains) banyak digunakan dalam membentuk suatu produk yang bermanfaat dalam bidang

keilmuan seperti kimia, fisika, kedokteran, obat-obatan dan banyak hal lainnya (Sabu et al. 2019; Yeom and Kim 2018; Sharma et al. 2019).

Perbedaan ukuran partikel (*size effect*) nanomaterial merupakan hal yang sangat menarik untuk di bahas. Efek yang terjadi karena perubahan ukuran meliputi sifat termodinamika, elektronika, dan sifat kimianya. Sebagai contoh hasil penelitian pada tahun 2002 oleh C.N.R Rao dkk menunjukkan perbedaan sifat seperti titik leleh dan serapan elektronik dari antara CdS nanopartikel dan CdS bulk (Rao et al. 2002; Rao, Müller, and Cheetham 2005). Contoh lainnya adalah logam platina yang memiliki sifat inert dalam kondisi bulki atau makro namun berbeda jika logam Pt tersebut sudah dalam kondisi nano (1-100 nm). Logam tersebut memiliki sifat sebagai katalisator yang potensial digunakan dalam bidang oksidasi toluene (Peng et al. 2018).

Berikut beberapa perbedaan sifat material bentuk nanopartikel dan bentuk makro

- a. Nanomaterial pada umumnya memiliki nilai konduktivitas termalnya 10 kali lebih baik/tinggi dibandingkan dengan material makro atau bulki
 - b. Kekuatan struktur material nano lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk bulki
 - c. Aplikasi material nano sebagai penyusun baterai atau superkapasitor memiliki kemampuan 10-100 kali lipat dibandingkan dengan material bulki atau makro
 - d. Luas permukaan dari material nano jauh lebih besar dibandingkan dengan material bentuk bulki. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel semakin kecil maka
-

luas permukaan jauh semakin lebih besar. Hal ini biasa dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti katalis, biosensor dan lain sebagainya.

Banyak hal lain yang menunjukkan perbedaan yang nyata antara material nano dan material makro. Sifat nanomaterial seperti titik lebur, konduktivitas listrik, permeabilitas magnetik, warna, dan reaktivitas kimia merupakan fungsi dari ukuran partikel. Sebagai contoh, suatu nanomaterial menunjukkan warna yang bervariasi tergantung ukurannya, pada ukuran 2 nm berwarna putih, 5-24 nm warna merah yang bervariasi, 60 nm warna ungu, dan 90 nm warna biru.

Dari berbagai artikel ilmiah menunjukkan bahwa tidak atau belum semua material dapat dibentuk kedalam ukuran nano. Beberapa partikel seperti material organik (ekstrak bahan alam) sangat susah diubah bentuk kedalam nano. Hal ini berbeda jika dibandingkan dengan senyawa yang berbentuk senyawa anorganik seperti logam/oksida logam. Pada bahan alam kecenderungan material tersebut mengalami kerusakan (terdeposisi/aglomerasi) sangat besar baik dengan cara kimia dan fisika dalam membentuk material nano.

B. Pemanfaatan Nanomaterial

Material dalam bentuk nanopartikel telah banyak dikembangkan terlebih sejak abad ke-20. Pemanfaatan nanopartikel mencakup berbagai aspek seperti kesehatan, analitik, sensor, elektronik, dan lain sebagainya. Perbedaan ukuran partikel yang menyebabkan keunikan sifat dari

material tersebut digunakan sebagai dasar aplikasi material tersebut. Berikut beberapa material nano dan pemanfaatannya dalam berbagai bidang

Tabel 4.1 Pemanfaatan Nanomaterial dalam berbagai bidang

No	Nama Material	Pemanfaatan
1.	MgO	Adsorben Gas CO, CO ₂ , Hidrokarbon
2.	ZnO	Antibakteri, fotokatalitik
3.	Nanoselulosa komposite	Drugdelivery, biosensor, adsorben, kolorimetri sensor, woud dreesing, electronic device
4.	Graphene/graphene composite	Elektrode, Covid-19 detetctor, katalis
5.	SiO ₂ /SiO ₂ -composite	Elektroda, antibacterial
6.	CuO-Curcumin	Antibacteri
7.	AgNPS	Antibakteri
8.	Ruthenium (II) kompleks	Anticancer
9.	Carbon	Antiinflamantory, katalis
10.	Metallophthalocyanine-nanotube	Katalis
11.	PtRu	Katalis
12.	Carbon nanotube	Biosensor
13.	Pd, Pd-composite	Tita, elektrokimia
14.	Cu, Cu-composite	Tinta, sensor formaline
15.	Sn, Sn-compoite	Tinta,chemosensor

16.	Ni, Ni-Composite	Tinta, elektroplanting, anticancer
17.	Polyoxometalate	Voltametric sensor
18.	Au, Au-composite	Antibakteri
19.	Ti	Antibakteri
20.	Fe-Ca-Zr	Antibakteri

Sumber : (Varaprasad et al. 2020; A. Ali et al. 2016)

Pemanfaatan material dengan ukuran nano dalam aplikasinya memiliki prinsip-prinsip yang berbeda. Seperti halnya dalam penggunaan Nanoselulosa atau nanoselulosa komposit sebagai antibakteri memiliki prinsip merusak membrane sel dan dinding sel. Berbeda halnya jika diaplikasikan dalam bidang elektronik rangkaian elektronik dapat didesain menjadi lebih kecil dengan fungsi kerja yang sama atau lebih. Hal ini dapat kita lihat dari penggunaan perangkat elektronik seperti televisi, laptop, Komputer dan lain sebagainya. Perangkat elektronik dengan menggunakan material nano akan bekerja lebih baik dan mengurangi efek hambatan yang tentu saja akan meningkatkan efisiensi penggunaan listrik yang digunakan. Pemanfaatan lainnya yang juga tidak kalah revolusioner yaitu dalam bidang konstruksi bangunan. Dengan menggunakan material nano maka konstruksi bangunan dapat dilakukan dengan cepat, murah dan aman. Sebagai contoh aplikasi material nano yaitu dengan melakukan penambahan material nanosilika sebagai campuran semen yang dapat meningkatkan durabilitas bangunan dengan mencegah masuknya air kedalam bangunan/semen.

C. Keunggulan Bentuk Nanomaterial

Pemanfaatan nanomaterial dalam berbagai bidang didasari dari prinsip kerja atau mekanisme dalam aplikasi material tersebut. Sebagai contoh penggunaan nanomaterial nanoselulosa memiliki banyak sekali pemanfaatan seperti pada Table 5.1. Keunggulan penggunaan bahan nanomaterial pada umumnya didasari sifat stabilitas, kereaktifan, keamanan (tidak toksik), efektifitas dan banyak hal lainnya (N. Ali et al. 2020).

Sebagai contoh aplikasi Nanoselulosa sebagai antibakteri memiliki banyak keunggulan yaitu stabilitas dan sifat non toksik. Dalam hal ini Nanoselulosa bukan yang menjadi aktor utama sebagai antibakteri namun campuran yang ditambahkan kedalam nanoselulosa seperti oksida logam ZnO. Oksida logam ZnO yang selanjutnya berperan sebagai dialisi aktor atau merusak membrane atau dinding sel bakteri (Carp et al. 2017). Jika dibandingkan dengan material lainnya maka efisiensi dalam membunuh bakteri dengan cara merusak dinding sel atau membrane bakteri tersebut sangat sulit terjadi.

Dalam bidang katalis prinsip nanomaterial didasari dari sifat stabilitas dan luas permukaan material tersebut. Dengan makin besar luas permukaan maka tentu akan mempercepat proses katalisator dalam suatu reaksi tersebut. Sehingga tentu akan mengakibatkan efektifitas dalam membentuk suatu produk yang diinginkan. Beberapa pengalaman dalam katalis dengan menggunakan material bulki yaitu efektifitas yang kurang baik dibandingkan dengan bentuk nanomaterial atau nanopartikel (NPs) (Robert

and Library, 2014). Pada bidang katalis contoh penggunaan logam platina untuk memudahkan pembakaran bahan organik/oksidasi bahan organik lebih cepat dilakukan. Demikian halnya dalam membuat bensin dengan nilai oktan yang tinggi maka diperlukan logam katalis yang dapat membantu lebih cepat proses cracking yang dilakukan jika dalam bentuk ukuran partikel nano.

BAB V

PRODUKSI NANOMATERIAL



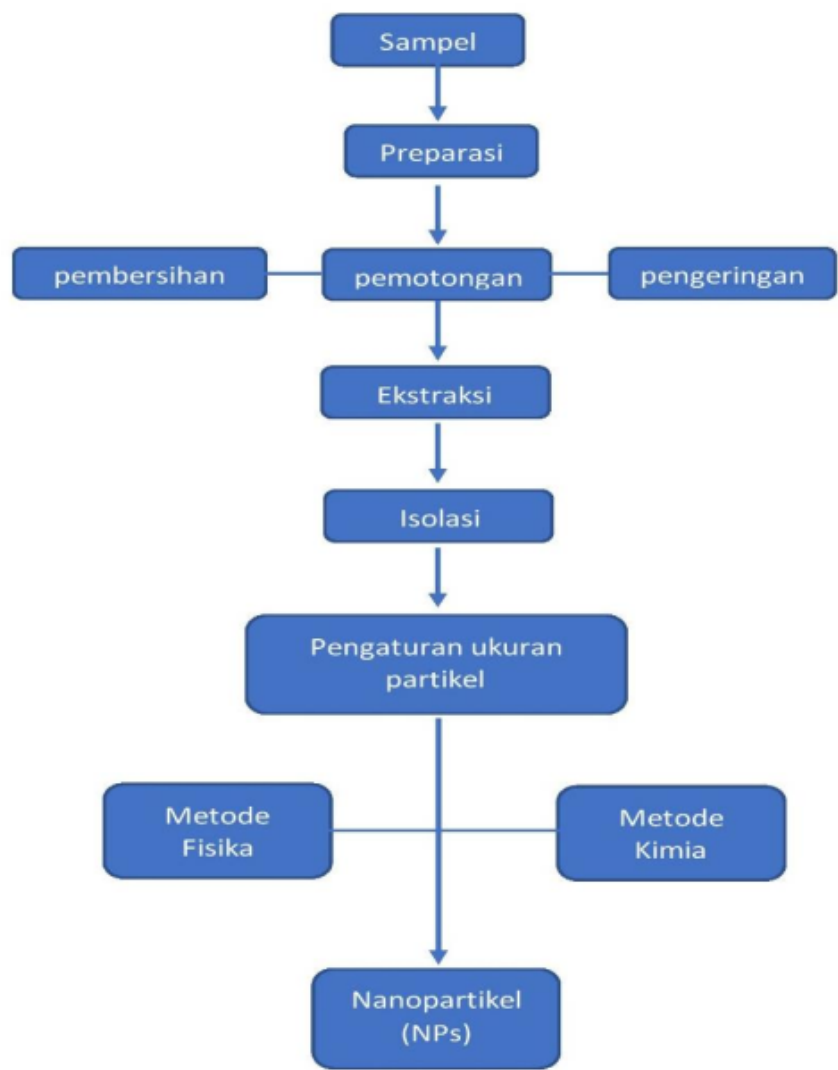
Material nano dalam kategori organik yang dimaksud dalam hal ini berupa senyawa organik yang berasal dari makhluk hidup seperti tumbuhan dan hewan yang selanjutnya dilakukan proses pemisahan senyawa target.

Secara umum dalam membentuk material organik menjadi material nano dipengaruhi oleh sistem atau karakteristik sampel. Kompleksitas sampel akan menentukan prosedur kerja yang akan dilakukan namun dalam gambaran umum dapat dijelaskan melalui Gambar 6.1 dibawah berikut.

Sebagai contoh dalam beberapa artikel ilmiah banyak bahan herbal alami yang dilakukan proses pembuatan partikel dengan ukuran nano. Sebagai contoh dalam bidang kefarmasian obat-obatan dengan ukuran nano akan lebih efektif dalam melakukan fungsinya karena sangat mudah diserap dibandingkan dengan obat-obatan bentuk bulki. Tentu hal ini akan berpengaruh terhadap respons obat tersebut atau dengan kata lainnya obat tersebut (dengan ukuran nano) akan cepat memberikan efek.

Tidak hanya dalam bidang kefarmasian saja namun tentu juga dalam berbagai bidang seperti yang telah dijabarkan diatas. Material nano dengan kategori organik material banyak diaplikasikan dalam bidang kesehatan seperti halnya sebagai antidepresi, anticancer, sampai pada

antibakteri. Beberapa contoh material nano organik tersebut yaitu hasil ekstrak andaliman, ekstra mengkudu, dan bakteri selulosa.



Gambar 5.1 Prosedur Pembuatan Nanomaterial Organik

Pada beberapa hasil penelitian yang terdapat pada jurnal internasional bereputasi didapatkan penjelasan

beberapa bahan organik dengan ukuran material nano dan proses pembentukannya.

1. Selulosa Nanopartikel

Selulosa merupakan polimer alami yang memiliki jumlah yang sangat banyak di Indonesia. Terkhusus bersala dari tumbuh-tumbuhan seperti tandan kosong kelapa sawit. Pada umumnya selulosa terbagi atas tiga jenis yang mencakup Nanoselulosa kristal, nanoselulosa fiber, dan bakteri selulosa. Ketiga jenis ini memiliki perbedaan sifat dan pemanfaatan yang ebrbeda-beda. Nanoselulosa Fibril (NCF) merupakan salah satu bagian dari biopolymer selulosa yang dapat dimodifikasi bagian permukaanya dengan mengubah bentuk kedalam nanomaterial . Tandan kosong kelapa sawit selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal padahal memiliki potensi dan jumlah yang sangat besar. Tandan kosong ini akan diolah menjadi bahan selulosa dan selanjutnya dijadikan nanoselulosa fibril (CNFs) menggunakan metode mekanik high pressure homogenization-microfluidation-high intensity mechanical grinding (Masuko Grinder). Pada penelitian ini sumber nanoselulosa diperoleh dari pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit. Hal ini didasari dari hasil penelitian yang menyatakan bahwa kadar selulosa dalam tandan kelapa sawit berkisar antara 30-40%. NCF ini memiliki ukuran lebar sebesar 5-50 nm dan panjang 0,2-2 μm . NCF memiliki sifat fleksibel, stabilitas dan daya tahan terhadap suhu, biocompatibility dan merupakan zat non toksik

sehingga aman digunakan dalam aplikasinya dalam bidang kesehatan.

a. Nanoselulosa fiber (NCF)

NCF adalah salah satu bagian dari beberapa jenis nanoselulosa seperti nanoselulosa kristal dan bakteri selulosa[5]. Metode pembuatan nanoselulosa telah banyak dilaporkan dalam artikel penelitian pada jurnal internasional dan juga telah dilakukan modifikasi pada material ini untuk meningkatkan daya adsorbsinya. Modifikasi yang banyak dilakukan yaitu dengan melakukan komposit oksida logam dengan nanoselulosa NCF/LxOy. Pemilihan NCF dilakukan karena memiliki keunggulan sifat fleksibilitas, luas permukaan, dan juga telah banyak dikembangkan dalam preparasi (*pretreatment biomass*), Isolasi, serta modifikasi .

Pada penelitian ini sumber nanoselulosa yang akan diekstraksi dan diisolasi berasal dari limbah tandan kosong kelapa sawit. Validasi data spesies tumbuhan kelapa sawit yang dihasilkan diperoleh dari pengujian laboratorium Herbanense Universitas Sumatera Utara. Berdasarkan penelitian sebelumnya menunjukan bahwa kandungan selulosa pada tandan kosong kelapa sawit berkisar antara 30-40 % b/b. Hal ini merupakan salah satu dasar pemilihan sumber selulosa dan diharapkan dengan penelitian ini maka limbah tandan kosong kelapa sawit dapat diolah menjadi produk dengan nilai ekonomis lebih tinggi.

b. Sintesis Nanoselulosa Fiber (NCF)

Pada buku ini dibahas salah satu sumber NCF yaitu dari limbah pabrik kelapa sawit. Pemilihan materi ini didasari karena negara Indonesia merupakan salah satu negara terbesar dalam mengekspor CPO (*Crude Palm Oil*) . Tentu hal ini akan menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit. Untuk itu berikut metode pembuatan NCF dari limbah tandan kosong kelapa sawit

Preparasi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit terlebih dahulu disortir dan selanjutnya dilakukan pencucian dan pengeringan. Tandan kosong kelapa sawit kemudian dibersihkan dari pengotor-pengotornya.

Isolasi Nanoselulosa Fibril (NCF) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit selanjutnya dipreparasi dengan mengubah kedalam bentuk partikel halus (serat). Serat tersebut terlebih dahulu dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 40⁰C. Serat kosong selanjutnya dicampurkan dengan campuran toluene dan etanol (2:1 v/v) selama 48 jam pada suhu 50⁰C yang selanjutnya dibersihkan kembali dengan air mendidih dan dikeringkan pada kondisi ruangan. Selanjutnya ditambahkan NaOH 5% untuk (menghilangkan lignin dan hemiselulosa) pada suhu 50⁰C selama 4 jam dan selanjutnya ditambahkan HCl

3,5 M. serta dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan asam. Materi selanjutnya digrinder menjadi bentuk pulp serta selanjutnya dicuci dengan larutan alkali dan dihidrolisis dengan asam 5M.

Pulp hasil hidrolisis selanjutnya dibleecing dengan perbandingan serat dengan pelarut dengan perbandingan 25:1 (perbandingan massa). Pelarut pemutih merupakan campuran antara NaClO_2 dan asam asetat glacial dengan perbandingan 4:1. Proses bleecing dilakukan selama 2 jam pada suhu 60°C . Proses pemutihan diulangi dengan menggunakan pemutih sebesar $\frac{1}{2}$ dari semula. Setelah proses bleecing serat kemudian dicuci dengan menggunakan aquadest sampai pada pH netral 7. Suspensi putih dihomogenisasikan dengan Ultra Turrax Homogenizer pada rotasi 12000 rpm selama 2 jam.

b. Nanoselulosa Kristal (NCC)

Nanokristal merupakan salah satu bagian dari nanoselulosa yang memiliki bentuk batang yang kaku. Ukuran partikel nano kristalin selulosa (NCC) pada umumnya memiliki lebar sekitar 2-30 nm dan panjang sampai ratusan nm yang terbentuk disaat hidrolisis dengan asam dimana daerah amorf yang tidak berbentuk kristal dan cenderung fiber akan terpisah sehingga akan dengan mudah memisahkan kristal dan fiber dari selulosa. Pemotongan ini lah yang bertanggung jawab dalam emnentukan panjang dari NCC. Berikut beberapa hasil hidrolisis asam dalam menghasilkan NCC

Tabel 5.1
Nanoselulosa Kristal NCC dengan Variasi Metode
Preparasi

Sumber	Preparasi	Panjang	Lebar
Jerami	Hidrolisis Asam Sulfat	70-200	5-15
Serat Karung	Hidrolisis Asam Sulfat	100-300	3-5
Valonia	Hidrolisis Asam Sulfat	1000-2000	10-20
Tunica	Hidrolisis Asam Sulfat	>1000	10-20
Kayu	Hidrolisis Asam Sulfat	100-300	3-5
Bakteri	Hidrolisis Asam Sulfat	100-1000	10-20
Bakteri	Hidrolisis Asam Klorida	160-420	15-25
Kapas	Hidrolisis Asam Klorida	100-150	5-10

Sintesis Nano Kristal (NCC)

Pada buku ini sumber NCC diambil dari limbah pengolahan tebu yaitu berupa ampas tebu. Hal ini didasari bahwa Indonesia kaya akan kebun tebu yang digunakan sebagai penhasil utama gula sehingga secara otomatis juga akan menghasilkan limbah ampas tebu yang tidak sedikit. Prosedur pengolahannya yaitu sebagai berikut:

Ampas tebu dapat diperoleh dari hasil pembuatan minuman air tebu. Ampas tebu tersebut selanjutnya dibersihkan dan dikeringkan. Hasil pengeringan tersebut selanjutnya dipotong kecil-kecil dan diblender hingga membentuk serbuk. Serbuk tersebut selanjutnya dihidrolisis dengan menggunakan asam nitrat dengan konsentrasi 3,5%. Dan dipanaskan pada suhu 90⁰C selama 120 menit. Ampas tersebut kemudian dicuci dan disaring dan dilakukan bleaching dengan menggunakan NaOCl 3,5% dan dipanaskan selama 10 menit. Proses selanjutnya adalah pemurnian selulosa yaitu dengan menambahkan NaOH dengan konsentrasi 17,5 % dan dipanaskan pada suhu 80⁰C selama 30 menit. Hasilnya selanjutnya dicuci bersih dan disaring. Proses bleaching dilakukan Kembali dengan penambahan Natrium Hipoklorit 3,5% dan dipanaskan sampai mendidih selama 5 menit. Residu selanjutnya dinetralkan keasamannya dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60⁰C. Untuk proses isolasi dari NCC yaitu Serbuk yang sudah diperoleh dari prosedur diatas selanjutnya dihidrolisis dengan asam sulfat 50% dengan perbandingan 1:25 selama 30 menit pada suhu 45⁰C. Proses selanjutnya yaitu dengan penambahan akuadest sdengan perbandingan 1:10 kali dari ekstrak tersebut. Proses selanjutnya yaitu dengan mengatur keasaman samapai apda pH 6 dan disinikasi untuk homogenisasi NCC.

c. Bakteri Nanoselulosa (BNC)

Selain dari tumbuhan sumber selulosa lainnya berasal dari bakteri selulosa. Bakteri selulosa (BC) merupakan material yang dihasilkan dari sintesis ekstraseluler bakteri seperti *Acetobacter*, *Azotobacter*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas*, *Salmonella* dan *Sarcina ventriculi*. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis bakteri yang paling efektif dan banyak digunakan sebagai sumber BC adalah jenis *Acetobacter xylinum*, *Gluconacetobacter xylinum*, *Gluconacetobacter hansenii*, dan *Gluconacetobacter pasteurianus* (Sharma et al. 2019).

Penggunaan BC sebagai sumber selulosa memiliki banyak keuntungan seperti ramah lingkungan (tidak menggunakan asam yang bersifat korosif seperti pada pengolahan dari sumber kayu/tumbuhan), proses sintesis sangat sederhana hanya menggunakan konsep fermentasi yang membutuhkan pencampuran antara bakteri dan nutrient untuk menghasilkan selulosa dengan tingkat kemurnian yang tinggi dengan menggunakan metode pemisahan dalam kondisi basa (*alkali treatment*) (Vasconcelos et al. 2017). Keunggulan lainnya adalah porositas yang tinggi, kapasitas ketidaklarutan dalam air yang tinggi, densitas yang rendah, kekuatan mekanik yang tinggi dalam kondisi basah, biokompabilitas, tidak beracun, dan dapat terurai di alam (Torres, Arroyo, and Troncoso 2019).

Pengembangan BC telah banyak dikembangkan dalam bentuk produk yang diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti pembalut luka (*wound dressing*), system pengantar obat (*drug delivery system*), pelapis kornea, pelapis gigi, jaringan tulang, dan biosensor (Picheth et al. 2017). Pada penelitian ini BC diaplikasikan dan dikembangkan sebagai bahan dasar atau matriks dari enzim yang akan dikembangkan sebagai biosensor glukosa dalam sampel darah dan air mata.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil biosintesis selulosa dari bakteri menghasilkan jenis serat (*nanofibrils*) dengan lebar dan panjang masing-masing sebesar 2-4 nm dan 100 nm. BC yang dihasilkan dalam bentuk microfibril dapat diubah kedalam bentuk bakteri nanokristal dengan menggunakan metode yang hampir sama dengan pengelolaan pada tumbuhan yaitu menggunakan metode hidrolisis asam (Sharma et al. 2019).

Tahapan biosintesis merupakan bagian yang sangat penting dalam menghasilkan kualitas kemurnian BC dalam tahap pemisahannya. Proses biosintesis oleh bakteri didasari dari metabolisme bakteri yang akan menghasilkan senyawa ekstraseluler selulosa dengan mengkonsumsi nutrient dalam wadah. Beberapa nutrient yang sering digunakan dalam pembiakan bakteri ini adalah glukosa (Zhang et al. 2016). Namun dalam beberapa penelitian menunjukkan bahwa glukosa memiliki kekurangan yaitu tingkat kemurnian

selulosa yang dihasilkan sangat kecil sehingga dalam penelitian ini nutrient yang akan digunakan adalah fruktosa karena memiliki tingkat kemurnian selulosa yang dihasilkan lebih tinggi (Castro et al. 2012).

Bakteri yang menjadi sumber selulosa yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri *Acetobacter xylinum*. Bakteri ini merupakan bakteri yang mampu memproduksi selulosa paling optimal. Pada saat ini bakteri *Acetobacter xylinum* dikenal sebagai *Komagataeibacter xylinus* yang merupakan bagian dari jenis bakteri asam asetat (AAB) (Castro et al. 2012; Zhang et al. 2016; Škraban et al. 2018).

Sintesis Bakteri Selulosa

Dalam buku ini akan diberikan penjelasan mengenai prosedur memproduksi nanoselulosa dengan menggunakan bakteri dan limbah cair tahu. Pemilihan ini didasari pemanfaatan limbah cair tahu dari industry skala rumah tangga yang tidak bernilai ekonomis tinggi dan cenderung akan merusak ekosistem air sungai karena akan menyebabkan naiknya kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) jika langsung dibuang keair sungai oleh pelaku usaha. Berikut prosedur sintesis nanoselulosa dengan bakteri *Acetobacter Xylinum*.

Sebanyak 1 liter campuran limbah cair tahu dan air kelapa dengan perbandingan 75% : 25% atau 50% : 50% diperlakukan. Campuran limbah cair tahu dan air kelapa tersebut diaduk dan disaring. Hasil campuran

tersebut yang berfungsi sebagai media atau substrat. Selanjutnya Substrat dimasukkan ke dalam gelas piala 5 liter, kemudian ditambahkan gula pasir 25 gr/liter, urea 2 gr/liter, asam asetat glasial (kadar 25%) sebanyak 2% (15 ml/liter) sampai pH 4. Diaduk hingga homogen dengan magnetic stirrer dan didihkan selama 10 menit. Lalu didinginkan hingga suhu dibawah 40oC kemudian ditambahkan bibit *Acetobacter xylinum* cair sebanyak 100 ml/liter, lalu diaduk. Kemudian dituang larutan kedalam nampan plastik bersih, steril, kedalaman substrat 2 cm, lalu ditutup kertas koran bersih agar tak terkena debu. Diinkubasi/diperam selama 8 – 10 hari, pada suhu kamar, tanpa digoncang. Setelah 8 hari dilakukan pemanenan dan diperoleh BC basah. Setelah dilakukan sintesis BC, maka selanjutnya dilakukan penghitungan ketebalan dan rendemen. BC basah direbus dalam air mendidih selama 20 menit. Kemudian dicuci beberapa kali dengan aquades hingga netral. Lalu dipress hingga kandungan airnya berkurang. BNC diperoleh melalui proses hidrolisis asam kuat menggunakan asam sulfat dan asam lemah menggunakan asam fosfat. Prosedur dengan asam kuat sebagai berikut:

Hidrolisis Dengan Asam Kuat

(H₂SO₄) konsentrasi 36% dengan perbandingan 1:160 berat kering dalam air. Serbuk BC dicampurkan dengan air dan dilakukan stirring overnight selama 1 malam pada suhu kamar. Kemudian asam sulfat

ditambahkan secara perlahan-lahan sambil diaduk kencang dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 500 rpm sampai asam sulfat habis. Selama penambahan asam, penangas es digunakan untuk menjaga suhu dibawah 20°C. Setelah penambahan asam selesai, reaksi diatur pada suhu 50°C dan dipertahankan selama 3,5 jam sambil diaduk dengan magnetic stirrer. Suspensi kemudian didinginkan dan disentrifugasi sekaligus pencucian untuk menghilangkan asam pada kecepatan 10000 rpm selama 15 menit sebanyak empat sampai lima kali. Untuk mencapai netral, suspensi kemudian didialisis selama 3 – 4 hari di dalam aquadest, lalu dilakukan ultrasonikasi selama 10 menit. BNC yang diperoleh selanjutnya dilambangkan dengan BNC-S.

Hidrolisis Dengan Asam Lemah

Hidrolisis BC menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) konsentrasi 62% dengan perbandingan 1:370 berat kering dalam air. Serbuk BC dicampurkan dengan air dan dilakukan stirring overnight selama 1 malam pada suhu kamar. Kemudian asam fosfat ditambahkan secara perlahan-lahan sambil diaduk kencang dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 500 rpm sampai asam fosfat habis. Selama penambahan asam, penangas es digunakan untuk menjaga suhu dibawah 20°C. Setelah penambahan asam selesai, reaksi diatur pada suhu 70°C dan dipertahankan selama 3,5 jam sambil diaduk dengan magnetic stirrer.

Suspensi kemudian didinginkan dan disentrifugasi sekaligus pencucian untuk menghilangkan asam pada kecepatan 10000 rpm selama 15 menit sebanyak empat sampai lima kali. Untuk mencapai netral, suspensi kemudian didialisis selama 3-4 hari di dalam aquadest, lalu dilakukan ultrasonikasi selama 10 menit. BNC yang diperoleh selanjutnya dilambangkan dengan BNC-P.

2. Parasetamol Nanopartikel

Paracetamol adalah obat yang dapat digunakan untuk mengobati rasa sakit dari kondisi ringan hingga sedang. Beberapa kondisi yang dapat diatasi oleh paracetamol adalah sakit kepala nyeri haid, sakit gigi, nyeri sendi, nyeri selama flu, dan demam. Konsumsi obat ini perlu diperhatikan dengan baik karena jika dalam dosis yang tidak tepat akan memberikan efek negative dalam tubuh seperti Demam, Muncul ruam kulit yang terasa gatal, Sakit tenggorokan, Muncul sariawan, Nyeri punggung, Tubuh terasa lemah, Kulit atau mata berwarna kekuningan, Timbul memar pada kulit, Urine berwarna keruh atau berdarah, Tinja berwarna hitam atau BAB berdarah.

Pada saat ini telah banyak dikembangkan produk obat ini dalam hal efektifitasnya yaitu dengan mengubah struktur parasetamol menjadi struktur yang lebih kecil seperti mikro parasetamol atau sekitar 1 juta kali lebih kecil dari skala meter bahkan pada ukuran nano atau 1 milyar kali lebih kecil dari skala umum yaitu meter. Pengubahan ini ditujukan agar lebih mudah diserap dalam

tubuh dan tentukan memberikan efektivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan bentuk normal atau bulki.

Perubahan bentuk parasetamol menajdi bentuk nanomaterial telah menghasilkan perubahan sifat yang berarti seperti dalam penelitian berikut:

a. Kelarutan (*Solubility*)

Kelarutan dipengaruhi oleh suhu dan bentuk molekul dari material. Berikut data hasil penelitian perubahan sifat kelarutan dari parasetamol dalam kondisi nanopartikel.

Tabel 5.2
Perubahan Kelarutan Parasetamol NPs

<i>t</i> (°C)	<i>T</i> (K)	<i>x</i> _{par} (exp)	<i>a</i> _{par}	γ _{par}	<i>x</i> _{par} (calcul)
0.0	273.2	8.5852 × 10 ⁻⁴	0.049	56.940	8.0501 × 10 ⁻⁴
5.0	278.2	9.7748 × 10 ⁻⁴	0.053	54.605	9.5277 × 10 ⁻⁴
10.0	283.2	1.1238 × 10 ⁻³	0.058	51.897	1.1252 × 10 ⁻³
15.0	288.2	1.3057 × 10 ⁻³	0.064	48.834	1.3262 × 10 ⁻³
20.0	293.2	1.5208 × 10 ⁻³	0.070	45.862	1.5597 × 10 ⁻³
25.0	298.2	1.7726 × 10 ⁻³	0.076	43.057	1.8308 × 10 ⁻³
30.0	303.2	2.0682 × 10 ⁻³	0.084	40.397	2.1446 × 10 ⁻³
7.8	280.92	1.0200 × 10 ⁻³	0.056	54.957	1.0450 × 10 ⁻³
29.1	302.26	2.0000 × 10 ⁻³	0.082	41.106	2.0854 × 10 ⁻³
48.7	321.83	3.8900 × 10 ⁻³	0.117	30.172	3.8094 × 10 ⁻³
9.9	283.0	1.1880 × 10 ⁻³	0.058	48.960	1.1197 × 10 ⁻³
19.9	293.0	1.7000 × 10 ⁻³	0.070	40.915	1.5522 × 10 ⁻³
24.9	298.0	1.9000 × 10 ⁻³	0.076	40.060	1.8220 × 10 ⁻³
29.9	303.0	2.3000 × 10 ⁻³	0.083	36.226	2.1345 × 10 ⁻³
34.9	308.0	2.6000 × 10 ⁻³	0.091	35.090	2.4959 × 10 ⁻³
39.9	313.0	3.0000 × 10 ⁻³	0.100	33.307	2.9128 × 10 ⁻³
5.0	278.2	9.6321 × 10 ⁻⁴	0.053	55.414	9.5277 × 10 ⁻⁴
10.0	283.2	1.0857 × 10 ⁻³	0.058	53.716	1.1252 × 10 ⁻³
15.0	288.2	1.2747 × 10 ⁻³	0.064	50.018	1.3262 × 10 ⁻³
20.0	293.2	1.4542 × 10 ⁻³	0.070	47.960	1.5597 × 10 ⁻³
25.0	298.2	1.7821 × 10 ⁻³	0.076	42.827	1.8308 × 10 ⁻³
30.0	303.2	2.0646 × 10 ⁻³	0.084	40.466	2.1446 × 10 ⁻³
35.0	308.2	2.4727 × 10 ⁻³	0.091	36.997	2.5075 × 10 ⁻³
40.0	313.2	2.9409 × 10 ⁻³	0.100	34.069	2.9263 × 10 ⁻³
0.0	273.2	8.0995 × 10 ⁻⁴	0.049	60.355	8.0501 × 10 ⁻⁴
10.0	283.2	1.0974 × 10 ⁻³	0.058	53.144	1.1252 × 10 ⁻³
20.0	293.2	1.5047 × 10 ⁻³	0.070	46.350	1.5597 × 10 ⁻³
30.0	303.2	2.0834 × 10 ⁻³	0.084	40.103	2.1446 × 10 ⁻³
40.0	313.2	2.9071 × 10 ⁻³	0.100	34.466	2.9263 × 10 ⁻³
50.0	323.2	4.0816 × 10 ⁻³	0.120	29.456	3.9634 × 10 ⁻³

(Letellier et al. 1976)

Dari aspek kelarutan menunjukkan bahwa material parasetamol NPs memiliki kelarutan yang lebih baik dari bentuk bulki. Perhitungan kelarutan adalah dilakukan untuk partikel sferis berjari-jari 1–50 nm serta untuk partikel silindris memanjang berbagai aspek rasio. Ketergantungan ukuran energi antarmuka memberikan kelarutan maksimal untuk bola nanopartikel dari beberapa radius kritis. Prediksi kelarutan nanopartikel silinder lebih besar dari untuk nanopartikel bulat dengan volume yang sama karena rasio permukaan-ke-volume yang lebih tinggi dan lebih tinggi energi antarmuka rata-rata yang sesuai dengan perubahan morfologi partikel yang bergantung pada bentuk material.

b. Titik leleh

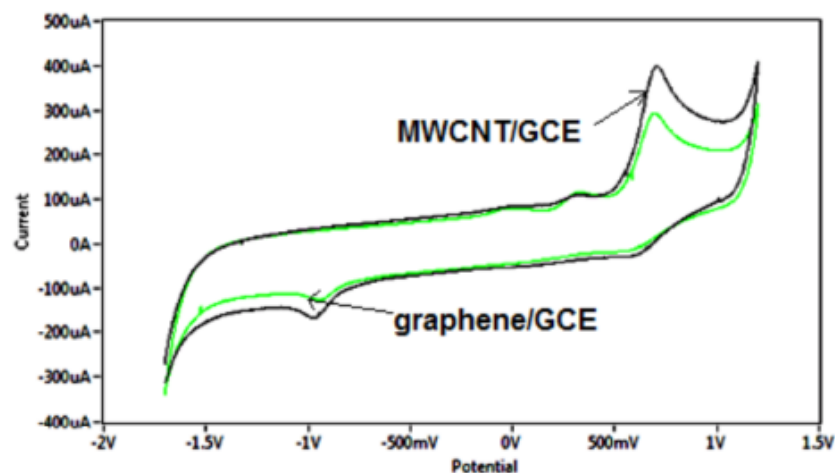
Nilai titik leleh material parasetamol NPs juga memiliki perubahan. Pendekatan termodinamika digunakan untuk prediksi kuantitatif pengaruh ukuran dan bentuk nanopartikel parasetamol. Sebuah analisis menyeluruh dari data eksperimental yang diterbitkan tentang sifat lelehnya dilakukan dan ketergantungan suhu dari koefisien aktivitas pembatas parasetamol di larutan air jenuh dinilai. Selanjutnya, kondisi kesetimbangan untuk struktur nano kelarutan parasetamol diturunkan dengan mempertimbangkan berbagai bentuk partikel nano dan ukuran yang bergantung energi antarmuka pada antarmuka parasetamol padat/larutan cair. Dari parameter titik leleh menunjukkan bahwa perubahan dari titik leleh

parasetamol dipengaruhi banyak faktor. Seperti bentuk dari nanomaterial tersebut. Terjadi perbedaan antara bentuk silindris atau spheric.

c. Sifat elektrokimia

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat perubahan sifat elektrokimia dari parasetamol NPs. Seperti yang dilakukan oleh Karim dkk (2021) yaitu dengan menggunakan elektroda karbon termodifikasi untuk mengukur sifat elektrokimia dari parasetamol NPs. Hasil penelitian tersebut menunjukkan data sebagai berikut:

Sifat elektrokimia dari material parasetamol NPs diukur dengan menggunakan voltametri siklik untuk melihat apakah terjadi reaksi reduksi atau oksidasi pada material tersebut jika dialirkan listrik. Data voltametri siklik ditampilkan dalam gambar berikut

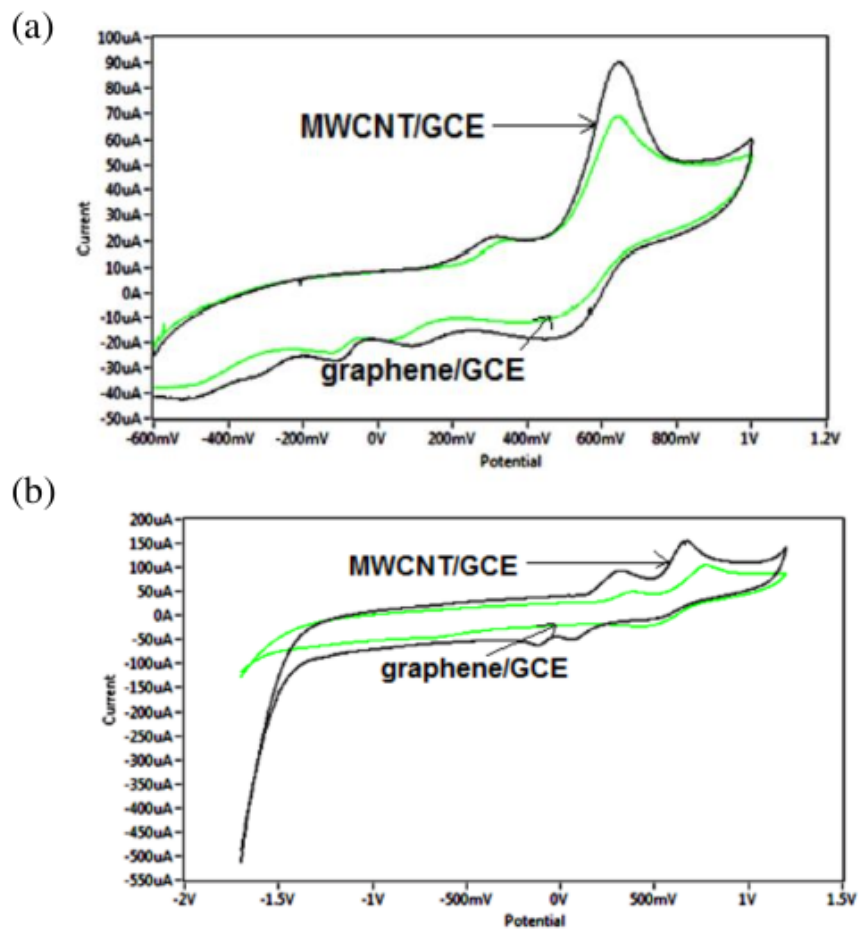


Gambar 5.2

Volatmmogram siklik dengan elektroda
MWCNT/GCE dan Graphene/GCE pada Parasetamol
NPs

Pada peneltiian diatas menunjukkan sifat reduksi dan oksdasi dari parasetamol NPs yang diukur dengan menggunakan elektroda yang berbeda. Kesimpulan percobaan diatas diperoleh bahwa elektroda yang lebih baik dalam menentukan respon elektrokimia parasetamol adalah elektroda MWCNT/GCE dibandingkan dengan menggunakan elektroda Graphena/GCE.

Dari sifat elektrokimia, hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan responsi yang jelas dari ketiga jenis parasetamol dalam pengujian. Yaitu dengan menggunakan parasetamol bulki dengan ukuran partikel 186 mikrometer, parasetamol mikro dengan ukuran partikel 4-9 mikrometer dan parasetamol nano. Ketiga jenis tersebut menunjukkan perbedaan sifat elektrokimia yang jelas berbeda. Perhatikan Gambar di bawah berikut. Voltammogram menunjukkan bahwa sifat elektrokimia dari ketiga jenis parasetamol di atas berbeda yaitu pada partikel nano memiliki sifat elektrokimia yang lebih baik. Hal ini terlihat dari gambar yang menunjukkan sifat reduksi dan oksidasi dari parasetamol NPs lebih baik dibandingkan dengan gambar atau voltammogram parasetamol bulki (gambar 5.3 (a)) dan parasetamol mikro (gambar 5.3 (b)).



Gambar 5.3

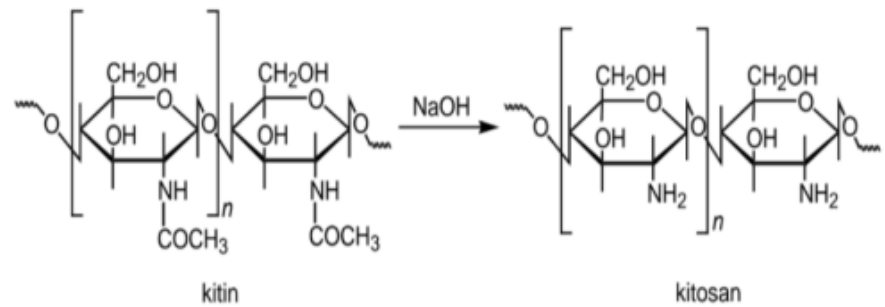
Voltammogram siklik dengan elektroda MWCNT/GCE dan Graphene/GCE pada (a) bulki parasetamol 186 μm dan (b) mikro parasetamol 4-9 μm (Kareem, Radhi, and Moosa 2021)

3. Kitosan Nanopartikel

Kitosan merupakan biopolymer alami yang terbentuk dari kitin. Sumber utama kitosan ini paling banyak berasal dari limbah kulit udang. Pelepasan gugus asetil dari kitin akan membentuk senyawa kitosan dengan gugus luar menjadi amina (NH_2). Perhatikan gambar 6.4 berikut. Perbedaan struktur terlihat dari gugus asetil di

kitin sudah tidak terlihat dari struktur kitosan. Dalam analisa identifikasi perubahan gugus ini dapat dikonformasi dengan menggunakan spectroscopy infra red. Vibrasi yang muncul pada spectrogram gugus asetil tidak akan terlihat pada senyawa kitosan.

Senyawa kitosan memiliki sifat yang lebih mudah larut dalam air jika dibandingkan dengan senyawa kitin. Hal ini menjadi dasar kebanyakan aplikasi kitosan lebih banyak dalam bidang kesehatan seperti kefarmasian, industry kertas, pangan, kosmetika, tekstil, koagulan, pengkelat dan lain sebagainya dibandingkan dengan senyawa kitin.



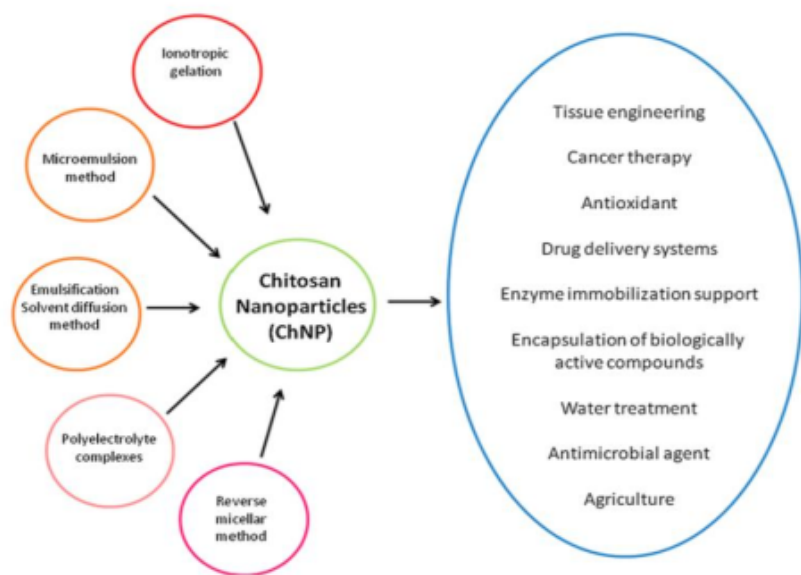
Gambar 5.4 Proses pembentukan Kitosan

Senyawa kitosan juga sama dengan senyawa nanoselulosa dalam bidang toksisitasnya. Kedua senyawa tersebut sama-sama aman atau tidak beracun dan atau daya racun rendah jika mengacu pada filsafat ilmuwan Yunani Paracelsus yang menyebutkan bahwa semua materi memiliki daya racun tersendiri. Yang membedakan racun dan obat itu sendiri hanyalah dosis.

Sifat non toksik atau toksisitas yang rendah, biocompatible, biodegradable menyebabkan material ini

banyak sekali digunakan dalam berbagai bidang terutama dalam bidang kefarmasian yang dapat diolah menjadi material baru yang berperan sebagai pengantar obat (*drug delivery*), antibakteri dengan membentuk komposit dan banyak bidang lainnya yang memanfaatkan biopolymer ini.

Penelitian Divya K (2017) dengan judul *Chitosan Nanoparticles Preparation and Applications* menunjukkan bahwa material khitosan saat ini banyak dikembangkan aplikasinya dalam berbagai bidang. Bidang tersebut antara lain dapat sebagai material penyusun jaringan, terapi penyakit kanker, antioksidan, pengantar obat, imobilisasi enzim, encapsulasi senyawa aktif dala material, sebagai material adsorben pada pengolahan air, antimikroba dan aplikasinya dalam bidang pertanian.



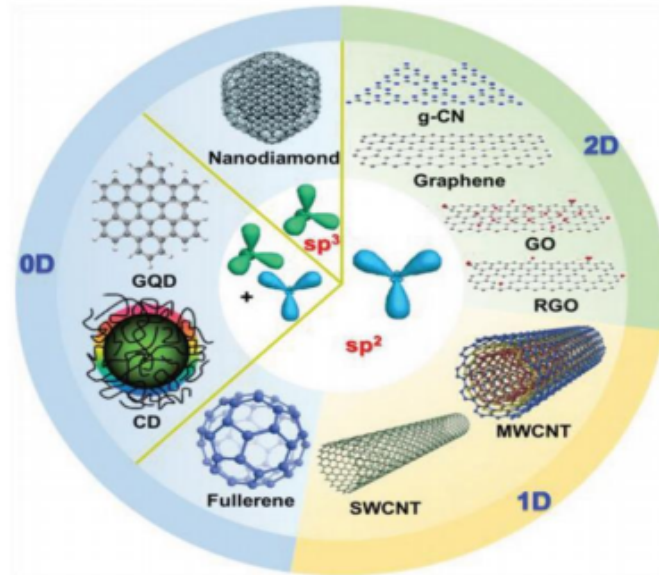
Gambar 5.5
Aplikasi material nanokhitosan
(Ranjbar and Yousefi 2018)

4. Nanomaterial Non organik

Material nano non organic merupakan partikel logam atau oksida logam yang memiliki ukuran partikel berkisar antara 1-100 nm. Sebagian besar partikel nano merupakan material logam/oksida logam. Proses pembentukan material ini jika dibandingkan dengan material organik lebih mudah. Hal ini disebabkan karena material ini tidak rentan mengalami kerusakan seperti halnya senyawa organik yang perlu penanganan yang lebih hati-hati. Seperti halnya pemelihan suhu reaksi, asam yang digunakan dalam hidrolisis dan lain sebagainya.

Proses pembuatan material nano logam/oksida logam secara umum dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan prinsip kimia dan prinsip fisika. Berbeda halnya dengan nanopartikel organik yang cenderung dengan menggunakan prinsip kimia. Pada buku ini akan dibahas bagaimana proses pembuatan atau sintesis partikel nano senyawa non organik yang meliputi logam atau oksida logam dan memiliki aplikasi dalam bidang kesehatan.

5. Karbon NPs



Gambar 5.6
Variasi bentuk Karbon NPs (Xin et al. 2019)

Karbon merupakan unsur metaloid yang memiliki sifat sebahagian logam dan non logam. Material ini di alam dapat berbentuk atom maupun dalam bentuk senyawa. Atom ini memiliki jumlah electron, proton, dan neutron yang sama yaitu 6 dalam kondisi normalnya (bukan isotop karbon). Sumber alami karbon di alam sangat besar. Setiap makhluk hidup memiliki unsur penyusun karbon tidak hanya tumbuhan, hewan bahkan manusia sendiri memiliki kadar karbon yang sangat besar. Karbon dalam hal ini banyak terbentuk dalam bentuk senyawa organik seperti lemak, protein, polisakarida, dan lain-lain.

Karbon dapat membentuk alotrop sp^2 dan sp^3 dengan ikatan sesama individu atom karbon tersebut.

Ikatan tersebut dapat berupa bentuk silindris (karbon nanotube), lapisan atau layer (grafit dan graphene), dan seperti bola (Fullerene). Masing-masing material tersebut memiliki potensi yang berbeda-beda dalam aplikasi yang berbeda-beda pula.

Penelitian saat ini mengenai karbon NPs sangat berkembang seperti karbon dot, grafit, dan graphene. Aplikasi dari material ini memiliki cakupan yang sangat luas namun secara spesifik akan dikhususkan dalam bidang kesehatan pada buku ini. Seperti halnya sebagai anti bakteri atau anti mikroba. Aplikasi penggunaan karbon nanomaterial ini sebagai contoh dapat berupa kertas berbasis antimikroba, pembuatan kain anti mikroba, dan penyembuhan luka.

Beberapa material karbon NPs yang akan dibahas dalam buku ini ada akan dikhususkan menjadi dua yaitu material graphene dan karbon dot NPs. Hal ini disebabkan karena aplikasi dari kedua material ini banyak sekali digunakan dalam bidang kesehatan.

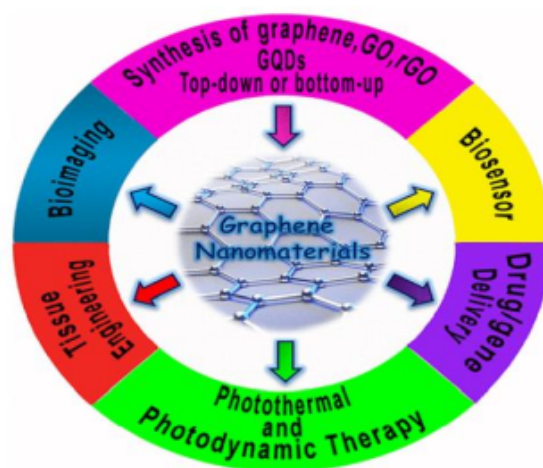
a. Graphena

Karbon merupakan unsur paling unik didunia ini. Beberapa material yang sama-sama hanya memiliki elemen atom karbon dapat memiliki sifat yang sangat berbeda, mulai dari arang yang tidak berharga hingga intan yang mahal harganya. Terlebih lagi jika ukuran karbon diperkecil hingga menjadi nanopartikel, yaitu partikel dengan ukuran dibawah 100 nanometer. Satu nanometer setara dengan 1/1.000.000.000 meter. Telah banyak dikembangkan nanopartikel berbahan dasar

karbon yang dikenal hingga saat ini, seperti carbon nanotubes (CNT), graphene, fullerene dan yang terakhir adalah carbon dots (karbon dot), merupakan kristal atom Karbon dua dimensi (2D) yang mulai dikembangkan sejak awal abad ke 20 oleh ilmuwan MIT Andre K Geim dan Konstantin Novoselov. Hasil penelitian mengenai material ini mencakup parameter kimia dan fisika seperti mekanik kekakuan, kekuatan dan elastisitas, konduktivitas listrik dan termal yang sangat tinggi, dan banyak parameter lainnya. Sifat-sifat ini menunjukkan bahwa graphene bisa menggantikan bahan lain dalam aplikasi tertentu.

Graphene merupakan lapisan karbon mono sheet yang berbeda dengan grafit. Grafit merupakan lapisan karbon multi sheet yang selanjutnya dapat dimodifikasi menjadi graphene. Namun hal ini bukanlah serta merta jalan utama dalam membentuk material graphene dapat juga dengan menggunakan beberapa metode lainnya seperti pada Gambar.

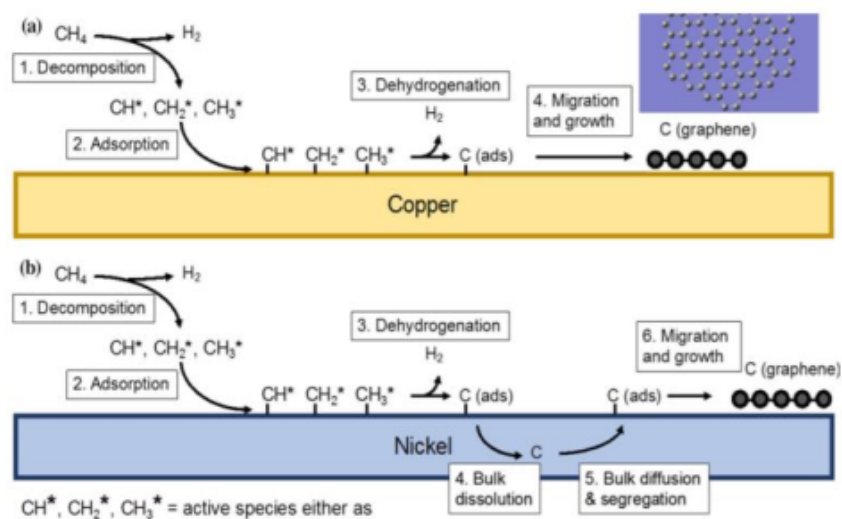
Keunikan sifat graphene dalam banyak parameter diatas tentu juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi tidak hanya sebagai anti mikroba atau anti bakteri namun dapat juga digunakan sebagai drug delivery, biosensor, bioimaging, dan lain sebagainya. Perhatikan gambar Berikut.



Gambar 5.7

Aplikasi Graphena (Liao, Li, and Tjong 2018)

Graphene dapat dibentuk dengan menggunakan berbagai metode seperti halnya dengan bantuan logam tembaga dan nikel yang berperan sebagai substrat



Gambar 5.8

Sintesis Graphena dengan menggunakan media (a) Tembaga dan (b) Nikel (Liao, Li, and Tjong 2018)

Pembuatan graphene juga dapat dilakukan dengan metode LPE (*Liquid Phase Exfoliation*). Metode ini pada umumnya sering digunakan terutama untuk menghasilkan graphene dalam jumlah besar. Hal ini disebabkan metode ini tidak membutuhkan biaya yang besar dan juga sangat mudah melakukannya atau prosedur kerja yang sederhana. Dalam proses pembentukan graphene dilakukan dengan melarutkan grafit pada larutan yang dapat menyebabkan pelemahan ikatan vanderwals antar lapisan karbon (*interlayer*). Ultrasonifikasi merupakan prosedur selanjutnya untuk memisahkan masing-masing lapisan grafit untuk membentuk lapisan graphene. Selanjutnya dilakukan pemurnian untuk meningkatkan persen yield dari graphene baik yang monolayer ataupun dalam bentuk multilayer. Penggunaan surfaktan, pelarut organik dan asam kuat biasanya digunakan untuk menstabilisasikan graphene yang terbentuk pada medianya dapat menyebabkan efek negative pada lingkungan yaitu berupa pencemaran lingkungan. Hal inilah yang menjadi kelemahan dari metode LPE yaitu memberikan efek limbah pada lingkungan.

b. Karbon Dot

Karbon dot ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan Amerika Serikat tahun 2004. Pada perkembangannya karbon dot menjadi salah satu topik penelitian yang sangat menarik, selain karena ukurannya yang sangat kecil, karbon dots juga memiliki sifat berpendar yaitu memancarkan warna

tertentu (biasanya antara biru hingga orange) saat dikenai cahaya ultraviolet. Karbon dots (C-dots) merupakan nanopartikel karbon yang memiliki bentuk 1 dimensi. Karbon ini memiliki sifat dan dapat disintesis dari berbagai sumber karbon. Seperti halnya tempurung kelapa, sekam padi, daun-daunan dan lain sebagainya dengan catatan memiliki kelimpahan unsur karbon yang tinggi. Tantangan dalam mensintesis C-Dots adalah memanfaatkan sumber daya alam sebagai bahan bakunya terutama sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara maksimal seperti halnya limbah daun-daunan tempurung kelapa dan lain sebagainya. Salah satu sumber karbon dot yang dilakukan penelitiannya yaitu sintesis C-Dots dari daun mangga kering dan daun mangga segar. C-Dots yang dihasilkan dari kedua bahan ini berbentuk koloid. Sintesis C-Dots dengan metode bottom up dengan cara radiasi microwave selama 30 menit. Sifat fisis warna C-Dots daun mangga kering menunjukkan warna coklat gelap, sedangkan sifat fisis warna C-Dots daun mangga segar menunjukkan warna kuning terang. C-Dots daun mangga kering memiliki spektrum absorbansi cahaya pada panjang gelombang 290- 433 nm dengan intensitas tertinggi terukur pada panjang gelombang 382 nm. Sedangkan, untuk C-Dots daun mangga segar memiliki spektrum absorbansi cahaya pada panjang gelombang 290-385 nm dengan intensitas tertinggi terukur pada panjang gelombang 351 nm. Spektrum emisi C-Dots juga memperlihatkan

perbedaan antara C-Dots dari daun mangga segar dan daun mangga kering.

Beberapa penelitian di Indonesia dalam mensintesis material ini dilakukan di Pusat Penelitian Fisika LIPI (P2F-LIPI) di Puspiptek Tangerang Selatan. Hasil penelitian ini telah berhasil memanfaatkan berbagai jenis limbah pasar dan rumah tangga dan menghasilkan karbon dot yang dapat berpendar mulai dari warna biru hingga merah. Dengan memanfaatkan limbah seperti kulit buah, sayur, kulit kacang, makanan sisa dan lainnya, peneliti P2F-LIPI mampu menghasilkan nanopartikel karbon dot yang memiliki sifat berpendar yang beragam. Karbon dot yang dikembangkan menggunakan teknik sintesis yang menarik yaitu laser ablasi, yaitu menggunakan laser pulsa berdaya tinggi untuk memecahkan molekul-molekul sehingga menghasilkan material karbon dot dengan ukuran antara 3 hingga 10 nanometer. Peneliti P2F-LIPI juga sedang mengembangkan pemanfaatan karbon dot untuk berbagai aplikasi seperti fotokataki, sensor logam berat, cat berpendar (glowing paint) dan nanopartikel untuk biomedikal seperti bio-tagging. Nanopartikel karbon dot juga dapat dikombinasikan dengan nanopartikel logam sebagai terapi kanker dan penyakit lainnya. Penelitian karbon dot juga dilakukan oleh peneliti-peneliti di kelompok penelitian Laser. Kegiatan lain yang dilakukan dikelompok penelitian laser antara lain penelitian pengujian unsur material

dengan teknik laser plasma spektroskopi, pembuatan nanopartikel ZnO untuk fotokatalis dan kemasan pangan Graphene

6. Emas NPs

Emas merupakan salah satu logam mulia yang sering digunakan sebagai perhiasan. Logam ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena sifatnya yang tahan akan korosi dan memiliki warna yang mengkilap. Logam emas ini memiliki bilangan oksidasi yang beragam hal ini tergantung dari atom lain yang diikat seperti halnya AuCl_3 yang memiliki bilangan oksidasi +3. Pada senyawa lain seperti AuCl_5 memiliki bilangan oksidasi +5. Namun pada kenyataannya bilangan oksidasi emas yang larut dalam larutan (aqueous) adalah emas dengan bilangan oksidasi +1 dan +3.

Pada pembuatan atau sintesis logam ini menjadi bentuk nano banyak cara yang telah dilaporkan dalam penelitian-penelitian yang terdapat pada jurnal/karya ilmiah di tingkat nasional maupun mancanegara. Namun dari keseluruhan metode tersebut perlu dilakukan kajian dalam aplikasinya dengan menggunakan pendekatan sustainability lingkungan. Salah satu cara sintesis material nano material emas dengan pendekatan green chemistry/sustainability lingkungan yaitu dengan cara menggunakan bahan herbal Ketapang. Pemanfaatan ekstrak ini berperan sebagai reduktor dan stabilisator dalam sintesis partikel emas nano.

Secara umum sintesis material ini dilakukan dengan mencampurkan larutan asam tetrakloro aurat (HAuCl_4)

dengan ekstrak tanaman dilanjutkan dengan pemeraman (*aging*) atau teknik percepatan pembentukan lain seperti penggunaan iradiasi gelombang mikro dan sonifikasi. Beberapa penelitian diperoleh bahwa parameter sintesis seperti konsentrasi, pH, waktu interaksi, temperature interaksi, dan lain-lain mempengaruhi morfologi dan ukuran AuNPs dalam sintesis.

Pada prinsip penggunaan ekstrak tanaman ini yaitu adanya keterlibatan senyawa biokatif dari daun Ketapang (*terminalia catappa*), kemungkinan terjadinya reaksi disproporsionasi sehingga dihasilkan nanopartikel emas. Reaksi disproporsionasi adalah reaksi redoks dimana oksidator dan reduktornya merupakan zat yang sama. Jadi sebahagian dari zat itu mengalami oksidasi dan Sebagian lagi mengalami reduksi.

Sifat partikel ini AuNPs sangat unik baik secara fisika dan kimia. Hal ini disebabkan karena ukuran material ini sangat kecil (nano). Sifat tersebut tentu berbeda dengan bentuk makronya. Dalam pengaplikasian material kebanyakan dilakukan kombinasi dengan beberapa material lainnya seperti graphene, selulosa, dan lain sebagainya. Hal ini tergantung pemanfaatan atau tujuan sintesis material tersebut. Sifat nanopartikel dapat dikontrol dan dimodifikasi berupa ukuran bentuk, sifat kimia, serta fungsionalisasi permukaanya. Ukuran partikel dan distribusinya dalam template merupakan karakteristik penting dari sistem nanopartikel emas.

Beberapa kelemahan dalam sintesis ini yaitu dengan bentuk partikel yang sangat kecil maka kemungkinan

terjadinya aglomerasi sangat tinggi, yang tentu akan mengakibatkan terjadinya penurunan fungsi dari partikel tersebut. Hal ini juga menjadi dasar sulitnya penyediaan material ini dalam bentuk kering ataupun larutan. Aglomerasi tersebut menyebabkan nanopartikel emas kehilangan sifat yang berhubungan dengan ukuran nano.

7. Perak NPs

Logam perak telah banyak diteliti dalam perannya sebagai antibakteri terkhusus dalam bentuk nanomaterial. Pembuatan nanomaterial perak dilakukan dengan banyak cara yaitu dari cara fisik maupun kimia. Beberapa literatur yang sudah melakukan penelitian dalam sintesis materi ini menjelaskan bahwa Proses sintesis AgNPs berhasil dilakukan dengan menggunakan teknik kimia atau secara reduksi seperti yang dilakukan oleh Junaidi (2015). Penelitian tersebut berupa sintesis AgNPs pada kitosan sebagai capping agent dan glukosa sebagai agen pereduksi telah dilakukan. Nanopartikel perak disintesis dengan menggunakan metode reduksi kimia selama 1, 2 dan 3 jam pada temperatur titik didihnya. Nanopartikel perak hasil sintesis dikarakterisasi dengan menentukan laju pembentukan, ukuran, morfologi, distribusi ukuran, dan gugus fungsi. Laju pembentukan dianalisis menggunakan spektroskopi UV-Vis. Ukuran, morfologi, dan distribusi ukuran ditentukan menggunakan Transmission Electron Microscope, sedangkan gugus fungsi yang berperan dalam pembentukan AgNPs dianalisis menggunakan spektroskopi FT-IR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AgNPs berhasil disintesis.

Pembentukan AgNPs ditandai dengan adanya puncak serapan khas pada λ_{max} 320-430 nm. Penggunaan agen pereduksi glukosa meningkatkan laju pembentukan AgNPs. distribusi ukuran partikel AgNPs yang dihasilkan berkisar antara 2-16 nm dengan Ukuran partikel rata-rata antara 8-9 nm. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa morfologi AgNPs yang dihasilkan berbentuk sferis. Interaksi AgNPs dengan kitosan terjadi melalui gugus NH_2 , OH , C=O , dan $-\text{C-O-C}-$.

Penelitian lainnya dalam mensintesis AgNPs yaitu dengan memanfaatkan ekstrak bahan alam yang sering disebut sebagai sintesis AgNPs secara green chemistry. Penelitian tersebut menggunakan ekstrak sambiloto. Sintesis nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan ekstrak sambiloto (*Andrographis paniculata*). Dalam rangka pemanfaatan tanaman herbal. Sintesis AgNPs pada penelitian ini menggunakan metode reduksi kimia yaitu mereduksi larutan AgNO_3 dengan ekstrak sambiloto. Pembuatan ekstrak sambiloto yaitu dengan timbang daun sambiloto sebanyak 0,1 gram dan ditambahkan akuades 25 ml kemudian di stirer selama 5 jam. Penelitian ini, yang divariasi yaitu penambahan ekstrak sambiloto sebanyak 5 , 10, 15 ml . kemudian larutan AgNPs yang dihasilkan di karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan Particle size analyzer (PSA). Hasil sintesis nanopartikel perak menggunakan spektrofotometri UV-Vis didapat panjang gelombang maksimum 490,50 nm. dan didapat absorbansi maksimum yaitu sebesar 0,216 nm. Dan dari

hasil pengujian sampe A dengan menggunakan PSA didapatkan ukuran AgNPs yang paling optimum yaitu sebesar 191,2 nm. Nanopartikel perak disintesis dengan menggunakan ekstrak daun sambiloto (*andrographis paniculata*) sebagai agen pereduksi dan stabilisator.

BAB VI

APLIKASI NANOMATERIAL DALAM PENGOBATAN INFEKSI



Penggabungan dan penyebaran resistensi bakteri secara global terhadap antibiotik yang tersedia saat ini menggaris bawahi kebutuhan mendesak akan antibakteri alternatif baru agen. Studi terbaru tentang aplikasi nanomaterial sebagai antibakteri agen telah menunjukkan potensi besar mereka untuk manajemen infeksi penyakit. Di antara nanomaterial antibakteri ini, nanomaterials berbasis karbon telah menarik banyak perhatian karena sifat fisikokimianya yang unik dan biosafety yang relatif lebih tinggi. Berikut ulasan lengkapnya kemajuan penelitian terbaru tentang karbon nanomaterial antibakteri disediakan, mulai dengan deskripsi singkat tentang berbagai jenis karbon nanomaterial sehubungan dengan karakteristik fisikokimia. Kemudian, pengenalan rinci tentang berbagai mekanisme yang mendasari aktivitas antibakteri dalam bahan ini diberikan, termasuk kerusakan fisik/mekanis, stres oksidatif, efek fototermal/fotokatalitik, ekstraksi lipid, penghambatan metabolisme bakteri, isolasi dengan membungkus, dan efek sinergis ketika karbon nanomaterial digunakan dalam kombinasi dengan bahan antibakteri lainnya, diikuti dengan ringkasan pengaruh sifat fisikokimia Karbon nanomaterial pada aktivitas antibakteri mereka. Akhirnya, tantangan saat ini dan pandangan untuk pengembangan yang lebih efektif dan CNM antibakteri yang lebih aman dibahas.

A. Karbon NPS (CNPs)

Pada penelitian Emi dkk (2020) yaitu berbicara mengenai sintesis Karbon dot dari bahan dasar daun sirih dan aplikasinya sebagai antibakteri *S. Mutans* dan *E. Coli*. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis, mengkarakterisasi, dan mengetahui peran nanomaterial carbon-dots (Cdots) sebagai antibakteri terhadap bakteri *S. mutans* dan *E. coli*. Cdots dibuat dengan bahan dasar daun sirih (*Piper Betle L.*) menggunakan metode pemanasan oven. Terdapat tiga buah sampel Cdots yang dihasilkan yaitu 0,5 g serbuk daun sirih+aquades (Cdots A), 0,5 g serbuk daun sirih+ekstrak daun sirih (Cdots B), dan 1 g serbuk daun sirih+ekstrak daun sirih (Cdots C). Ketiga sampel memiliki karakteristik yang hampir sama, yaitu adanya puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 257nm – 320 nm. Daya serap yang tinggi pada rentang ultraviolet (UV) merupakan salah satu sifat yang dimiliki Cdots. Selain itu, ketiga sampel Cdots memiliki pendaran biru-kehijauan (cyan) ketika dikenai laser UV. Hal ini merupakan sifat luminesensi Cdots yang dapat berpendar pada panjang gelombang cahaya tampak. Cdots tersusun dari core dan surface state yang masing-masing ditunjukkan dengan adanya gugus fungsi C=C dan gugus O-H serta C-O yang terdeteksi oleh uji FTIR dari ketiga sampel Cdots. Pengujian antibakteri menggunakan metode Kirby-Bauer menunjukkan sampel Cdots C memiliki aktivitas antibakteri tertinggi karena memiliki konsentrasi Cdots yang lebih banyak dan bekerja sama dengan ekstrak sirih yang memiliki sifat

antibakteri sehingga berpotensi sebagai agen antibakteri dibandingkan ekstrak daun sirih murni.

B. Emas NPS (AuNPs)

Material ini telah dijelaskan sedikit pada bab sebelumnya dalam hal pengenalan dan cara melakukan sintesis. Aplikasi material ini sangat banyak digunakan dalam berbagai bidang hal ini didasari sifat zat ini yang memiliki toksisitas rendah, stabil dan mudah untuk diproduksi. Beberapa aplikasi yang telah dilaporkan dalam penelitian ini seperti aplikasi material AuNPs sebagai sensor, katalis, optik, dan elektronik, bidang kedokteran seperti drug delivery, pengembangan strategi antibakteri, deteksi DNA, antikanker dan anti mikroba.

Pada tahun 1927 peneliti yang bernama Lande menemukan bahwa terapi emas dapat mengobati penyakit sendi pada pasien Non-tuberkulosis sehingga pengembangan terapi emas terus dilanjutkan untuk mengobati rheumatoid arthritis. Pada penelitian lanjutan juga telah dilaporkan bahwa material ini telah mendapat persetujuan untuk dilakukan uji klinis pada pasien rheumatoid arthritis. Pada tahun selanjutnya perkembangan aplikasi material ini semakin besar. Material ini tidak lagi dianggap hanya sebagai bahan perhiasan namun juga memiliki fungsi yang penting dalam bidang kesehatan.

Pada Penelitian Devina dkk (2021) mengenai studi literatur dipelajari beberapa penelitian mengenai penggunaan berbagai ekstrak tanaman sebagai bioreduktor alami dan pengaruhnya terhadap karakteristik nanopartikel emas yang

terbentuk. Selain itu dipelajari juga aktivitas antibakteri dari nanopartikel emas yang dihasilkan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dari beberapa penelitian tersebut, diperoleh hasil bahwa penggunaan berbagai ekstrak tanaman sebagai bioreduktor menghasilkan karakteristik nanopartikel emas dan aktivitas antibakteri yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh faktor bioreduktor, metode ekstraksi dan sintetis, komposisi volume ekstrak dan prekursor, konsentrasi nanopartikel, suhu, bentuk dan ukuran nanopartikel serta jenis bakteri yang diujikan. Pada studi literatur ini juga diketahui bahwa aktivitas antibakteri paling optimal dihasilkan pada penggunaan bioreduktor ekstrak *Glycyrrhiza glabra* L karena dihasilkan zona hambat paling besar.

Pada penelitian Yulia dkk (2018) juga melakukan sintesis AuNPs dan aplikasinya sebagai antibakteri. Sintesis nanopartikel emas tertudung asam glutamat (AuNPs-AG) telah dilakukan. Pengaruh pH, konsentrasi asam glutamat, konsentrasi emas dan waktu reaksi telah diteliti untuk mengetahui kondisi optimum pembentukan AuNPs-AG. AuNPs-AG hasil sintesis digunakan untuk uji aktivitas antibakteri dari bakteri *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella thypi* dan *Candida albicans*. Pemurnian AuNPs-AG telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemurnian terhadap aktivitas antibakteri AuNPs-AG. Pengaruh konsentrasi AuNPs-AG terhadap aktivitas antibakteri juga telah diteliti. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, difraksi sinar-X, SEM-EDS, PSA dan TEM. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum

sintesis didapat pada pH 11, konsentrasi asam glutamat 4 mM, konsentrasi HAuCl₄ 60 ppm, dan waktu reaksi 60 menit. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa AuNPs-AG berbentuk bulat dengan ukuran rata-rata 31,2 nm. AuNPs-AG tanpa pemurnian memiliki zona hambat bakteri yang lebih besar dibanding AuNPs-AG dengan pemurnian. Matriks AuNPs-AG juga memiliki daya hambat terhadap keempat bakteri yang diujikan. AuNPs-AG dengan pemurnian memiliki aktivitas antibakteri terbaik pada konsentrasi 0,5 mg/mL, sedangkan AuNPs-AG tanpa pemurnian memiliki aktivitas antibakteri terbaik pada konsentrasi 1000 ppm HAuCl₄: 0,8 M asam glutamat.

C. Perak NPs (Ag NPs)

Pada material ini sudah sangat banyak penelitian yang dilakukan dalam mensintesis dan menjadikan material ini sebagai antibakteri. Seperti yang dilakukan oleh Rizki Damayanti (2021) yaitu dengan mensintesis AgNPs dengan memanfaatkan minyak atsiri dan ekstrak air bunga lawang. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nanopartikel perak dengan pereduksi minyak atsiri dan ekstrak air bunga lawang, mengetahui aktivitasnya sebagai antibakterial, menghasilkan penelitian dasar film biomaterial PVA/gelatin mengandung AgNPs yang diharapkan mengandung antibakteri. AgNPs dipreparasi menggunakan metode green synthesis yang cenderung ramah lingkungan dengan prinsip penggunaan bahan-bahan organik sebagai pereduksi, dalam penelitian ini digunakan minyak atsiri dan ekstrak air bunga lawang sebagai pereduksi. Bunga lawang yang digunakan

untuk menghasilkan minyak atsiri dan ekstrak air mempunyai kadar air 1.4 % dan kadar abu 9.7% ini menunjukkan bahwa sampel yang digunakan mempunyai daya simpan yang relatif lama serta kadar mineral-mineral yang relatif rendah. Selanjutnya, isolasi 500 g sampel kering menggunakan metode destilasi uap menghasilkan minyak atsiri 1.8 % (v/w), aroma khas bunga lawang, warna kuning, massa jenis 0.978 g/cm³ dan indeks bias 1.3284. Untuk memprediksi senyawa yang kemungkinan berperan sebagai pereduksi minyak atsiri dikarakterisasi menggunakan GC-MS menunjukkan senyawa utama anethol (97.03%), estragole (1.58%), dan senyawa dominan limonene (0.77%), linalool (0.11%), dan linalyl propionate (0.12%) dari hasil GC-MS kemungkinan besar yang berperan sebagai pereduksi adalah linalool karena mengandung gugus OH. Sedangkan, ekstrak air bunga lawang hanya dilakukan uji fitokimia karena telah banyak referensi yang menyebutkan senyawa utama dalam ekstrak adalah flavonoid yaitu kuersetin yang struktur kimianya mengandung gugus OH. Hal ini didukung uji fitokimia yang menunjukkan bahwa ekstrak air mengandung alkaloid, flavonoid dan glikosida. Senyawa yang kemungkinan berperan sebagai pereduksi sehingga menghasilkan AgNPs adalah kuersetin. Nanopartikel perak dari ekstrak air (AgNPsE) terbagi menjadi AgNPsE4 (ekstrak konsentrasi rendah) dan (ekstrak konsentrasi tinggi) AgNPsE9 dan minyak atsiri bunga lawang (AgNPsMA) yang berbetuk larutan nano dan serbuk dikarakterisasi menggunakan FT-IR. Larutan AgNPsE4 dan AgNPsE9 masing-masingnya menunjukkan adanya puncak serapan pada

1637 dan 1638 cm^{-1} . Selanjutnya, pada kedua larutan nanopartikel AgNPsE4 dan AgNPsE9 masing-masingnya menunjukkan adanya puncak pada serapan 3327 dan 3328 cm^{-1} hal sama ditunjukkan pada larutan nano AgNPsMA. FT-IR dari serbuk AgNPsMA, yang menunjukkan adanya puncak pada serapan C = O dan -OH pada serapan 1640 dan 3265 cm^{-1} . Spektrum FT-IR serbuk AgNPsE menunjukkan adanya serapan pada 3183 cm^{-1} menunjukkan adanya OH dan C = O pada serapan 1848 cm^{-1} . Hasil karakterisasi XRD AgNPsE4, AgNPsE9 dan AgNPsMA menunjukkan serapan khas pada 37° (111), 44° (200), 64° (202), dan 78° (311) derajat kristalisasi masing-masingnya 86%, 87.17% dan 96%. Analisis termal menggunakan DTG dan DTA menunjukkan bahwa AgNPsE terdekomposisi 229.3°C dengan laju 0.1 mg/min dengan residu akhir 65.67% sedangkan pada AgNPsMA terdekomposisi pada temperatur 241.3°C dengan laju 0.033 mg/min. Berdasarkan data TEM yang diperoleh AgNPsE dan AgNPsMA memiliki diameter partikel dengan dimensi nano, yaitu ukuran rata-rata diameter masing-masing sekitar 11.46 nm dan 10.98 nm. diameter penghambatan *Staphylococcus aureus* terbesar diperoleh pada AgNPsMAV1 yaitu sebesar 5.79 mm. Sedangkan, diameter penghambatan *Staphylococcus aureus* terkecil diperoleh pada AgNPsE9. Begitu juga diameter penghambatan terhadap *E. Coli* yang terbesar juga diperoleh pada AgNPsMAV1 yaitu 5.5 mm dan terkecil oleh minyak atsiri yaitu 0.8 mm dan ekstrak *Illicium verum*. Hook.f. sama sekali tidak mempunyai daya hambat terhadap *E. Coli*. AgNPs dari minyak atsiri yang mempunyai aktivitas

antibakteri tertinggi diaplikasikan dalam film PVA/gelatin/AgNPs yang nantinya diharapkan film ini bisa dikembangkan dalam berbagai aplikasi. Data karakterisasi menunjukkan film yang mengandung AgNPs mempunyai stabilitas termal yang baik dibandingkan yang tidak mengandung AgNPs.. Film yang mengandung AgNPs mempunyai aktivitas antibakteri lebih baik dibandingkan film yang tidak mengandung AgNPs terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Pada penelitian lainnya juga melaporkan bahwa material AgNPs sangat efektif dijadikan sebagai antibakteri. Chucita pada tahun 2018 telah melakukan sintesis nanopartikel dari perak nitrat dengan asam amino tirosin sebagai reduktor dan agen pengkaping. Reaksi dilakukan pada berbagai pH dan konsentrasi tirosin untuk mengetahui pH dan konsentrasi optimum tirosin dan di analisis dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Variasi pH tirosin yaitu pada pH 7-13, dan variasi konsentrasi tirosin masing-masing 0,02 mM, 0,1 mM, 0,5 mM, 1 mM, 5 mM, 10 mM, 15 mM, dan 20 mM. Variasi waktu reaksi juga diteliti untuk mengetahui waktu reaksi optimum untuk sintesis AgNPs. Variasi waktu reaksi yang digunakan adalah 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, dan 120 menit. AgNPs disintesis untuk membentuk nanokomposit pada film poli asam laktat (PLA). Nanokomposit film PLA nanopartikel perak (KAgNPs) ini kemudian digunakan sebagai antibakteri. Karakterisasi dilakukan dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis, FTIR, TEM, dan SEM EDX. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa asam amino tirosin dapat berperan sebagai reduktor

dan agen penkaping dalam sintesis AgNPs ditandai dengan perubahan warna dari tidak berwarna menjadi kuning. pH sistem berpengaruh terhadap kemampuan tirosin dalam mereduksi ion perak. AgNPs terbentuk pada keadaan basa dengan pH optimum 11. Konsentrasi optimum tirosin adalah 1 mM dan konsentrasi AgNO₃ 1 mM, sehingga didapatkan perbandingan konsentrasi asam amino tirosin dan AgNO₃ yaitu 1:1. Waktu reaksi optimum untuk mensintesis AgNPs terjadi pada menit ke empat puluh lima pada suhu 100 °C. Hasil karakterisasi AgNPs menggunakan TEM menunjukkan bahwa partikel AgNPs berbentuk bulat. Ukuran partikel rata-rata AgNPs dalam koloidalnya adalah 15,10 nm, sedangkan nanokomposit KAgNPs memiliki ukuran partikel rata-rata yang lebih besar yaitu 15,30 nm. Mekanis material ini dapat berperan sebagai antibakteri yaitu Mekanisme penghambatan bakteri oleh AgNPs adalah penyerapan ion Ag+dimana terjadi penghambatan produksi ATP dan replikasi DNA (Feng et al.,2000). Dimana mekanisme antibakteri AgNPs diawali dengan pelepasan ion Ag+oleh AgNPs. Kemudian terjadi interaksi antara ionAg+dengan gugus tiol sulfidril pada protein membran sel bakteri *Bacillus subtilis*. Ion perak akan menggantikan kation hidrogen (H+) dari gugus tiol sulfidril sehingga menghasilkan gugus S-Ag yang lebih stabil pada permukaan sel bakteri. Hal inilah yang dapat menonaktifkan enzim dan menurunkan permeabilitas membran sel bakteri *Bacillus subtilis*. Pada saat yang bersamaan inilah, ion Ag+akan terserap ke dalam sel dan mengubah struktur DNA sehingga menyebabkan kematian sel bakteri *Bacillus subtilis*. AgNPs dan ion Ag+ membentuk

reactive oxygen species (ROS) dan mekanisme penghambatan AgNPs langsung merusak membran sel (Marambio-Jones et al., 2010). Ketika AgNPs tersebut berdifusi pada media bakteri, maka AgNPs akan masuk dalam sel bakteri sehingga akan mempengaruhi permabilitas dan fungsi membran tersebut, karena disaat nanopartikel masuk dalam sel bakteri, sebagian AgNPs juga mengalami desolusi melepaskan ion perak bersama AgNPs membentuk ROS sehinggamenghambat produksi ATP dan replikasi DNA bakteri tersebut. Penelitian sebelumnya yang dilakukan Sondi dan

Berkala MIPA, 25(2), Sondi (2004) mengungkapkan bahwa bakteri telah rusak dan terdapat lubang pada dinding selnya. Sementara AgNPs ditemukan terakumulasi dalam membran sel. Membran dengan morfologi tersebut dengan meningkatnya permeabilitas menyebabkan kematian sel. Menurut Kvitek et al. (2008) AgNPs dapat melekat pada permukaan membran sel mengganggu sistem permeabilitas dan fungsi pernafasan sel. Hal itulah yang menyebabkan KAgNPs dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan bakteri *Bacillus subtilis*. Semakin kecil ukuran nanopartikel, maka luas permukaan yang memungkinkan untuk interaksi tersebut akan semakin besar sehingga sifat antibakterinya akan lebih baik dari AgNPs dengan ukuran besar. Dari hasil penelitian ini dapat mengkonfirmasi penelitian sebelumnya bahwa AgNPs memiliki sifat antibakteri. Dengan demikian, AgNPs memiliki potensi yang besar dalam mengurangi bahkan menghambat pertumbuhan bakteri dalam pengawetan

1
makanandan pengobatan luka. Uji aktivitas antijamur pada KAgNPs juga diuji secara kualitatif melalui adanya pertumbuhan jamur. Adanya agen pengkaping pada AgNPs akan membuat AgNPs lebih tahan terhadap desolusi oksidatif dalam pelarut air. Pada penelitian ini agen pengkaping asam amino tirosin mampu mempertahankan kestabilan AgNPs dalam film nanokompositnya. Adanya kandungan perak dalam film tersebut menyebabkan lambatnya pertumbuhan jamur. Hal tersebut terbukti dengan pertumbuhan jamur baru mulai terlihat dalam waktu 6 minggu setelah preparasi KAgNPs seperti terlihat pada Gambar 11. Ion Ag⁺ akan membuat DNA kehilangan kemampuan untuk replikasi, hal tersebut menyebabkan tidak aktifnya subunit ribosom protein sehingga tidak dapat menghasilkan ATP, selain itu mengganggu rantai respirasi yang menyebabkan hilangnya integritas sel dan membuat toksik pada sel (Mendes et al., 2014). Tumbuhnya jamur mulai terjadi pada waktu 6 minggu disebabkan karena perubahan ukuran partikel dan penurunan jumlah AgNPs pada nanokomposit film PLA sehingga menunjukkan ada titik pertumbuhan jamur pada film PLA AgNPs.

D. Zink Oksida NPs (Zn NPs)

Pada penelitian Romadhan dkk (2015) yaitu digunakan dengan melakukan sintesis material Oksida Zink nanomaterial. Pada penelitian ini dilakukan aplikasi dari material tersebut dalam bidang kesehatan yaitu sebagai anti bakteri. ZnO NPs adalah material Nanoteknologi yang dapat didefinisikan sebagai material yang memiliki ukuran

dioperasikan pada skala 100 nanometer (nm) atau lebih kecil. Dalam penelitian tersebut digunakan untuk mempelajari sintesis dan karakterisasi nanopartikel ZnO (ZnO-NPs) yang disintesis dengan menggunakan metode presipitasi. Seng nitrat digunakan sebagai bahan baku, sodium hidroksida digunakan sebagai reduktor dan biopolimer pektin sebagai capping agent. ZnO-NPs disintesis dengan menggunakan beberapa perlakuan yaitu sintesis menggunakan tiga suhu yang berbeda (60, 80 dan 100°C) selama 2 jam dan dengan perlakuan kalsinasi (500°C).

Hasil pengukuran partikel dengan menggunakan PSA menunjukkan bahwa sampel tanpa kalsinasi (T60, T80, dan T100) mempunyai ukuran partikel masing-masing 105.13, 78.53 dan 76.43nm, sedangkan pada sampel yang dikalsinasi (T60C, T80C dan T100C) masing masing mempunyai ukuran partikel 88.73, 44.30, dan 543.77nm. Dari hasil pengukuran PSA diketahui bahwa sintesis ZnO-NPs dengan menggunakan suhu 80°C dan kalsinasi (T80C) menghasilkan ukuran partikel paling kecil. Sampel T80C selanjutnya dianalisis dengan XRD, SEM dan pengujian aktivitas antimikroba dibandingkan dengan ZnO-NPs komersial. Analisis XRD menunjukkan terbentuknya nanostruktur ZnO-NPs murni pada ZnO-NPs T80C. Hasil analisa SEM menunjukkan ZnO-NPs yang terbentuk mempunyai bentuk spherical. Nanopartikel ZnO T80C memiliki aktivitas antimikroba yang luas (Broadspectrum) dan aktif menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif, bakteri gram positif, khamir dan kapang. Pengujian aktivitas antimikroba ZnONPs T80C dibandingkan dengan NPs

komersial menunjukkan bahwa NPs T80C mempunyai aktivitas antimikroba yang lebih efektif dibandingkan dengan NPs komersial.

Pada penelitian Luluk Qurrotul Ainiyah pada tahun 2019 yaitu dengan melakukan sintesis ZnO NPs dengan memanfaatkan limbah kulit pisang. Dasar pemilihan material ini disebabkan belum dilakukannya optimasi pemanfaatan limbah kulit pisang. Konsumsi pisang di Indonesia terbilang cukup tinggi yaitu 2.300.000 ton tiap tahunnya. Akan tetapi hal tersebut tidak diimbangi dengan pengolahan limbah pisang yang dihasilkan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dalam kulit pisang terdapat kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, saponin dan polifenol yang dapat berfungsi sebagai agen pencapping dalam proses sintesis nanopartikel. Nanopartikel kini banyak disintesis karena memiliki luas permukaan besar sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti bidang kesehatan, pertanian, dan industri. Salah satu nanopartikel yang telah banyak disintesis adalah nanopartikel ZnO yang diaplikasikan sebagai antibakteri. Sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak kulit pisang belum diteliti. Sintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak kulit pisang bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terdapat dalam ekstrak pisang, mendapatkan nanopartikel ZnO yang disintesis dengan menggunakan ekstrak kulit pisang, mengetahui karakteristik nanopartikel ZnO hasil sintesis, dan mengetahui sifat antibakteri nanopartikel ZnO yang dihasilkan.

Sintesis nanopartikel ZnO dilakukan dalam 3 tahap yaitu preparasi ekstrak kulit pisang menggunakan 3 jenis pisang yaitu pisang barlin, mas, dan rajamala, uji Fitokimia terhadap ekstrak kulit pisang, sintesis nanopartikel ZnO, kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen XRD, uji aktivitasnya sebagai antibakteri menggunakan metode sumuran. Bakteri yang digunakan adalah bakteri gram positif yaitu *S.aureus* dan bakteri gram negatif yaitu oleh bakteri *E.coli*.

Ekstrak ekstrak kulit pisang mas dan rajamala mengandung alkaloid, saponin, flavonoid dan polifenol. Sedangkan kulit pisang barlin mengandung alkaloid, saponin, dan polifenol. Sintesis nanopartikel ZnO berhasil dilakukan menggunakan ekstrak kulit pisang mas dan barlin. Ukuran nanopartikel ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak kulit pisang mas dan barlin secara berurutan yaitu 29,85 nm dan 26,21 nm. Nanopartikel ZnO tidak berhasil disintesis menggunakan ekstrak kulit pisang rajamala karena kurangnya waktu pemanasan sehingga menghasilkan difraktogram yang tidak sesuai standar pada analisis XRD. Nanopartikel ZnO bersifat antibakteri. Aktivitas antibakteri ZnO terhadap bakteri gram negatif lebih besar daripada gram positif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Attarad, Sidra Ambreen, Qaisar Maqbool, Sania Naz, Muhammad Fahad Shams, Madiha Ahmad, Abdul Rehman Phull, and Muhammad Zia. 2016. "Zinc Impregnated Cellulose Nanocomposites: Synthesis, Characterization and Applications." *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 98: 174–82. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2016.07.007>.
- Ali, Nadir, Aijaz Ahmed Babar, Yufei Zhang, Nousheen Iqbal, Xianfeng Wang, Jianyong Yu, and Bin Ding. 2020. "Porous, Flexible, and Core-Shell Structured Carbon Nanofibers Hybridized by Tin Oxide Nanoparticles for Efficient Carbon Dioxide Capture." *Journal of Colloid and Interface Science* 560: 379–87. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.10.034>.
- Carp, Oana, Alina Tirsoaga, Ramona Ene, Adelina Ianculescu, Raluca F. Negrea, Paul Chesler, Gabriela Ionita, and Ruxandra Birjega. 2017. "Facile, High Yield Ultrasound Mediated Protocol for ZnO Hierarchical Structures Synthesis: Formation Mechanism, Optical and Photocatalytic Properties." *Ultrasonics Sonochemistry* 36: 326–35. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.005>.
- Castro, Cristina, Robin Zuluaga, Catalina Álvarez, Jean Luc Putaux, Gloria Caro, Orlando J. Rojas, Iñaki Mondragon, and Piedad Gañán. 2012. "Bacterial Cellulose Produced by a New Acid-Resistant Strain of Gluconacetobacter Genus." *Carbohydrate Polymers* 89 (4): 1033–37. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.03.045>.

- Fika, Weni. 2019. Pengembangan Nanokomposit Polimer Superabsorban Berbahan Pati Singkong Dengan Penguat Nanoselulosa Bakteri Dari Nata De Soya. *Thesis*. Universitas ANDALAS.
- Jong. Elaine. C. and Dennis L.S. 2012. *Netter'S Infectious Diseases*. An Imprint of Elsevier Inc.
- Kareem, Zahraa Naji, Muhammed Mizher Radhi, and Ahmed Ali Moosa. 2021. "Cyclic Voltammetric Studies of Micro and Nano Paracetamol Using Glassy Carbon Electrode Modified with Multi-Walled Carbon Nanotube and Graphene Cyclic Voltammetric Studies of Micro and Nano Paracetamol Using Glassy Carbon Electrode Modified with Multi-Wal." <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1105/1/012054>.
- Kradil, R.L. 2010. *Diagnostic Pathology of Infectious Diseases*. Second Edition. Philadelphia.
- Levinson, W., Peter. C.H., Elizabeth. A.J., Jesse. N., Brian. S. 2018. *Review Of Medical Microbiology and Immunology: A Guide to Clinical Infectious Diseases*. Fifteen Edition. A Lange Medical Book.
- Liao, Chengzhu, Yuchao Li, and Sie Chin Tjong. 2018. "Graphene Nanomaterials: Synthesis, Biocompatibility, and Cytotoxicity." *International Journal of Molecular Sciences* 19 (11). <https://doi.org/10.3390/ijms19113564>.
- Peng, Ruosi, Shujun Li, Xibo Sun, Quanming Ren, Limin Chen, Mingli Fu, Junliang Wu, and Daiqi Ye. 2018. "Size Effect of Pt Nanoparticles on the Catalytic Oxidation of Toluene over Pt/CeO₂ Catalysts." *Applied Catalysis B: Environmental* 220: 462–70. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.07.048>.
-

- Picheth, Guilherme Fadel, Cleverton Luiz Pirich, Maria Rita Sierakowski, Marco Aurélio Woehl, Caroline Novak Sakakibara, Clayton Fernandes de Souza, Andressa Amado Martin, Renata da Silva, and Rilton Alves de Freitas. 2017. "Bacterial Cellulose in Biomedical Applications: A Review." *International Journal of Biological Macromolecules* 104: 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.05.171>.
- Ranjbar, Reza, and Alireza Yousefi. 2018. "Effects of Aloe Vera and Chitosan Nanoparticle Thin-Film Membranes on Wound Healing in Full Thickness Infected Wounds with Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus." *Bulletin of Emergency and Trauma* 6 (1 JAN): 8–15. <https://doi.org/10.29252/beat-060102>.
- Rao, C. N. R., Achim Müller, and A. K. Cheetham. 2005. "Nanomaterials - An Introduction." *The Chemistry of Nanomaterials* 1: 1–11. <https://doi.org/10.1002/352760247x.ch1>.
- Rao, C. N.R., G. U. Kulkarni, P. John Thomas, and Peter P. Edwards. 2002. "Size-Dependent Chemistry: Properties of Nanocrystals." *Chemistry - A European Journal* 8 (1): 28–35. [https://doi.org/10.1002/1521-3765\(20020104\)8:1<28::AID-CHEM28>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1521-3765(20020104)8:1<28::AID-CHEM28>3.0.CO;2-B).
- Robert, Digitalcommons, and W Woodruff Library. 2014. "Immobilization of Catalyst by the Biosynthesis of Bacterial Cellulose in the Presence of Laccase, Horseradish Peroxidase, and Titanium Dioxide."
- Sabu, Chinnu, T K Henna, V R Raphey, K P Nivitha, and K Pramod. 2019. "Biosensors and Bioelectronics Advanced Biosensors for Glucose and Insulin." *Biosensors and Bioelectronic* 141 (March): 111201. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.03.034>.

- Sharma, Amita, Manisha Thakur, Munna Bhattacharya, Tamal Mandal, and Saswata Goswami. 2019. "Commercial Application of Cellulose Nano-Composites – A Review." *Biotechnology Reports* 21 (2018): e00316. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00316>.
- Škraban, Jure, Ilse Cleenwerck, Peter Vandamme, Lijana Fanedl, and Janja Trček. 2018. "Genome Sequences and Description of Novel Exopolysaccharides Producing Species *Komagataeibacter Pomaceti* Sp. Nov. and Reclassification of *Komagataeibacter Kombuchae* (Dutta and Gachhui 2007) Yamada et Al., 2013 as a Later Heterotypic Synonym of *Komagataeib.*" *Systematic and Applied Microbiology* 41 (6): 581–92. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2018.08.006>.
- Torres, F. G., J. J. Arroyo, and O. P. Troncoso. 2019. "Bacterial Cellulose Nanocomposites: An All-Nano Type of Material." *Materials Science and Engineering C* 98 (January): 1277–93. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.01.064>.
- Varaprasad, Kokkarachedu, Matias López, Dariela Núñez, Tippabattini Jayaramudu, Emmanuel Rotimi Sadiku, Chandrasekaran Karthikeyan, and Patricio Oyarzúnc. 2020. "Antibiotic Copper Oxide-Curcumin Nanomaterials for Antibacterial Applications." *Journal of Molecular Liquids* 300. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.112353>.
- Vasconcelos, Niédja Fittipaldi, Judith Pessoa Andrade Feitosa, Francisco Miguel Portela da Gama, João Paulo Saraiva Moraes, Fábila Karine Andrade, Men de Sá Moreira de Souza Filho, and Morsyleide de Freitas Rosa. 2017. "Bacterial Cellulose Nanocrystals Produced under Different Hydrolysis Conditions:
-

Properties and Morphological Features.” *Carbohydrate Polymers* 155: 425–31. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.090>.

Xin, Qi, Hameed Shah, Asmat Nawaz, Wenjing Xie, Muhammad Zain Akram, Aisha Batool, Liangqiu Tian, et al. 2019. “Antibacterial Carbon-Based Nanomaterials.” *Advanced Materials* 31 (45): 1–15. <https://doi.org/10.1002/adma.201804838>.

Weiss, G and Ulrich. E.S 2015. *Immunological Reviews: Macrophage Defense Mechanisms Against Intracellular Bacteria*. Innsbruck. Austria.

Wright W.L. 2018. *Essential Of Clinical Infectious Diseases. Second Edition*. Demonsmedical An Imprint of Springer Publishing.

Yeom, Changjoo, and Younghun Kim. 2018. “Mesoporous Alumina with High Capacity for Carbon Monoxide Adsorption.” *Korean Journal of Chemical Engineering* 35 (2): 587–93. <https://doi.org/10.1007/s11814-017-0309-5>.

Zhang, Heng, Chuntao Chen, Chunlin Zhu, and Dongping Sun. 2016. “Production of Bacterial Cellulose By *Acetobacter Xylinum*: Metabolite Production.” *Cellulose Chemistry and Technology* 50 (9–10): 997–1003.

INDEKS



Sistem Reproduksi, 2, 3, 9, 16, 19, 20, 43,
Nanomaterial, 47, 48, 49, 50, 52, 55, 56, 57, 69, 71, 76, 78,
86, 89, 90, 99,
Graphene, 50, 71, 73, 78, 79, 80, 81, 84, 85,
Carbon dot, 79
AuNPs, 85, 91, 92, 93,
ZnO NPs, 52, 84, 99, 100, 101, 102,
Bakteri, 17, 18, 20, 23, 24, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,
40, 42, 45, 50, 51, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 75, 78,
79, 86, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100,
101, 102
Infeksi, 1, 2, 5, 6, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 32,
33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 89,
Kesehatan Reproduksi, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 43
Ekstrak, 56, 58, 62, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95,
101, 102.
Kitosan, 73, 74, 75, 86, 87
Selulosa, 51, 52, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 74,
85,
Teknologi, 47, 99

TENTANG PENULIS



Suharni Pintamas Sinaga, SST., M.KM.



Lahir di Sidikalang, 26 April 1973 Alumni D4-Perawat Pendidik USU THN 2002 Alumni S-2 Kes Mas Universitas Sari Mutiara Medan Tahun 2014 Bekerja sebagai Dosen di prodi sarjana kebidanan STIKES Senior Medan

Nurbaiti br. Singarimbun, SST., M.KM.



Lahir di Kwala Mencirim 26 Juni 1971 Alumni D4 Perawat Pendidik USU. Alumni S-2 KesMas Universitas Sari Mutiara Medan THN 2014. Bekerja sebagai Dosen di Prodi Sarjana Kebidanan STIKES Senior Medan.

Herlina Simanjuntak, SST., M.Kes.



Lahir di Gempolan tanggal 01 Oktober 1983. Alumni D4 Bidan Pendidik USU tahun 2005 Alumni S2 Kesmas USU. Bekerja sebagai dosen tetap di STIKes Senior Medan.

Defacto Zega, SST., M.Kes.



Lahir di Damar Seratus, 19 Mei 1987
Alumni D-IV Kebidanan USU tahun 2010
Alumni S-2 Kes Mas USU tahun 2015.
Bekerja sebagai Dosen di Prodi Sarjana
Kebidanan STIKes Senior Medan

Helen Anjelina Simanjuntak, M.Si.



Lulus S1 di Program Studi Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam , Universitas Sumatera
Utara (FMIPA USU) tahun 2011. Lulus
S2 Program Pascasarjana Biologi
Universitas Sumatera Utara Tahun 2013.
Saat ini menjadi dosen tetap Di STIKes Senior Medan.

Hermawan Purba, M.Sc



Lahir di pematang siantar pada tahun
1988. Menempuh Pendidikan S-1 di
UNIMED tahun 2007 dan melanjutkan
studi S-2 di UGM Yogyakarta tahun 2012.
Saat ini penulis sedang menempuh studi
lanjut S-3 di USU Medan.

ORIGINALITY REPORT

29%
SIMILARITY INDEX

29%
INTERNET SOURCES

3%
PUBLICATIONS

4%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 jurnal.ugm.ac.id
Internet Source 3%

2 etd.repository.ugm.ac.id
Internet Source 3%

3 lkmifoundation-flores.org
Internet Source 2%

4 blogsivitas.lipi.go.id
Internet Source 2%

5 karya-ilmiah.um.ac.id
Internet Source 2%

6 etheses.uin-malang.ac.id
Internet Source 1%

7 text-id.123dok.com
Internet Source 1%

8 www.sciencegate.app
Internet Source 1%

9 www.guruspensaka.com
Internet Source 1%

10 www.sehatq.com
Internet Source 1%

11 ppjp.ulm.ac.id
Internet Source 1%

12 seminar.uad.ac.id
Internet Source 1%

13 prosiding.stikescendekiautamakudus.ac.id
Internet Source 1%

14	kumparan.com Internet Source	1 %
15	www.merdeka.com Internet Source	1 %
16	karyailmiah.unisba.ac.id Internet Source	1 %
17	hellosehat.com Internet Source	1 %
18	repository.uhn.ac.id Internet Source	1 %
19	irmaatikapuspa.blogspot.com Internet Source	1 %
20	fliphtml5.com Internet Source	1 %
21	www.accessmedicine.com Internet Source	<1 %
22	ukesma.ukm.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
23	mitraratnasari.blogspot.com Internet Source	<1 %
24	library.unismuh.ac.id Internet Source	<1 %
25	pskji.org Internet Source	<1 %
26	www.bbk.go.id Internet Source	<1 %
27	dinnaraldani.blogspot.com Internet Source	<1 %
28	ebin.pub Internet Source	<1 %

muhammadfurqan27.blogspot.com

29	Internet Source	<1 %
30	www.alodokter.com Internet Source	<1 %
31	eprints.poltekkesjogja.ac.id Internet Source	<1 %
32	www.jogloabang.com Internet Source	<1 %
33	hot.liputan6.com Internet Source	<1 %
34	yulieahandayani.wordpress.com Internet Source	<1 %
35	patents.google.com Internet Source	<1 %

Exclude quotes On
Exclude bibliography On

Exclude matches < 28 words

Suharni_Kesehatan_Reproduksi.pdf

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29
PAGE 30
PAGE 31
PAGE 32
PAGE 33
PAGE 34
PAGE 35
PAGE 36
PAGE 37
PAGE 38
PAGE 39
PAGE 40
PAGE 41
PAGE 42
PAGE 43
PAGE 44
PAGE 45
PAGE 46
PAGE 47
PAGE 48
PAGE 49
PAGE 50
PAGE 51
PAGE 52
PAGE 53
PAGE 54
PAGE 55
PAGE 56
PAGE 57
PAGE 58
PAGE 59
PAGE 60
PAGE 61

PAGE 62
PAGE 63
PAGE 64
PAGE 65
PAGE 66
PAGE 67
PAGE 68
PAGE 69
PAGE 70
PAGE 71
PAGE 72
PAGE 73
PAGE 74
PAGE 75
PAGE 76
PAGE 77
PAGE 78
PAGE 79
PAGE 80
PAGE 81
PAGE 82
PAGE 83
PAGE 84
PAGE 85
PAGE 86
PAGE 87
PAGE 88
PAGE 89
PAGE 90
PAGE 91
PAGE 92
PAGE 93
PAGE 94

PAGE 95
PAGE 96
PAGE 97
PAGE 98
PAGE 99
PAGE 100
PAGE 101
PAGE 102
PAGE 103
PAGE 104
PAGE 105
PAGE 106
PAGE 107
PAGE 108
PAGE 109
PAGE 110
PAGE 111
PAGE 112
PAGE 113
PAGE 114
PAGE 115
PAGE 116
PAGE 117
PAGE 118
PAGE 119
PAGE 120