

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL KALSIMUM
KARBONAT (NPKK) MENGGUNAKAN POLIVINIL PIROLIDON (PVP)
SEBAGAI AGEN *REMOVAL* FOSFAT DI PERAIRAN TAMBAK UDANG**

VINGKY

H031191055



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL KALSIMUM
KARBONAT (NPKK) MENGGUNAKAN POLIVINIL PIROLIDON (PVP)
SEBAGAI AGEN *REMOVAL* FOSFAT DI PERAIRAN TAMBAK UDANG**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh:

VINGKY

H031191055



MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL
KALSIUM KARBONAT (NPKK) MENGGUNAKAN SURFAKTAN
POLIVINIL PIROLIDON (PVP) SEBAGAI AGEN *REMOVAL*
FOSFAT DI PERAIRAN**

Disusun dan diajukan oleh:

VINGKY

H031191055

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 14 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Paulina Taba, M.Phil., Ph.D
NIP. 195711151988102001

Pembimbing Pertama



Dr. Yusafir Hala, M.Si
NIP. 195805101988101001

Ketua Program Studi



Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 197202021999032002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vingky
NIM : H031191055
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Kalsium Karbonat (NPKK) Menggunakan Surfaktan Polivinil Pirolidon (PVP) Sebagai Agen *Removal* Fosfat di Perairan” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya gunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 14 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Vingky

NIM. H031191055

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul “**Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Kalsium Karbonat (NPKK) Menggunakan Surfaktan Polivivil Pirolidon (PVP) Sebagai Agen Removal Fosfat di Perairan**” diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di *Chemical Laboratory* dan *Wet Laboratory, Aquaculture Technology and Development (ATD)*, PT Suri Tani Pemuka, Purwakarta, Jawa Barat.

Penulis tentunya banyak menemui kendala dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan tugas akhir ini. Tapi, berkat bantuan dari berbagai pihak maka segala kendala dapat diatasi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan trima kasih kepada Ibu **Prof. Paulina Taba, M.Phil, Ph.D** dan Bapak **Dr. Yusafir Hala, M.Si**, selaku pembimbing serta Bapak **Dery Hermawan** selaku mentor yang selalu meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua tercinta, **Yehezkiel** dan **Tina Bunga**, sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang pendidikan Strata-1 tanpa kekurangan apapun. Penulis juga mengucapkan trima kasih kepada paman, **Uncle Yusuf** yang selalu memberi semangat dan dukungan dari awal memasuki jenjang perguruan tinggi serta saudara saya, **Ivin** dan **Wini** yang selalu memberi doa dan dukungannya kepada penulis. Semoga Tuhan selalu menyertai dan memberikan berkat kepada mereka semua.

Dengan kerendahan hati, penulis juga ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. **Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia** yang telah membuka Program Magang Bersertifikat, sehingga saya bisa mengembangkan penelitian saya diluar kampus
2. Ibu **Dr. St Fauziah, M.Si** selaku Ketua Departemen Kimia dan Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** selaku Sekretaris Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah banyak memberi saran dan dukungan, khususnya untuk mengikuti Program Magang Bersertifikat
3. Bapak **Dr. Fredryk Welliam Mandey, M.Sc** dan Ibu **Prof. Dr. Hasnah Natsir, M.Si** selaku tim penguji serta Ibu **Dr. Rugaiyah A.Arfah, M.Si** dan Ibu **Bulkis Musa, S.Si., M.Si** selaku moderator Seminar I dan II yang telah memberikan saran demi perbaikan skripsi ini
4. Seluruh **Dosen Departemen Kimia**, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah banyak memberikan ilmu, pengalaman dan saran selama masa studi
5. Analis Laboratorium Terpadu, **Ibu Tini** dan Analis Laboratorium Pendidikan dan Pengembangan Sains (LPPS) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam atas bantuan dalam pelaksanaan penelitian
6. Bapak **Itang Hidayat**, selaku *Head of Unit* ATD dan jajarannya yang banyak memberi ilmu dan saran selama melaksanakan penelitian
7. **Mas Udin** dan **Mas Agung** selaku Staf di Unit *Chemical and Microbiology* (CM) sekaligus sebagai *support system*, yang telah banyak memberikan ilmu, dukungan dan kebersamaan

8. Analisis Laboratorium Kimia Anorganik, **Ibu Linda** yang sudah saya anggap sebagai Ibu kedua saya, trima kasih telah mengajarkan segala hal tentang kehidupan, selalu memberi motivasi dan tak lupa membawakan makan siang. Semoga Ibu selalu diberikan kesehatan dan dilimpahkan rezeki
9. **Qoma, Deby, Bella, Rafa**, dan teman-teman *SAIL Batch 3* yang telah banyak membantu dan memberi semangat selama penelitian
10. Teman seperjuangan, **Azan, Shabir, Rezi, Dila, Ama, Agnes** yang banyak membantu dalam urusan perkuliahan dan di luar urusan perkuliahan.
11. Sobat CSC'22, **Ranti, Rahmi, Riri, Firna, Tira, Riska** yang sampai kini menjadi teman seperjuangan yang telah banyak membantu dan memberi warna dalam dunia perkuliahan dan tugas akhir
12. **Kiswan** yang telah banyak membantu dalam pengurusan tugas akhir, menjadi teman nongkrong, teman berbagi suka duka dan tak lupa selalu ngantar sana-sini. See you on top, sob!
13. Teman-teman **KIMIA 2019** yang telah memberi warna dan banyak mengajarkan segala hal selama studi
14. **Ka Fadhli, Ka Andre, Ka Salman** yang banyak membantu baik dalam urusan akademik maupun dalam CSC'22
15. **HMK, GMKI, UKM KPI, PPGT Tamalanrea** yang menjadi wadah pembelajaran paling berkesan, yang telah membentuk saya menjadi pribadi lebih dewasa
16. Sobat **ISOMER'20** dan **DIMERISASI'21** yang telah banyak membantu sampai pada pengurusan tugas akhir ini
17. Serta ucapan trima kasih kepada seluruh pihak yang telah banyak memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung

Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari segi ejaan bahasa indonesia, kosa kata, tata bahasa, etika, maupun isi. Maka dari itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang kemudian akan penulis jadikan sebagai evaluasi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan juga untuk penulis sendiri.

Penulis

2023

ABSTRAK

Eutrofikasi adalah salah satu dampak yang paling merugikan dari kontaminasi nutrisi di perairan dimana fosfat menjadi faktor pembatas utama. Nanopartikel kalsium karbonat (NPKK) adalah nanopartikel yang disintesis dengan pendekatan *bottom-up* menggunakan metode mikroemulsi dengan penambahan surfaktan polivinil pirolidon sebagai stabilisator. Sintesis NPKK dilakukan dengan mencampurkan $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ dan NaHCO_3 pada kecepatan pengadukan 800 rpm selama 4 jam. Larutan disentrifugasi pada 5000 rpm selama 10 menit dan endapan yang diperoleh dikeringkan di oven selama 5 jam pada suhu 110°C . Hasil sintesis NPKK diperoleh kristal yang berwarna putih dengan % rendamen sebesar 83,16%. Karakterisasi NPKK yang dilakukan dengan *fourier transform infra red* menunjukkan adanya CO_3^{2-} pada puncak $873,75\text{ cm}^{-1}$ dan $1026,13\text{ cm}^{-1}$. Karakterisasi dengan *x-ray diffraction* menunjukkan adanya polimorf vaterit pada sudut $2\theta = 27,39^\circ$ dan ukuran partikel adalah 15,33 nm. Pada aplikasi NPKK di perairan tambak udang, pH pada rentang 7,8-8,0; salinitas pada 31,9-33,6 ppt; oksigen terlarut pada 5,6-6,1 mg/L; dan rata-rata sintasan pada 90,66%-99,33%. Persentase tertinggi *removal* fosfat pada perairan tambak udang menggunakan NPKK yakni pada konsentrasi 100 ppm sebesar 19%.

Kata kunci: eutrofikasi, NPKK, PVP, *removal* fosfat

ABSTRACT

Eutrophication is one of the most adverse impacts of nutrient contamination of water bodies where phosphate is considered to be the primary limiting factor. Calcium carbonate nanoparticles (NPKK) is nanoparticles synthesized using a bottom-up approach using the microemulsion method with the addition of polyvinyl pyrrolidone (PVP) surfactant as a stabilizer. NPKK synthesis was carried out by mixing $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ and NaHCO_3 at a stirring speed of 800 rpm for 4 hours. The solution was centrifuged at 5000 rpm for 10 minutes and the precipitate obtained was dried in an oven for 5 hours at 110°C . NPKK synthesis results obtained white crystals with % rendition of 83,16%. NPKK characterization was carried out with fourier transform infra red showed the presence of CO_3^{2-} at peaks of $873,75\text{ cm}^{-1}$ and $1026,13\text{ cm}^{-1}$. Characterization by x-ray diffraction showed the presence of vaterite polymorphs at an angle of $2\theta = 27,39^\circ$ and a particle size is 15,33 nm. The application of NPKK in shrimp pond waters, the pH is the range of 7,8-8,0; salinity of 31,9-33,6 ppt; dissolved oxygen of 5,6-6,1 mg/L; and the average survival rate of 90,66%-99,33%. The highest percentage of phosphate removal in shrimp pond waters using NPKK was at a concentration of 100 ppm of 19%.

Keywords: eutrophication, NPKK, PVP, removal phosphate

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| PRAKATA | v |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT | x |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN | xvii |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 5 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian | 6 |
| 1.3.1 Maksud Penelitian | 6 |
| 1.3.2 Tujuan Penelitian..... | 6 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 6 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Eutrofikasi | 7 |
| 2.2 Adsorpsi | 8 |
| 2.3 Nanopartikel | 9 |
| 2.4 Metode Pembuatan Nanopartikel | 12 |
| 2.4.1 <i>Top-Down</i> | 12 |
| 2.4.2 <i>Bottom-Up</i> | 12 |

| | |
|--|----|
| 2.5 Nanopartikel Kalsium Karbonat (NPKK) | 15 |
| 2.5 Polivinil Prolidon (PVP) | 17 |
| 2.6 Karakterisasi | 19 |
| 2.6.1 Spektrofotometri UV-Vis | 19 |
| 2.6.2 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) | 20 |
| 2.6.3 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) | 20 |
| BAB III. METODE PENELITIAN | 23 |
| 3.1 Bahan Penelitian | 23 |
| 3.2 Alat Penelitian..... | 23 |
| 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 23 |
| 3.3.1 Tempat dan Waktu Pengambilan Sampel | 23 |
| 3.3.2 Tempat dan Waktu Penelitian | 23 |
| 3.4 Prosedur Penelitian | 24 |
| 3.4.1 Sintesis Kalsium Asetat | 24 |
| 3.4.2 Sintesis NPKK | 24 |
| 3.4.3 Karakterisasi NPKK | 25 |
| 3.4.4 Pengujian <i>Removal</i> Fosfat Pada Larutan Standar Fosfat .. | 25 |
| 3.4.5 Aplikasi NPKK Pada Perairan Tambak Udang | 25 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 27 |
| 4.1 Sintesis Kalsium Asetat | 27 |
| 4.2 Sintesis NPKK | 27 |
| 4.3 Karakterisasi NPKK | 29 |
| 4.3.1 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) | 29 |
| 4.3.2 <i>X-Ray Diffraction</i> | 30 |
| 4.4 Aplikasi NPKK Pada Perairan Tambak Udang | 31 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 4.4.1 pH | 31 |
| 4.4.2 Salinitas | 32 |
| 4.4.3 Oksigen terlarut | 33 |
| 4.4.4 Sintasan | 34 |
| 4.5 <i>Removal</i> Fosfat | 35 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 38 |
| 5.1 Kesimpulan | 38 |
| 5.2 Saran | 38 |
| DAFTAR PUSTAKA | 39 |
| LAMPIRAN | 49 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Kategori metode <i>bottom-up</i> dan <i>top-down</i> | 13 |
| 2. Metode sintesis nanopartikel | 14 |
| 3. Data Serapan FTIR | 29 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Eutrofikasi | 7 |
| 2. Skema sintesis nanopartikel | 13 |
| 3. Polimorf NPKK: (a) kalsit (b) argonit (c) vaterit..... | 16 |
| 4. Struktur molekul PVP | 18 |
| 5. Peran PVP dalam sintesis NPKK | 19 |
| 6. Hasil sintesis kalsium asetat | 27 |
| 7. Hasil sintesis NPKK | 28 |
| 8. Interaksi PVP terhadap NPKK | 28 |
| 9. Spektrum FTIR | 30 |
| 10. Pola difraksi NPKK | 31 |
| 11. Grafik konsentrasi NPKK terhadap pH | 32 |
| 12. Grafik konsentrasi NPKK terhadap salinitas | 33 |
| 13. Grafik konsentrasi NPKK terhadap oksigen terlarut | 34 |
| 14. Grafik konsentrasi NPKK terhadap Sintasan | 35 |
| 15. Persentase <i>removal</i> fosfat pada larutan standar fosfat | 36 |
| 16. Persentase <i>removal</i> fosfat pada perairan udang | 36 |
| 17. Sintesis kalsium asetat | 61 |
| 18. Sintesis NPKK | 61 |
| 19. Persiapan pengujian NPKK | 61 |
| 20. Perhitungan udang setelah penambahan NPKK | 61 |
| 21. Penentuan persentase <i>removal</i> fosfat | 61 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---------------------------------------|----------------|
| 1. Diagram Alir Penelitian | 49 |
| 2. Bagan Kerja Penelitian | 50 |
| 3. Kadar <i>Removal</i> Fosfat | 54 |
| 3. Perhitungan Kristal | 55 |
| 4. Perhitungan Rendamen Kristal | 56 |
| 5. Hasil XRD | 58 |
| 6. Hasil FTIR Kalsium Asetat | 59 |
| 7. Hasil FTIR NPKK | 60 |
| 8. Dokumentasi Penelitian | 61 |

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

| Singkatan | Arti |
|------------------|---|
| FTIR | <i>Fourier Transform Infra Red</i> |
| FWHM | <i>Full Width at Half Maximum</i> |
| JCPDS | <i>Joint Committee Powder Diffraction Standar</i> |
| NPKK | Nanopartikel Kalsium Karbonat |
| PVP | Polivinil Pirolidon |
| PL | <i>Post Larva</i> |
| UV-Vis | <i>Ultra-Violet Visible</i> |
| XRD | <i>X-Ray Diffraction</i> |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kontaminan nutrisi air adalah masalah serius di sektor perairan yang dipengaruhi oleh berbagai jenis limbah yang masuk ke dalam perairan berupa unsur hara, logam berat, racun, dan limbah rumah tangga. Zat hara merupakan zat yang mempunyai pengaruh terhadap proses dan perkembangan hidup organisme. Kandungan unsur hara yang berlebihan di perairan dapat menyebabkan eutrofikasi (Nasution dkk., 2019). Eutrofikasi adalah kondisi dimana perairan mengalami peningkatan kadar bahan organik yang ditandai dengan terjadinya peningkatan fitoplankton dan tumbuhan air (Simbolon, 2016). Pertumbuhan fitoplankton dapat terjadi dengan sangat cepat dan meningkatkan kandungan kimia yang berbahaya di perairan, seperti amonia yang bersifat toksik bagi biota air (Alfionita dkk., 2019).

Menurut Senaratnha dkk. (2020), faktor utama yang menyebabkan pertumbuhan fitoplankton yang tidak terkontrol adalah fosfor. Dalam lingkungan perairan, fosfor terdapat dalam bentuk fosfat, seperti orto-fosfat, piro-fosfat, fosfonat organik, dan lain-lain. Sumber unsur hara ini umumnya berasal dari kegiatan antropogenik seperti limbah domestik, kegiatan industri dan kegiatan pertanian (Wulandari dkk., 2021). Suatu perairan mengalami eutrofikasi jika konsentrasi total fosfat berada dalam rentang konsentrasi 35-100 $\mu\text{g/L}$ (Sutamihardja dkk., 2018). Fosfat dalam badan air kemudian didekomposisi oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut untuk proses biokimia maupun proses biodegradasi. Hal ini tentunya mengakibatkan terjadinya penurunan kadar

oksigen terlarut dalam badan air (Alfionita dkk., 2019). Penipisan kadar oksigen terlarut di perairan menciptakan keadaan hipoksia yang mengancam ekosistem biota laut (Senarathna dkk., 2020). Oleh karena itu, *removal* fosfat di perairan sangat diperlukan.

Beberapa metode yang digunakan sebagai agen *removal* fosfat, yakni secara biologis (Barnard dkk., 2017), presipitasi (Marshall dkk., 2017), pertukaran ion (Muhammad dkk., 2019), dan adsorpsi. Namun, sebagian besar dari metode ini memiliki kelemahan karena membutuhkan biaya yang tinggi dan memiliki efek residu bagi lingkungan (Du dkk., 2020). Metode adsorpsi memiliki beberapa keunggulan seperti efisiensi tinggi, operasi yang relatif murah dan ramah lingkungan (Daneshgar dkk., 2018).

Berbagai adsorben telah diuji sebagai agen *removal* fosfat di perairan. Bioadsorben seperti limbah cangkang tiram telah digunakan dengan persentase *removal* fosfat 94% (Feng dkk., 2021), limbah tulang ayam dengan persentase 90% (Kasim dkk., 2020), limbah kulit anggur dengan persentase 99% (Inkoua dkk., 2020), dan ampas kelapa dengan persentase 47% (Zhou dkk., 2020). Meskipun adsorben ini termasuk dalam kategori murah, akan tetapi juga memiliki beberapa kelemahan. Beberapa adsorben tersebut termasuk hasil sampingan limbah dan memungkinkan adanya risiko kontaminan dengan mikroorganisme sehingga beracun bagi biota laut (Ahmad dkk., 2021). Oleh karena itu, penggunaan adsorben yang tidak berbahaya bagi ekosistem masih menjadi tantangan.

Kalsium karbonat (CaCO_3) adalah adsorben yang memiliki aplikasi teknologi yang luas seperti pada bidang bangunan, farmasi, kertas, tekstil, kosmetik, pasta gigi, dan sarung tangan (Jimoh dkk., 2017). Kalsium karbonat

banyak ditemukan dalam batuan dan mineral, seperti batu gamping dan batu dolomit (Umar dan Jamaluddin, 2018). CaCO_3 adalah senyawa yang memiliki kelarutan yang rendah dalam air, yakni $1,3 \times 10^{-3}$ M. Hal ini diakibatkan adanya daya tarik antar molekul kalsium karbonat yang lebih besar dari daya tarik antara molekul kalsium karbonat dengan molekul air (Xiang dkk., 2018). Kelarutan CaCO_3 dapat ditingkatkan dengan mengurangi ukuran partikel, yakni dalam skala nanopartikel.

Nanopartikel adalah partikel yang memiliki ukuran 1-100 nanometer. Beberapa kelebihan nanopartikel adalah kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal, kemampuan untuk menembus dinding sel yang lebih tinggi, baik melalui difusi maupun opsonifikasi, dan fleksibilitasnya untuk dikombinasikan dengan berbagai teknologi lain sehingga membuka potensi yang luas untuk dikembangkan pada berbagai keperluan dan target. Kelebihan lain dari nanopartikel adalah meningkatkan luas permukaan semakin luas dan kontak antar partikel lebih tinggi (Abdassah, 2017). Menurut Ghafar dkk. (2017), nanopartikel kalsium karbonat (NPKK) telah diidentifikasi sebagai adsorben yang efektif dalam industri pengolahan air.

Beberapa penelitian telah membuktikan NPKK sebagai agen *removal* beberapa polutan, seperti *removal* ion fluorida (Abeykoon dkk., 2020), kadmium di perairan (Tizo dkk., 2018), zat warna metilen biru (Elwakeel dkk., 2017), dan pewarna kationik dan anionik (Elgahary dkk., 2019). Pada proses sintesis, pembentukan NPKK tergantung pada beberapa parameter seperti jenis prekursor, laju pemanasan, suasana reaksi, dan penggunaan surfaktan atau zat penstabil. Surfaktan adalah molekul yang mengandung gugus hidrofilik dan lipofilik pada

molekul yang sama. Surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan suatu cairan saat terjadi proses kavitasi sehingga mampu mendispersikan suatu larutan secara sempurna dan menstabilkan partikel sehingga tidak terjadi aglomerasi, sehingga dapat terjadi keseragaman partikel (Ismayana dkk., 2017).

Polivinil pirolidon (PVP) adalah surfaktan non ionik yang menghasilkan granul dengan sifat alir yang baik. PVP mampu meningkatkan gaya tarik-menarik antar partikel (Kurakula dan Rao, 2020). Selain itu, PVP memberikan efektivitas yang lebih baik dibanding jenis surfaktan anionik (Ordonez dkk., 2020). Pada proses sintesis, PVP membatasi pertumbuhan kristal, menghasilkan ukuran partikel yang kecil dan membatasi proses oksidasi pada nanopartikel. Molekul PVP melekat pada permukaan partikel sehingga mencegah aglomerasi partikel (Seo dkk., 2018). Beberapa penelitian yang menggunakan surfaktan PVP sebagai stabilisator seperti pada pembentukan nanopartikel magnetik (Shao dkk., 2019) dan pembentukan nanopartikel perak (Hwang dkk., 2019).

Metode pembentukan nanopartikel secara umum dibagi menjadi dua, yakni metode *top-down* dan *bottom-up*. Metode *top-down* yaitu membuat partikel berukuran nano secara langsung dengan memperkecil material yang besar. Metode *bottom-up* yaitu menyusun partikel berukuran nano dari atom-atom atau molekul-molekul penyusunnya yang berukuran lebih kecil (Sandewi, 2017). Nanopartikel yang dibuat menggunakan metode *bottom-up* memiliki stabilitas yang lebih baik dan lebih sederhana dibandingkan dengan metode *top-down* (Oktavia dan Sutoyo, 2021). Salah satu pendekatan metode *bottom-up* adalah metode mikroemulsi. Kelebihan dari metode ini adalah stabil secara termodinamika, stabilitas jangka panjang dan lebih murah (Amalia, 2018).

Pada budidaya perairan, penambahan produk nanopartikel harus memperhatikan ekosistem organisme budidaya. Budidaya merupakan salah satu kegiatan alternatif dalam meningkatkan produksi perikanan. Syarat terlaksananya kegiatan budidaya adalah adanya organisme yang dibudidayakan, media hidup dan wadah/tempat budidaya. Vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu jenis udang yang sering dibudidayakan. karena memiliki prospek dan profit yang menjanjikan. Beberapa parameter kualitas air yang sering diukur dan berpengaruh pada pertumbuhan udang yaitu pH, salinitas, oksigen terlarut, dan sintasan (Arsad dkk., 2017).

Berdasarkan uraian tersebut, telah dilakukan penelitian dengan memanfaatkan surfaktan PVP sebagai stabilisator dalam sintesis nanopartikel kalsium karbonat (NPKK) sebagai agen *removal* fosfat di perairan tambak udang dengan studi penelitian di PT Suri Tani Pemuka, Purwakarta, Jawa Barat pada proyek riset Magang bersertifikat yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, adapun rumusan pada penelitian ini, yakni:

1. berapa % rendamen hasil sintesis NPKK menggunakan PVP sebagai stabilisator
2. bagaimana karakter nanopartikel kalsium karbonat?
3. bagaimana nilai pH, salinitas, oksigen terlarut, dan sintasan di perairan tambak udang setelah penambahan NPKK?
4. berapa persentase tertinggi *removal* fosfat yang dihasilkan oleh produk nanopartikel kalsium karbonat?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini yaitu untuk menyintesis dan mengkarakterisasi NPKK dengan PVP serta menguji efektivitas NPKK sebagai agen removal fosfat.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini, yakni:

1. menentukan % rendamen hasil sintesis NPKK menggunakan PVP sebagai stabilisator
2. menentukan karakter nanopartikel kalsium karbonat
3. menentukan nilai pH, salinitas, oksigen terlarut, dan sintasan di perairan tambak udang setelah penambahan NPKK
4. menentukan persentase tertinggi *removal* fosfat yang dihasilkan oleh produk nanopartikel kalsium karbonat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai potensi kalsium karbonat sebagai agen *removal* fosfat di perairan menggunakan PVP sebagai stabilisator dalam proses sintesis, serta diharapkan dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan sehingga dapat menekan efek residu bagi biota laut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eutrofikasi

Eutrofikasi adalah proses secara bertahap pada seluruh atau sebagian badan air yang mengalami peningkatan kadar mineral dan nutrien, terutama nitrogen dan fosforus. Eutrofikasi didefinisikan sebagai peningkatan produktivitas fitoplankton yang disebabkan oleh meningkatnya unsur nutrien (Haniyyah, 2021). Ketika terjadi secara alami, eutrofikasi dihasilkan dari akumulasi nutrisi perairan lainnya, misalnya unsur hara dari tanah yang dapat hanyut oleh banjir dan mengendap di sungai. Hal ini membuat perairan diperkaya dengan nutrisi yang menyebabkan perkembangan tumbuhan air yang tidak terkontrol dengan baik. Proses ini umumnya terjadi secara bertahap selama ribuan tahun. Eutrofikasi dapat mengakibatkan kondisi perairan berubah menjadi kehijauan dan berbau tidak sedap. Perairan yang telah tercemar tentunya dapat membuat berbagai ekosistem makhluk hidup di dalamnya mati karena kurangnya oksigen (Tobing dan Kennedy, 2017).



Gambar 1. Eutrofikasi (Humagain, 2018)

Penyebab eutrofikasi dapat berasal dari kotoran hewan, pupuk, dan limbah dari irigasi ke badan air melalui limpasan permukaan (Khan dkk., 2018).

Eutrofikasi juga dapat terjadi secara alami selama ribuan tahun seiring dengan bertambahnya usia danau dan terisi oleh sedimen. Di samping itu, aktivitas manusia berada di urutan teratas yang mempercepat laju eutrofikasi melalui pelepasan polutan (Cantonati dkk., 2020). Akibat eutrofikasi, pada tumbuhan air yang berukuran mikro akan tumbuh lebih pesat. Kualitas air di banyak ekosistem air pun menjadi menurun (Tibebe, 2019). Ikan dan makhluk hidup air lain juga tidak dapat bertahan karena konsentrasi oksigen terlarut rendah bahkan sampai batas nol. Rantai makanan akan terganggu karena komponen dalam rantai makanan hilang sehingga memutus mata rantai di ekosistem air tawar (Noviasari, 2018).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan molekul solut di antara partikel pada permukaan adsorben. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik atom/molekul pada permukaan adsorben. Gaya yang menggerakkan terjadinya adsorpsi adalah kombinasi dari faktor afinitas adsorbat terhadap pelarut dan afinitas adsorbat terhadap adsorben. Pada proses adsorpsi, molekul adsorbat bergerak melalui bulk fasa gas menuju permukaan padatan dan berdifusi pada permukaan pori padatan adsorben. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk. Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen atau ion. Adsorpsi kimia ini diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. Pada adsorpsi kimia, adsorbat melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya merupakan ikatan kovalen (Febriyantri, 2017).

Menurut Zahra (2021), beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses penyerapan atau adsorpsi, yaitu:

- a. Karakteristik adsorbat. Adsorpsi dipengaruhi oleh dua sifat permukaan, yaitu energi permukaan dan gaya tarik permukaan. Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar pula daya adsorpsinya. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsi menyerap adsorbat, sehingga proses adsorpsi semakin efektif.
- b. Waktu kontak. Semakin lama waktu kontak antara partikel yang diadsorpsi dengan partikel pengadsorpsi, maka kemungkinan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat juga berlangsung lebih baik.
- c. Luas permukaan. Semakin kecil ukuran adsorben maka luas permukaan akan semakin besar. Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak partikel adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi juga semakin efektif. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya.
- d. Proses Pengadukan. Jika dilakukan pengadukan, semakin cepat pengadukan maka molekul-molekul adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukan sehingga akan mempercepat proses adsorpsi.

2.3 Nanopartikel

Nanopartikel adalah partikel yang berukuran 1-100 nanometer (Abdassah, 2017). Nanopartikel bertujuan untuk mengatasi kelarutan zat aktif yang sukar larut dan memperbaiki bioavailabilitas yang buruk (Dewi dkk., 2021). Dalam dunia medis, nanopartikel digunakan untuk memodifikasi sistem penghantaran obat sehingga obat dapat langsung menuju daerah yang spesifik dan memperbaiki absorpsi suatu senyawa makromolekul (Nurviana dkk., 2020).

Beberapa kelebihan nanopartikel adalah kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal, kemampuan untuk menembus dinding sel, baik melalui difusi maupun opsonifikasi, dan fleksibilitasnya untuk dikombinasi dengan berbagai teknologi lain (Yasser, 2017). Selain itu, nanopartikel fleksibel untuk dikombinasikan dengan berbagai teknologi lain. Kemampuan ini membuka potensi luas untuk dikembangkan pada berbagai keperluan (Utami dan Amperawati, 2020). Kelebihan lain adalah adanya peningkatan afinitas karena peningkatan luas permukaan kontak pada jumlah sama (Ramadhani, 2017). Adapun jenis-jenis nanopartikel yaitu sebagai berikut.

1. Nanokristal

Nanokristal adalah gabungan dari beberapa molekul yang membentuk suatu kristal. Nanokristal tidak membutuhkan banyak surfaktan agar stabil karena adanya gaya elektrostatik sehingga mengurangi adanya kemungkinan efek toksik. Dalam dunia medis khususnya sistem penghantaran obat, ukuran partikel merupakan faktor utama sehingga penggunaan nanokristal lebih banyak digunakan, seperti obat tetes mata, cairan infus, dan obat suntik (Sandewi, 2017).

2. Nanotube

Nanotube adalah lembaran atom yang diatur menjadi bentuk *tube* dalam skala nanometer yang memiliki rongga di tengah dan struktur yang menyerupai sangkar berbahan dasar karbon (Mazari dkk., 2021). *Nanotube* berdinding tunggal yang digunakan sebagai sistem penghantaran obat dalam gen karena bentuknya menyerupai asam nukleat. *Nanotube* juga digunakan sebagai pembawa untuk transformasi sel bakteri dan untuk elektroporasi sel (Herlem dkk., 2019).

3. Nanoliposom

Liposom merupakan konsentrat vesikel lapis ganda yang terdapat cairan di dalamnya dengan dibungkus membran lipida lapis ganda yang terbuat dari

fosfolipid alam umumnya (Lombardo dan Kiselev, 2022). Liposom terbentuk ketika lapisan lipida tipis terhidrasi dan sejumlah kristal cair lapis ganda mengembang. Liposom biasanya digunakan sebagai pembawa obat sediaan kosmetik untuk mempertahankan kelembaban kulit (Sandewi, 2017). Nanoliposom dapat dimanfaatkan sebagai perlindungan terhadap obat dari degradasi biologis sebelum sampai pada tempat yang diharapkan (Zhang dkk., 2020).

4. Misel

Misel merupakan agregat molekul amfipatik dalam air dengan bagian nonpolar di dalam dan polar di luar pada bagian yang terpapar air (Ulya dkk., 2017). Dengan struktur tersebut, material yang bersifat hidrofob dapat terdeposit di bagian dalam inti misel sehingga cocok sebagai pembawa obat yang tidak larut air. Misel memiliki kegunaan pada stabilitas termodinamik pada larutan fisiologis yang mengakibatkan disolusi lambat secara *in vivo*.

5. Dendrimer

Dendrimer merupakan makromolekul yang terdiri atas cabang-cabang di sekeliling inti pusat yang bentuk dan ukurannya dapat diubah sesuai yang diinginkan. Suatu molekul dapat dimuat baik dalam dendrimer atau diabsorpsi pada permukaannya (Li dan Kono, 2018). Dendrimer dapat digunakan sebagai perlindungan dan penghantaran obat menuju target yang spesifik sehingga dapat mengurangi toksitas (Sandewi, 2017).

6. Nanopartikel Polimerik

Nanopartikel polimerik terbagi menjadi nanokapsul dan nanosfer. Nanokapsul terdiri atas polimer yang membentuk dinding yang melingkupi inti. Nanosfer terbuat dari matrik polimer padat dan senyawa yang terdispersi di dalamnya. Polimer yang biasa digunakan antara lain poli asam laktat (PLA), poli

asam glikolat (PGA), poli alkilsianiakrilat (PACA), dan lainnya. Beberapa polimer alam antara lain kitosan (Furkan, 2017).

7. Nanopartikel *Cross Link*

Nanopartikel *cross link* merupakan nanopartikel yang terbentuk dari proses sambung silang antara elektrolit dengan pasangan ionnya. Ikatan sambung silang ini terjadi secara ionik maupun kovalen (Ramadhan, 2019). Pembuatan nanopartikel sambung silang dilakukan menggunakan metode gelasi ionik (Munika, 2018). Dalam mekanisme pembentukan nanopartikel kitosan, didasarkan pada interaksi elektrostatik antara amin dari kitosan dan muatan negatif dari polianion (Zarkoni, 2019).

2.4 Metode Pembuatan Nanopartikel

2.4.1 *Top-Down*

Metode *top-down* terdiri atas pengurangan ukuran partikel dari partikel obat yang besar menjadi partikel yang lebih kecil dengan menggunakan teknik penggilingan yang bervariasi seperti penggilingan media, mikrofluidisasi dan homogenisasi tekanan tinggi. Tidak ada pelarut keras yang digunakan dalam teknik ini. Walaupun demikian, semua proses penggilingan media membutuhkan energi yang tinggi dan tidak efisien. Pertimbangan terhadap banyaknya panas yang dihasilkan dalam metode ini membuat pengolahan material yang termolabil menjadi sulit (Abdassah, 2017).

2.4.2 *Bottom-Up*

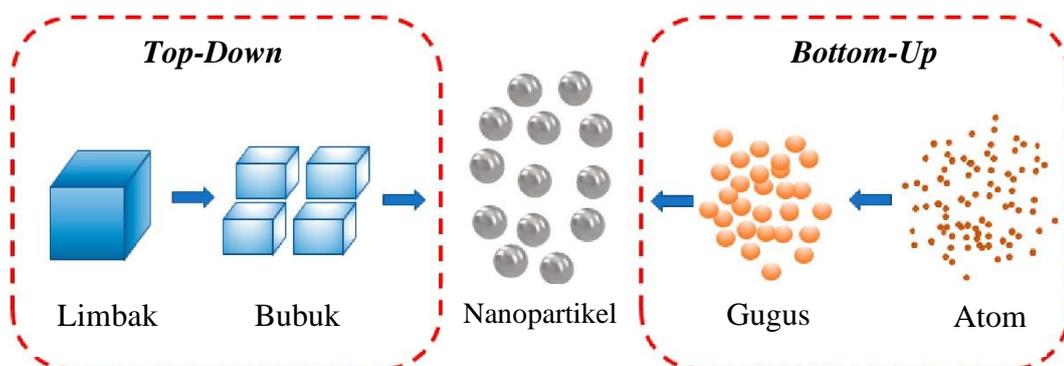
Metode *bottom-up* berupa teknik merangkai atom atau molekul dan menggabungkannya melalui reaksi kimia untuk membentuk struktur nano. Pada pendekatan *bottom-up*, larutan dilarutkan dalam pelarut organik dan diendapkan

pada penambahan antisolven sebagai stabilisator (Hasmila, 2019). Metode *bottom-up* dapat menggunakan teknik sol-gel, presipitasi kimia dan aglomerasi fasa gas (Sandewi, 2017). Metode *bottom-up* dan *top-down* secara umum dapat dikategorikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori metode *bottom-up* dan *top-down* (Wigati, 2018)

| Kategori | Metode | Nanopartikel |
|------------------|---|------------------------|
| <i>Bottom-up</i> | Sol-gel | Karbon, logam, oksida |
| | <i>Spinning</i> | Polimer organik |
| | <i>Chemical Vapour Deposition (CVD)</i> | Karbon dan logam |
| | Pirolisis | Karbon, oksida |
| <i>Top-down</i> | <i>Milling</i> | Logam, oksida, polimer |
| | Nanolitografi | Logam |
| | Ablasi laser | Karbon, oksida |
| | <i>Sputtering</i> | Logam |

Nanopartikel yang dibuat menggunakan metode *bottom-up* memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode *top-down*. Skema sintesis nanopartikel ditunjukkan pada Gambar 2. Sintesis nanopartikel pada metode *top-down*, dapat dilakukan dengan melakukan *miling* atau metode korosi atau abrasi dengan penambahan asam. Metode *bottom-up* dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti kimia, abrasi laser, dan lain-lain.



Gambar 2. Skema sintesis nanopartikel (Lu dkk., 2020)

Nanopartikel yang dibuat menggunakan metode *bottom-up* memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan metode *top-down*. Adapun keuntungan dari beberapa metode sintesis dapat dilihat pada Tabel 2.

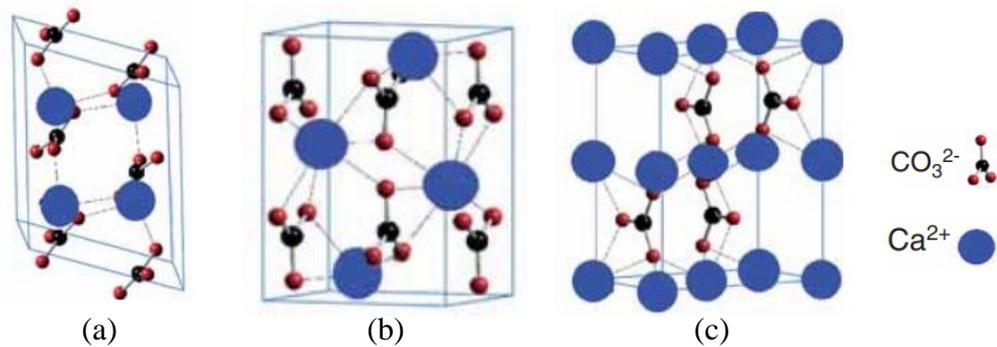
Tabel 2. Metode sintesis nanopartikel (Wigati, 2018)

| Metode Sintesis | Keuntungan |
|---|--|
| <i>Chemical Vapor Condensation</i> Bahan kimia padat yang diuapkan pada tabung yang dipanaskan. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Preparasi pada berbagai jenis nanopartikel 2. Sejumlah besar nanopartikel dengan keadaan non-aglomerasi |
| Mikroemulsi Penetasan air nanoseptik yang terdispersi dalam fase-fase kontinyu dan distabilkan oleh molekul surfaktan untuk membentuk nanopartikel. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Metode sederhana 2. <i>Powder</i> terdefinisi dengan baik dan terkontrol 3. Nanopartikel terkontrol dan berukuran seragam 4. <i>Nanopowder</i> homogen |
| Sol-gel Reaksi polimerisasi anorganik, dengan tahapan hidrolisis, pengeringan, dan dekomposisi termal. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengontrolan komposisi yang sangat baik 2. <i>Powder</i> yang sangat berpori 3. Homogenitas produk |
| Mikrobiologi Penggunaan bakteri untuk memproduksi nanopartikel. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Bakteri tidak perlu mati 2. Distribusi ukuran sempit Selektivitas dan Presisi |
| Pirolisis Penggunaan pembakaran prekursor dengan api untuk memproduksi nanopartikel skala besar. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Distribusi ukuran partikel yang seragam dan dapat dikontrol 2. Dapat memproduksi skala besar |
| <i>Milling</i> Sintesis nanopartikel dengan menggiling elemen berbeda menggunakan <i>milling</i> dan <i>annealing</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Metode efisien Pembentukan fase pada suhu rendah |

2.5 Nanopartikel Kalsium Karbonat (NPKK)

Kalsium karbonat (CaCO_3) adalah salah satu mineral paling melimpah di bumi. CaCO_3 banyak digunakan sebagai pengisi dalam banyak produk konsumen, seperti cat, plastik, karet, kertas, tinta cetak, pasta gigi, kosmetik dan makanan (Jimoh dkk., 2017). Hal ini disebabkan oleh harganya yang murah, karakteristik fisika dan kimia yang sangat baik, sifatnya yang biokompatibilitas dan biodegradabilitas yang baik (Dijaz dkk., 2019). Material anorganik ini banyak digunakan dalam produksi nanopartikel. Material ini memiliki luas permukaan spesifik besar, kapasitas pemuatan yang tinggi dan sifat pelepasan terkontrol yang responsif terhadap rangsangan (Liu dkk., 2018).

Nanopartikel kalsium karbonat (NPKK) memiliki berbagai bentuk amorf, yakni kalsium karbonat amorf, dua bentuk terhidrasi; kalsium karbonat monohidrat dan kalsium karbonat heksahidrat dan tiga anhidrat polimorf, yaitu kalsit berbentuk romboidal, aragonit seperti jarum dan vaterit berbentuk bola (Danuweera dan Rajapakse, 2017; Ma dkk., 2021). Kalsit adalah bentuk yang stabil, sedangkan aragonit dan vaterit adalah bentuk metastabil yang mudah berubah menjadi polimorf stabil. Ada berbagai macam kristal polimorf kalsit termasuk rombohedral akut hingga tumpul, bentuk tabular, prisma atau *scalenoedra* yang berbeda (Prajapati dkk., 2018). Kristal aragonit berbeda dari kalsit dan terjadi dalam sistem ortorombik dengan kristal *acicular* (Nemeth dkk., 2018). Bentuk aragonit ada secara alami di hampir semua cangkang moluska dan di endoskeleton (Mailafiya dkk., 2019). Vaterit adalah polimorf paling tidak stabil dari kalsium karbonat. Vaterit memiliki keunggulan yaitu tepinya tidak tajam. Oleh karena itu, vaterit digunakan sebagai pembawa obat, tidak akan merusak sel biologis dengan tindakan mekanis seperti pemotongan tepi tajam (Danuweera dan Rajapakse, 2017).



Gambar 3. Polimorf NPKK: (a) kalsit (b) aragonit (c) vaterit (Dijaz, 2019)

Polimorf vaterit telah banyak digunakan untuk menghilangkan ion logam berat beracun dan menunjukkan adsorpsi yang tinggi untuk Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Namun, vaterit mudah berubah menjadi kalsit yang stabil secara termodinamika dalam air, karena itu vaterit adalah polimorf paling tidak stabil di antara tiga polimorf kalsium karbonat (Dang dkk., 2017). Vaterit memiliki sistem kristal heksagonal dan terjadi secara alami di mata air mineral, jaringan organik, batu empedu dan batu kemih.

Material NPKK memiliki polimorf yang bervariasi dalam stabilitas mulai dari bentuk yang paling stabil yaitu kalsit ke bentuk metastabil yaitu vaterit dan aragonit, keduanya mudah bermetamorfosis menjadi polimorf stabil (Nasseh, 2021). Meskipun vaterit mudah menyerap kelembaban dan sangat tidak stabil terutama ketika bersentuhan dengan air, tapi larut perlahan dan berubah menjadi bentuk kalsit. Bentuk trigonal-rhombohedral adalah kristal kalsit alami yang paling umum dan kalsit rhombohedral absolut jarang terjadi sebagai kristal alami (Mahmood, 2021). Namun, karena stabilitas termodinamika yang rendah, polimorf kalsit telah digunakan secara luas di industri. Selain itu, polimorf aragonit mudah diurai, disintesis dan digantikan oleh tulang. Aragonit juga diterapkan dalam rekayasa jaringan, perbaikan tulang dan pembawa obat antikanker (Liu dkk., 2020).

Material NPKK telah diteliti secara intens sebagai adsorben yang digunakan untuk menghilangkan ion logam dari larutan berair. Material NPKK terdiri atas

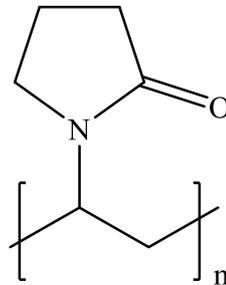
gugus CO_3^{2-} yang membentuk satu lapisan yang terletak tegak lurus dengan pusat *c-axis*. Ion Ca^{2+} terletak di antara lapisan tersebut dan membentuk oktahedron dengan berbagi molekul oksigen atas dan bawah dari struktur CO_3^{2-} . Setiap molekul dalam NPKK dikelilingi oleh molekul-molekul, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar. Pada permukaan molekul hanya mempunyai gaya tarik kearah dalam dan tidak memiliki gaya tarik ke luar. Kondisi tidak seimbang tersebut menyebabkan ion logam mengalami gaya tarik menarik dengan permukaan NPKK (Wijayanti dkk., 2018).

Material NPKK memiliki biodegradabilitas yang lambat, sehingga sering diterapkan dalam pengiriman obat, khususnya bidang farmasi. Material NPKK mempunyai biokompatibilitas yang ideal dan keunggulannya sebagai pengiriman yang efisien. Karena biokompatibilitas, ketersediaan, toksisitas rendah, biodegradabilitas lambat, dan dekomposisi yang mudah, NPKK diterapkan dalam terapi tumor. Sistem pengiriman yang peka terhadap pH dapat bertindak sebagai kandidat yang baik untuk penghantaran obat ke dalam sel/jaringan kanker karena lingkungan mikro asam tumor. Selain itu, potensi NPKK untuk difungsikan dengan agen penargetan adalah aspek utama dengan sistem pengiriman yang dapat memberikan pengiriman yang ditargetkan dan pelepasan obat terkontrol secara bersamaan (Dijaz, 2019).

2.6 Polivinil Pirolidon (PVP)

Polivinil piroidon (PVP) merupakan polimer yang berupa padatan yang larut dalam air (Firdausi, 2018). Material PVP juga dikenal dengan nama povidon dan merupakan hasil dari polimerisasi 1-vinilpirolid-2-on dengan derajat polimerisasi yang berbeda yang menghasilkan polimer dengan berbagai berat molekul 2500-3000000 Da (Mone, 2022). Struktur dari PVP dapat dilihat pada

Gambar 4. Material PVP merupakan suatu polimer inert yang bekerja menghambat terjadinya pembentukan kristal karena tidak terjadi penggabungan antar partikel sehingga dapat memperbaiki kelarutan di dalam air (Bhakay dkk., 2018).

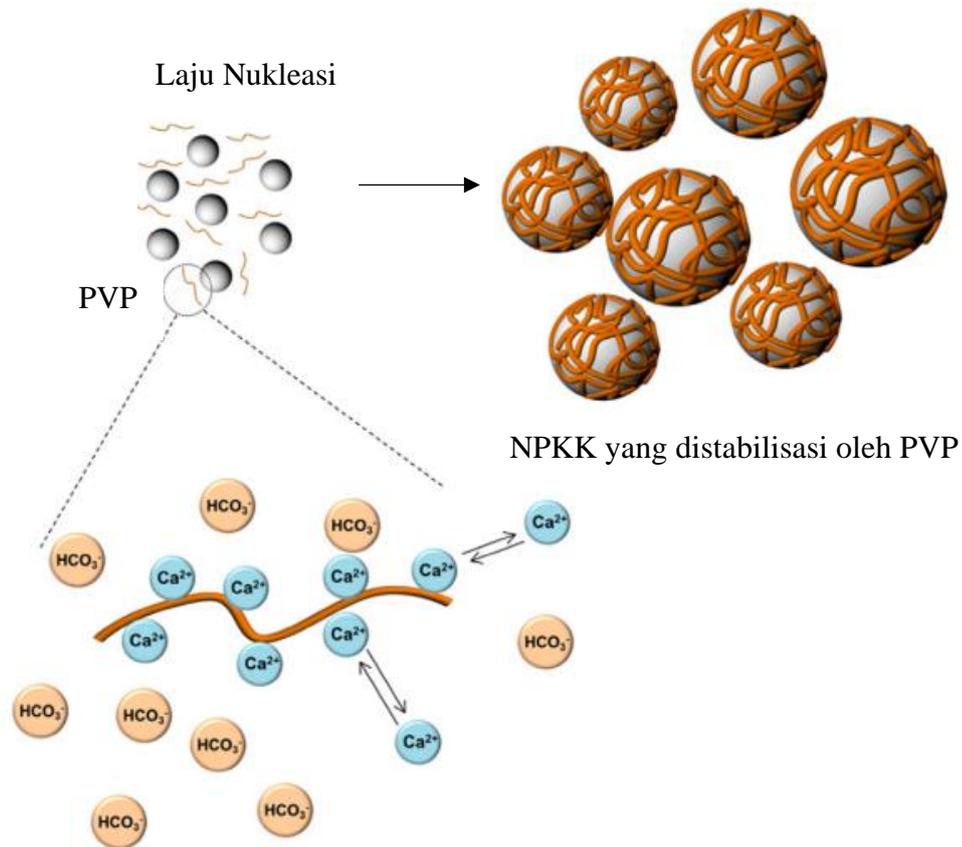


Gambar 4. Struktur molekul PVP (Firdausi, 2018)

Dalam bentuk polimer, PVP memiliki rumus molekul $(C_6H_9NO)_n$ dengan bobot molekul antara 10.000 hingga 700.000. Material PVP berbentuk serbuk putih atau putih kekuningan, berbau lemah atau tidak berbau, higroskopis. Material ini mudah larut dalam etanol, kloroform, dan tidak larut dalam eter. Dalam bidang farmasi, PVP digunakan menjadi formula sediaan sebagai bahan penyalut dan agen suspensi. Hal ini disebabkan oleh sifat PVP yang memperbaiki kelarutan zat yang sukar larut dengan membentuk kompleks (Artha, 2020). Selain untuk meningkatkan kelarutan dalam air, PVP dalam larutan dengan konsentrasi 0,5%-3% dapat meningkatkan kekompakan tablet (Herlinawati, 2020).

Material PVP adalah surfaktan yang stabil pada paparan panas sekitar 110-130°C dan dapat disimpan dalam kondisi biasa tanpa mengalami dekomposisi atau degradasi (Sarbu dkk., 2022). Namun, material ini memiliki sifat higroskopis, sehingga penyimpanannya harus di dalam wadah kedap udara, sejuk dan kering. PVP kompatibel dalam larutan dengan berbagai garam anorganik, resin alami dan sintetis, serta bahan kimia lainnya (Rathina dkk., 2020). Material PVP akan mengalami pembentukan molekul *adducts* dalam larutan dengan sulfatiazol,

natrium salisilat, asam salisilat, fenobarbital, tanin, dan senyawa lainnya (Kurakula dan Rao, 2020). Peran PVP dalam sintesis NPKK ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peran PVP dalam sintesis NPKK (Nagaraja dkk., 2014)

2.7 Karakterisasi

2.7.1 Spektrofotometri UV-Vis

Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik nanopartikel adalah menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis (Kasim dkk., 2020). Spektrofotometer UV-Vis adalah metode analisis menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet (Abriyani dkk., 2023). Spektrofotometer UV-Vis bekerja pada rentang panjang gelombang 200-900 nm. Spektrofotometer adalah instrumen yang terdiri atas spektrometer dan fotometer yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang (Pratiwi dan Priyani, 2019).

2.7.2 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah instrumen spektroskopi yang digunakan untuk menganalisis senyawa kimia menggunakan radiasi sinar inframerah (Sulistiyani dan Huda, 2018). Instrumen ini mampu mengidentifikasi senyawa organik dan menganalisis gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam senyawa kimia. Garg dkk. (2021) menyatakan bahwa keberadaan CaCO_3 pada daerah panjang gelombang 715 cm^{-1} , 880 cm^{-1} , 1490 cm^{-1} , 1804 cm^{-1} , 2530 cm^{-1} , 2900 cm^{-1} , 2998 cm^{-1} . FTIR banyak digunakan untuk analisis dalam bidang biomedis, seperti jaringan biologis, sampel tulang, rambut, sel hidup, kulit, penyembuhan luka, hingga pengobatan. Selain itu, FTIR juga dipakai secara luas dalam bidang farmasi untuk mengidentifikasi senyawa, eksipien (bahan tambahan dalam obat) dan produk obat-obatan (Roswiem dan Kusuma, 2018).

Cara kerja FTIR dimulai ketika berkas radiasi inframerah dari sumber radiasi diteruskan ke interferometer (Hidayati, 2017). Kemudian, radiasi inframerah dipecah oleh *beam splitter* menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Radiasi ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin, yaitu cermin statis dan cermin bergerak (Fidyati, 2019). Selanjutnya, radiasi hasil pantulan dari kedua cermin tersebut akan dipantulkan kembali menuju *beam splitter* untuk saling berinteraksi. Dari *beam splitter*, sebagian radiasi akan diserap oleh sampel dan sebagian lainnya diteruskan ke detektor. Fluktuasi radiasi yang sampai pada detektor akan menghasilkan sinyal pada detektor yang terdapat di interferometer. Sinyal tersebut kemudian diproses menjadi angka (Nurjanah, 2019).

2.7.3 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) adalah alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal dan ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua

bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak-puncak yang spesifik (Aji, 2020). Pada nanopartikel kalsium karbonat, pola XRD menunjukkan nilai 2θ pada posisi 20.88° , 24.94° , 26.99° , 32.78° , 38.73° , 39.29° , 40.56° , 41.66° , 42.57° , 43.74° , 48.95° , 49.92° , 50.93° , 52.19° , 55.65° pada bidang (004), (110), (112), (114), (211), (205), (116), (213), (008), (300), (304), (118), (220), (208) dan (224) (Abeykoon dkk., 2020).

Prinsip dari alat XRD adalah sinar-X yang dihasilkan dari suatu logam tertentu memiliki panjang gelombang tertentu, sehingga adanya variasi besar sudut pantulan, pantulan elastis terdeteksi (Indarto, 2017). Menurut Hukum Bragg, jarak antar bidang atom dapat dihitung dengan data difraksi yang dihasilkan pada besar sudut-sudut tertentu. Atom-atom dalam kristal dapat dipandang sebagai unsur yang membentuk bidang datar yang mempunyai jarak karakteristik antara bidang. Syarat yang diperlukan agar berkas yang sejajar ketika dihamburkan atom-atom kristal akan berinterferensi konstruktif adalah memiliki beda jarak lintasan tepat $n\lambda$, dimana selisih jarak antara 2 berkas sejajar adalah $2d \sin \theta$, dan memenuhi persamaan Bragg (Bonardo dan Siburian, 2020).

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (1)$$

Keterangan:

λ = panjang gelombang sinar-X (\AA)

d = jarak antar kisi (\AA)

θ = sudut difraksi (derajat)

$n = 1,2,3$, dst. (orde difraksi)

Penentuan kesesuaian struktur kristal yang terbentuk dilakukan dengan mencocokkan setiap puncak yang muncul pada difraktogram pada nilai sudut 2θ dan d tertentu hasil analisis dengan data dari JCPDS (*Joint Committee Powder Diffraction Standar*) sehingga diperoleh informasi orientasi bidang kristal yang terbentuk. Jika semua orientasi bidang kristal teridentifikasi dipastikan struktur

kristal terdapat kesesuaian (Hasanah, 2022). Penentuan ukuran kristal merujuk pada puncak-puncak utama pola difraktogram melalui pendekatan persamaan *Debye Scherrer* yang dirumuskan (Sumadiyasa dan Manuaba, 2018):

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

Keterangan:

D = ukuran kristal

K = faktor bentuk dari kristal (0,9-1)

λ = panjang gelombang dari sinar-X (1,54056 Å)

β = nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM) (rad)

θ = sudut difraksi (derajat)

Lebar puncak difraksi juga dipengaruhi oleh mikrostrain (strain kisi), yaitu efek dari perpindahan suatu unit sel di sekitar posisi normalnya. Ini sering dihasilkan oleh beberapa faktor antara lain distorsi kisi yang tidak seragam, yang dapat diakibatkan oleh tegangan permukaan nanokristal, morfologi bentuk kristal, dan pengotor interstisial, dislokasi dan perbatasan domain antar fase, yang mana terbentuk pada saat penyusunan struktur material yang mengalami gangguan transformasi penyusunan (Sumadiyasa dan Manuaba, 2018).