

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Identifikasi Tumbuhan

Sebelum digunakan dalam penelitian, bunga telang yang didapatkan dari pembudidaya diidentifikasi di Laboratorium Biologi Anatomi, Fakultas Biologi Universitas Gajah Mada Yogyakarta untuk memastikan bahwa bunga telang yang digunakan benar merupakan spesies *Clitoria ternatea L.* Hasil analisis menunjukkan bahwa bunga telang yang digunakan tersebut adalah *Clitoria ternatea L.* berdasarkan surat determinasi No 014552/S.Tb/1V/2019 (**Lampiran 1**).

Tanaman telang (*Clitoria ternatea L.*) merupakan tanaman polong termasuk dalam famili *Fabaceae*, dan sering disebut *butterfly pea*. *Clitoria ternatea* memiliki batang yang merambat sepanjang 0,5 hingga 3 meter, daun menyirip berbentuk elips hingga lanset panjangnya 3 sampai 5cm, bunga soliter berwarna biru tua hingga biru lembayung 4 sampai 5cm, biji berwarna zaitun, coklat atau hitam, berbintik 4,5-7mm panjang dan 3-4mm lebar bijinya (Hall TJ, 1985).

*Clitoria ternatea L.* mengandung senyawa bioaktif yang berguna untuk pengobatan. Menurut Encyclopedia of Herbal Medicinal bahwa tanaman telang dapat bermanfaat sebagai *laxative* (pencahar), diuretik, perangsang, muntah, pembersih darah, mempercepat pematangan bisul, obat cacung dan radang mata. Bunga telang telah diteliti positif mengandung alkaloid, tanin, glikosida, resin, dan terutama flavonoid. Berdasarkan uji kualitatif ekstrak air dari bagian-bagian tanaman telang, bunga merupakan bagian tanaman yang mengandung flavonoid paling besar dibandingkan flavonoid pada bagian akar, batang dan biji tanaman ini (Manjula et al, 2013). Dari sejumlah senyawa flavonoid yang terdapat pada bunga telang, antosianin adalah yang paling utama yang bertanggung jawab untuk kebanyakan warna merah, biru, dan ungu pada buah, sayur dan tanaman hias.

#### **4.2. Pembuatan Ekstrak Air Bunga Telang 5,8% (*Clitoria ternatea L.*)**

Ekstrak merupakan bagian terpenting dalam biosintesis nanopartikel perak. Ekstrak harus dibuat dengan metode dan konsentrasi yang paling tepat untuk mendapatkan senyawa fitokimia yang berperan dalam mereduksi ion logam. Peningkatan jumlah ekstrak akan meningkatkan nanopartikel yang terbentuk dan meningkatkan ukuran nanopartikel perak (Yang dan Li 2013).

Studi yang membandingkan daun *Moringa oliefera* segar dan kering tidak menunjukkan perbedaan signifikan pada kandungan total fenolik tetapi kandungan flavonoid lebih tinggi pada sampel kering (Vongsak et al, 2013) pada penelitian ini menggunakan simplisia dalam bentuk serbuk kering dalam proses ekstraksi karena diharapkan akan mengandung banyak flavonoid dan lebih memudahkan dalam penyimpanan sampel sebelum digunakan untuk ekstraksi.

Ekstraksi menggunakan metode infundasi memanfaatkan panas yang berpindah melalui konveksi dan konduksi. Pemilihan pelarut yang tepat merupakan faktor kritis yang akan menentukan senyawa yang terekstraksi dari sampel, sedangkan volume pelarut yang digunakan tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada senyawa bioaktif (Trusheva et al, 2007).

Wulandari telah melakukan optimasi biosintesis nanopartikel perak dari ekstrak air bunga telang yang kemudian dijadikan acuan dalam penelitian ini. Nanopartikel perak direduksi oleh senyawa fitokimia dalam ekstrak air bunga telang. Ekstrak air bunga telang di dapatkan dengan metode infundasi selama 15 menit dengan suhu 90°C dengan konsentrasi optimal yang telah di dapatkan yaitu 5,8% (Wulandari, 2019).

#### **4.3. Pembuatan Larutan AgNO<sub>3</sub> Konsentrasi 2.10<sup>-3</sup> M**

Menyesuaikan dengan penelitian optimasi nanopartikel perak yang dilakukan oleh Wulandari, perak nitrat dibuat dalam konsentrasi 2x10<sup>-3</sup> M dimana merupakan konsentrasi optimum dalam biosintesis nanopartikel perak dari ekstrak air mahkota bunga telang.

Konsentrasi perak nitrat juga mempengaruhi pembentukan nanopartikel perak. Penelitian menggunakan berbagai konsentrasi perak nitrat menunjukkan pengaruh terhadap bentuk dan ukuran nanopartikel. Konsentrasi perak nitrat yang semakin tinggi menghasilkan nanopartikel berukuran lebih besar, dan sebaliknya, konsentrasi perak nitrat yang lebih rendah menghasilkan ukuran partikel nanoperak yang lebih kecil. (Yang and Li 2013; Aadil et al. 2016).

#### **4.4. Pembuatan Stabilizer Polivinil Alkohol**

Cita Meitria telah meneliti pengaruh penggunaan PVA pada nanopartikel isolat andrografolid menggunakan beberapa konsentrasi PVA. PVA 2% dalam penelitian tersebut memberikan nilai zeta potensial yang paling baik dibandingkan PVA 1% dan PVA 5% yaitu  $\pm 30,5\text{mV}$  dengan ukuran partikel yang stabil selama waktu uji stabilitas (Cita, 2017). Sementara itu Rizchi et al melaporkan nanopartikel seng (Zn) dengan penambahan PVA 1% dapat menstabilkan ukuran partikel sehingga mencegah terjadinya aglomerasi permukaan nanopartikel (Rizchi, 2018). Hasan melaporkan bahwa nanopartikel perak yang termodifikasi PVA 1% memiliki panjang gelombang yang stabil antara 422-425 nm (Hasan, 2012). Jeane dalam penelitian biosintesis nanopartikel perak dari ekstrak buah merah (*Pandanus conoideus*) melaporkan nanopartikel perak dengan PVA 1,5% memiliki panjang gelombang yang relatif stabil antara 422-422,5 nm.

Apabila konsentrasi stabilisator yang ditambahkan di atas kondisi optimum ( $>3\%$ ), dapat mengakibatkan pencegahan stabilitas nanopartikel sehingga menyebabkan terjadinya proses agregasi (Nafee, 2007). Sehingga PVA dengan konsentrasi 1%, 1,5% dan 2% dipilih untuk dievaluasi pengaruhnya terhadap stabilitas nanopartikel perak dari ekstrak air bunga telang.

#### **4.5. Biosintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Air Mahkota Bunga Telang (*Clitoria ternatea L.*)**

Ekstrak tanaman mengandung banyak gugus fungsi seperti C=C (alkenil), C=N (amida), O=H (fenol dan alkohol), N-H (amina), C-H dan COO- (karboksilat). Metabolit sekunder tersebut dapat berupa makro maupun mikromolekul (Jha et al., 2009). Nanopartikel terbentuk dari unit-unit kecil, seperti gabungan atom-atom, molekul-molekul maupun partikel-partikel kecil (Mukherjee et al.2001; Mittal et al. 2013). Nanopartikel-nanopartikel yang berhasil disintesis diselimuti dan distabilkan oleh komponen-komponen fitokimia (Dhamecha et al. 2016; Mohammadi et al. 2016; Mata et al.2016; Shah et al. 2015). Para peneliti melaporkan ada pengaruh signifikan dalam sintesis nanopartikel terhadap perubahan ukuran, bentuk, dan morfologi nanopartikel dengan adanya perubahan parameter sintesis termasuk pH, suhu, konsentrasi garam logam, konsentrasi ekstrak dan lama waktu reaksi (Mittal et al. 2013; Shah et al. 2015; Ghaffari-Moghaddam and Hadi-Dabanlou. 2014)

Dalam pembentukan nanopartikel perak menggunakan ekstrak tanaman, ekstrak air dari *Vigna radiata* seeds dilaporkan dapat mereduksi ion perak dalam suhu ruang menjadi bentuk nanopartikel perak berbentuk bulat dengan rentang ukuran partikel 5-30nm (Choudhary et al. 2016). Sudhakar et al juga telah berhasil mensintesis nanopartikel perak berbentuk bulat dalam ukuran yang berbeda-beda menggunakan ekstrak dari akar *Acorus calamus* (Sudhakar et al. 2015). Ekstrak daun *Anisomeles indica* dilaporkan dapat mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak berbentuk bulat dengan ukuran 50-100nm pada suhu ruang dalam waktu 10 menit (Govindarajan et al 2016).

Krithiga et al. melakukan penelitian menggunakan daun *Clitoria ternatea* dan *Solanum nigrum* untuk mensintesis nanopartikel perak dengan bentuk bulat berukuran 20 dan 28nm. Dalam penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa sejalan dengan meningkatnya suhu reaksi, kecepatan sintesis nanopartikel juga meningkat. Perbedaan pH juga diketahui mempengaruhi pembentukan nanopartikel dimana pH asam dapat

menekan pembentukan nanopartikel dan meningkatkan sintesis nanopartikel dalam keadaan basa (Krithiga et al. 2015).

Biosintesis nanopartikel perak dari ekstrak air bunga telang telah dilakukan dengan formula optimal oleh Wulandari dengan menggunakan ekstrak air mahkota bunga telang konsentrasi 5.8%, perak nitrat konsentrasi  $2 \times 10^{-3} \text{M}$ , pada suhu ruang dalam pH netral dan berhasil mensintesis partikel dengan ukuran kurang dari 100nm (Wulandari, 2019). Pencampuran menggunakan metode ultrasonikasi selama 4 menit untuk menghasilkan nanopartikel yang memiliki keseragaman ukuran yang baik serta ukuran partikel yang baik. Ultrasonikasi dapat meningkatkan kontak permukaan antara ekstrak air bunga telang dan larutan perak nitrat serta meningkatkan permeabilitas dinding sel. Rusaknya dinding sel tanaman yang diekstraksi meningkatkan senyawa-senyawa yang terekstraksi (Dhanani et al, 2013)

Penelitian ini menggunakan formulasi optimal mengacu pada penelitian sebelumnya dengan modifikasi penambahan PVA dalam beberapa konsentrasi untuk dievaluasi kestabilan nanopartikel yang dihasilkan.

#### **4.6. Evaluasi Perbedaan Metode Pencampuran Agen Penstabil Dalam Biosintesis Nanopartikel Perak Dari Ekstrak Air Bunga Telang**

Sebelum dilakukan uji stabilitas, peneliti melakukan perbandingan metode pencampuran ekstrak mahkota bunga telang, larutan perak nitrat dan PVA untuk melihat metode pencampuran yang menghasilkan ukuran partikel dan polidispers indeks terbaik untuk mensintesis nanopartikel perak yang dievaluasi stabilitasnya. Peneliti membedakan metode pencampuran menjadi 2 kelompok, yaitu PVA yang dicampur dengan ultrasonikasi bersamaan dengan perak nitrat dan ekstrak air bunga telang, dan kelompok PVA yang dicampur dengan ultrasonikasi setelah perak nitrat dan ekstrak air bunga telang direaksikan terlebih dahulu. Berikut adalah hasil ukuran partikel dan polidispers indeks dari kedua metode :

**Tabel 4.1** Ukuran partikel dan polidispers indeks

Kelompok	Replikasi 1		Replikasi 2		Replikasi 3		Rata-rata	
	Ukuran Partikel	PDI						
Tanpa Penstabil	104,2	0,485	133,3	0,461	72,6	0,436	103,4	0,461
PVA Bersamaan	96,7	0,448	92,3	0,560	118,2	0,117	102,4	0,375
1% PVA diakhir	109,2	0,438	108,5	0,526	145,4	0,553	121,0	0,506
PVA Gabung	86,5	0,208	95,2	0,422	117,1	0,375	99,6	0,335
1,5% PVA diakhir	104,2	0,474	122,3	0,331	108,7	0,407	111,7	0,404
PVA Gabung	125,3	0,201	113,7	0,246	182,9	0,573	140,6	0,340
2% PVA diakhir	156,0	0,620	127,8	0,405	158,7	0,477	147,5	0,501

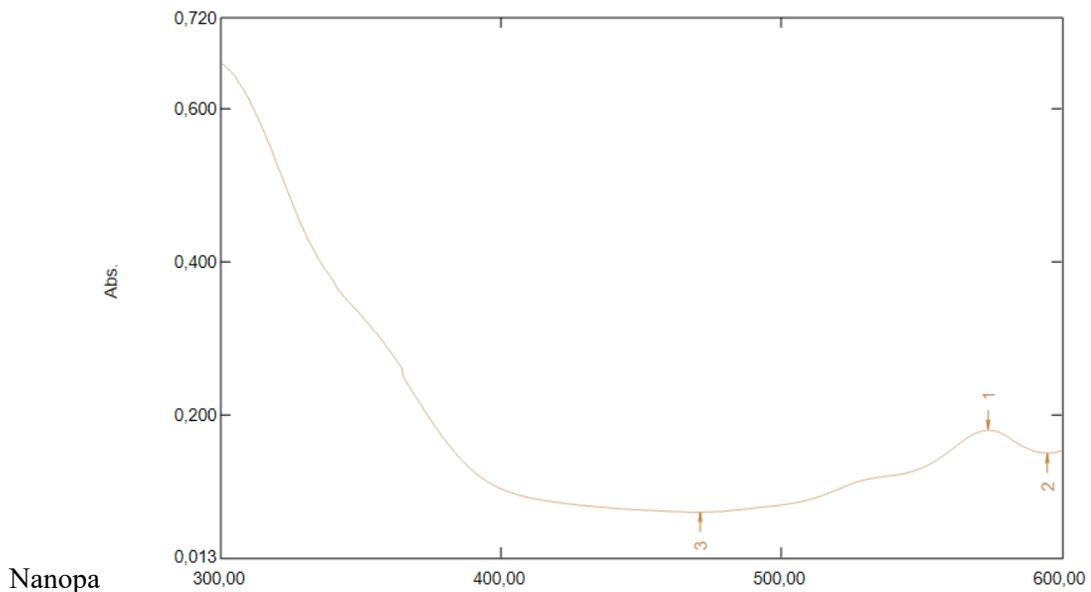
Hasil yang disajikan pada **Tabel 4.1** menunjukkan bahwa metode pencampuran PVA mempengaruhi ukuran partikel dan polidispers indeks nanopartikel perak. PVA yang dicampur dengan cara ultrasonik bersamaan dengan penambahan ekstrak air bunga telang dan larutan perak nitrat menghasilkan ukuran partikel dan polidispers indeks yang lebih baik dibandingkan nanopartikel perak dengan penambahan PVA diakhir setelah ekstrak air bunga telang dan perak nitrat direaksikan terlebih dahulu. Secara berurutan, metode PVA yang disonikasi bersamaan dan PVA yang direaksikan diakhir memiliki nilai ukuran partikel 102,4 nm dan 121nm dengan nilai polidispers indeks 0,375 dan 0,506 pada konsentrasi PVA 1%. Pada konsentrasi PVA 1,5% hasil pencampuran PVA bersamaan dengan ekstrak air bunga telang dan perak nitrat juga lebih baik dibandingkan dengan PVA yang ditambahkan terakhir dimana nilai ukuran partikel rata-rata adalah 99,6nm dan 111,7nm dengan nilai polidispers indeks 0,335 dan 0,404. Sedangkan pada konsentrasi PVA 2% diperoleh ukuran partikel dari metode PVA yang dicampur bersamaan dan PVA yang direaksikan terakhir 140,6nm dan 147,5nm dengan nilai polidispers indeks 0,340 dan 0,501, Hasil tersebut diperoleh dari rata-rata ketiga replikasi dari masing-masing konsentrasi PVA. Metode pencampuran

secara bersamaan dari ketiga bahan tersebut selanjutnya digunakan untuk membuat nanopartikel perak yang akan dievaluasi stabilitasnya.

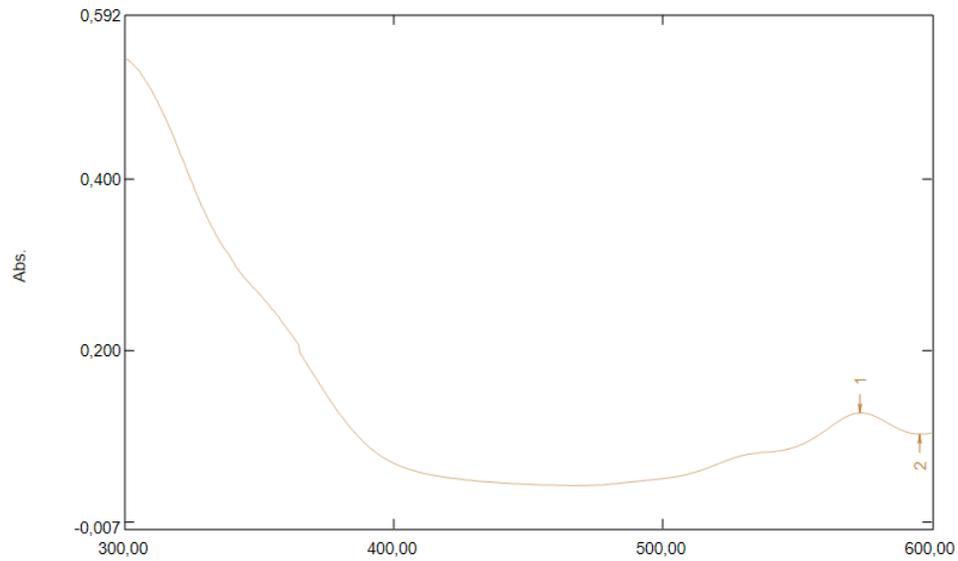
#### 4.7. Identifikasi Panjang Gelombang Nanopartikel Perak Hasil Biosintesis Bunga Telang

Pada penelitian sebelumnya, nanopartikel perak terbentuk dalam waktu 48 jam setelah pencampuran dengan cara ultrasonikasi (Wulandari, 2019). Nanopartikel yang terbentuk diidentifikasi dengan beberapa parameter, yaitu dengan pengamatan visual, identifikasi panjang gelombang, ukuran partikel, polidispers indeks dan juga zeta potensial.

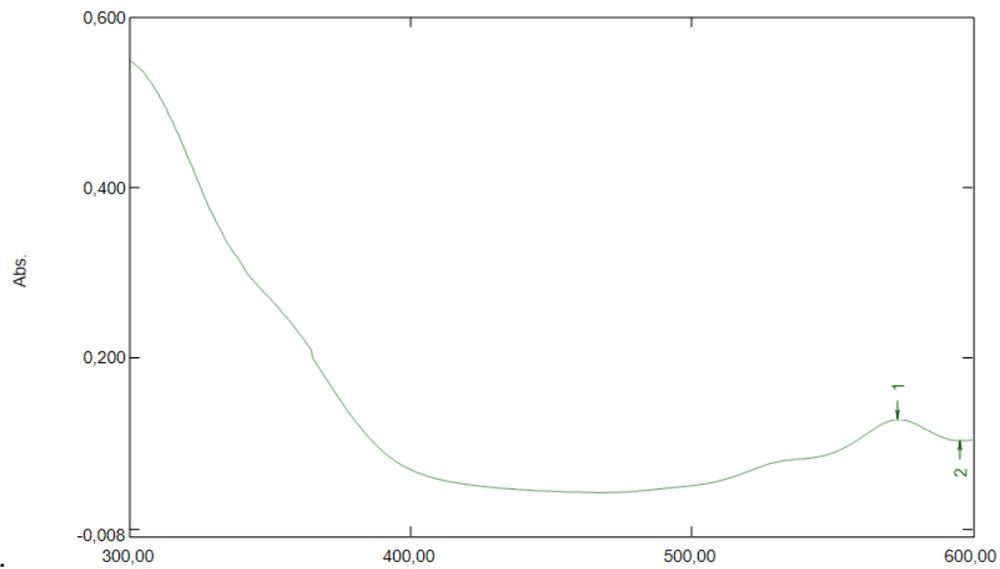
Terbentuknya nanopartikel perak ditandai dengan nilai panjang gelombang maksimum pada rentang 400-500 nm yang merupakan panjang gelombang khas dari nanopartikel perak (Solomon et al, 2007). Hasil analisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dari nanopartikel yang dihasilkan disajikan dalam **Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4 dan Gambar 4.5**



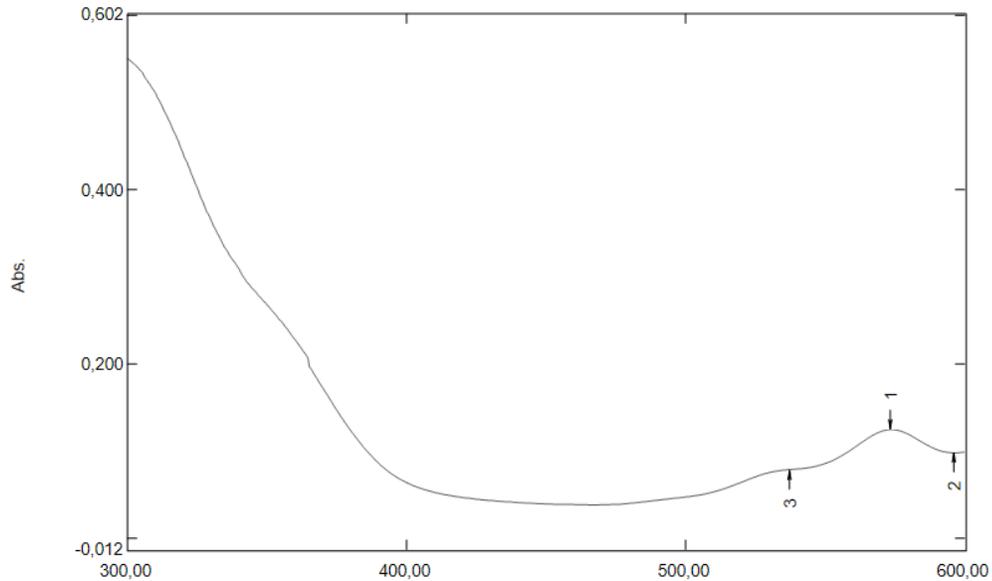
**Gambar 4.1** Hasil serapan spektrofotometer UV-Vis nanopartikel perak ekstrak air bunga telang tanpa penambahan penstabil



**Gambar 4.2** Hasil serapan spektrofotometer UV-Vis nanopartikel perak ekstrak air bunga telang dengan penambahan penstabil PVA 1%



**Gambar 4.3** Hasil serapan spektrofotometer UV-Vis nanopartikel perak ekstrak air bunga telang dengan penambahan penstabil PVA 1,5%



**Gambar 4.4** Hasil serapan spektrofotometer UV-Vis nanopartikel perak ekstrak air bunga telang dengan penambahan penstabil PVA 2%

Dari hasil identifikasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis puncak serapan nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak air bunga telang dengan maupun tanpa penambahan PVA belum ada yang memasuki rentang panjang gelombang nanopartikel perak. Puncak serapan nanopartikel perak tanpa penambahan penstabil berada pada panjang gelombang 574nm sedangkan puncak serapan dengan penambahan PVA 1%, 1,5% dan 2% menunjukkan panjang gelombang yang sama yaitu 573,6nm. Panjang gelombang tersebut bukan termasuk ke dalam rentang panjang gelombang nanopartikel perak. Lembar hasil analisis panjang gelombang terlampir pada **Lampiran 2, Lampiran 3, Lampiran 4** dan **Lampiran 5**.

Panjang gelombang yang dihasilkan tidak menunjukkan panjang gelombang nanopartikel perak. Puncak serapan panjang gelombang yang muncul lebih besar dari panjang gelombang nanopartikel perak, yaitu 400-500nm. Hal ini dapat terjadi karena adanya agregasi yang meningkatkan ukuran partikel. Pada penelitian yang dilakukan oleh Solomon, Panjang gelombang dapat menggambarkan ukuran partikel sampel yang

diuji. Peningkatan panjang gelombang serapan sejalan dengan peningkatan ukuran partikel (Solomon, 2019).

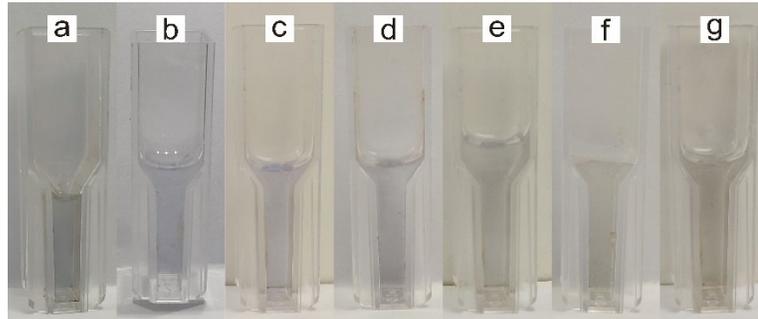
Gugus fungsi menempel pada pada nanopartikel tergantung pada permukaan nanopartikel. Hal ini dapat terjadi karena proses purifikasi yang kurang baik selama proses sintesis nanopartikel. Gugus fungsi yang menempel pada permukaan nanopartikel perak harus diketahui dengan analisis menggunakan FTIR.

#### **4.8. Evaluasi Stabilitas Nanopartikel Perak Ekstrak Air Bunga Telang.**

Untuk mengetahui stabilitas nanopartikel perak yang dihasilkan dari biosintesis menggunakan ekstrak air bunga telang, dilakukan dengan beberapa waktu sampling selama 4 minggu untuk melihat beberapa parameter, yaitu secara visual dengan perubahan warna, perubahan ukuran partikel dan nilai polidispers indeks serta nilai zeta potensial yang dihasilkan menggunakan *Particle Size Analyzer* yang dihitung sejak 48 jam setelah proses biosintesis dilakukan dimana nanopartikel perak diprediksikan telah terbentuk.

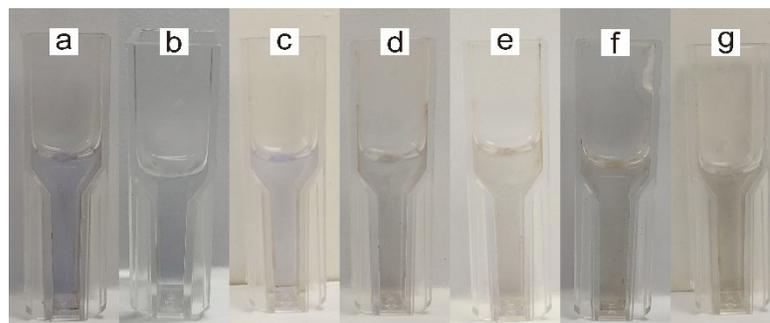
##### **4.8.1 Hasil Pengamatan Visual**

Perubahan secara visual baik perubahan warna maupun kemunculan agregat dalam sediaan dapat menunjukkan stabilitas nanopartikel perak yang dihasilkan dari bunga telang. Perbedaan visual dari waktu ke waktu ditunjukkan melalui **Gambar 4.6**, **Gambar 4.7**, **Gambar 4.8** dan **Gambar 4.9**.



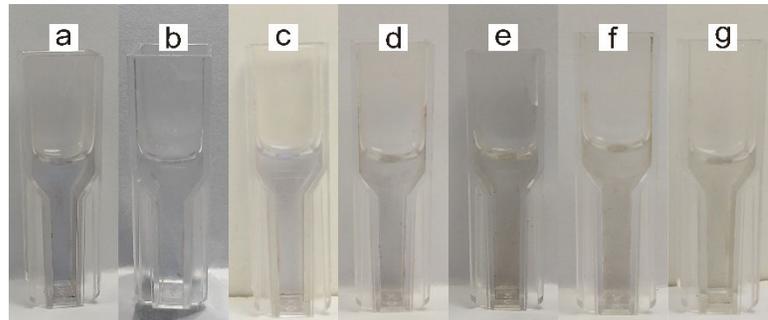
**Gambar 4.5** Hasil pengamatan visual uji stabilitas nanopartikel perak ekstrak air bunga telang tanpa penstabil pada a) hari ke-0; b) hari ke-1; c) hari ke-4; d) minggu ke-1; e) minggu ke-2; f) minggu ke-3; g) minggu ke-4

Formulasi tanpa penstabil menghasilkan perubahan warna dimulai dari minggu ke 1 warna biru mulai memudar menjadi biru bening pudar dibandingkan hari ke 0 dan hari ke 1 yang tidak memberikan perbedaan warna yang mencolok. Pada minggu ke 2 warna biru bening telah berubah menjadi lebih jernih. Pada minggu ke 3 warna kuning yang sangat tipis mulai muncul dan pada minggu ke 4 warna sediaan menjadi kuning bening.



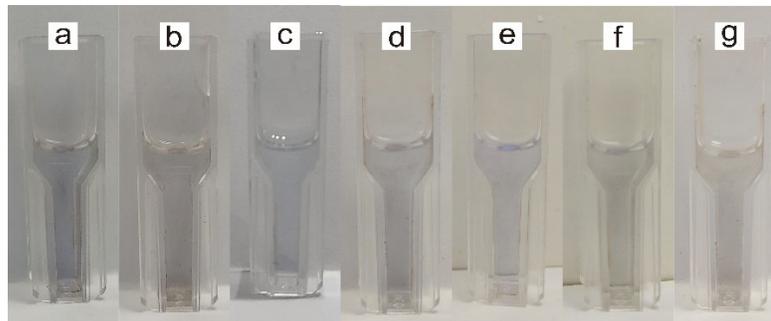
**Gambar 4.6** Hasil pengamatan visual uji stabilitas nanopartikel perak ekstrak air bunga dengan penambahan PVA 1% pada a) hari ke-0; b) hari ke-1; c) hari ke-4; d) minggu 1; e) minggu 2; f) minggu 3; g) minggu 4

Pada formulasi dengan penambahan PVA 1% pada hari ke-4, warna menjadi biru tipis. Kemudian mulai menguning pada minggu ke-2. Pada minggu ke-3 dan 4, tidak ada perubahan warna yang berarti, warna cenderung tetap berwarna kuning bening yang tipis.



**Gambar 4.7** Hasil pengamatan visual uji stabilitas nanopartikel perak ekstrak air bunga dengan penambahan PVA 1,5% pada a) hari ke-0; b) hari ke-1; c) hari ke-4; d) minggu 1; e) minggu 2; f) minggu 3; g) minggu 4

Pada formula dengan penambahan PVA 1,5% pada hari ke-1 warna biru sudah mulai memudar. Pada hari ke-4 warna biru bening sangat tipis. Pada minggu ke-2, warna sediaan perlahan menjadi kuning bening dan konstan hingga minggu ke-4.



**Gambar 4.8** Hasil pengamatan visual uji stabilitas nanopartikel perak ekstrak air bunga dengan penambahan PVA 2% pada a) hari ke-0; b) hari ke-1; c) hari ke-4; d) minggu 1; e) minggu 2; f) minggu 3; g) minggu 4

Formulasi dengan penambahan PVA 2% pada minggu ke-1 masih terlihat warna kebiruan. Warna biru memudar pada minggu ke-2 dan pada minggu ke-4 cenderung berwarna bening. Penambahan PVA 2% tidak memberikan perubahan warna yang signifikan pada nanopartikel perak dibandingkan formulasi lainnya.

Terbentuknya nanopartikel perak ditandai dengan perubahan warna menjadi kuning atau kecoklatan. (Shankar et al, 2003). Pada penelitian ini, perubahan warna

menjadi kuning terjadi dengan lambat, tetapi dilihat dari ukuran partikel pada hari ke-0 dan ke-1 disemua formulasi telah menunjukkan ukuran nano yaitu berkisar 100 nm yang disajikan pada **Tabel 4.2**. semua sampel pada masing-masing kelompok uji tidak menunjukkan adanya agregat pada nanopartikel perak. Perubahan warna kuning atau coklat dipengaruhi oleh adanya eksitasi dari resonansi plasmon di permukaan partikel nanopartikel perak yang telah tersintesis (Shankar et al, 2003).

Perubahan warna berhubungan dengan panjang gelombang. Pada penelitian ini, panjang gelombang yang dihasilkan besar dengan warna kuning yang tidak pekat karena partikel nano perak beragregat, sehingga elektron konduksi pada setiap permukaanpartikel menjadi terdelokalisasi dan dibagi di antara partikel terdekat. Ketika hal ini terjadi, resonansi plasmon permukaan bergeser ke energi yang lebih rendah, dan menyebabkan puncak serapan bergeser ke panjang gelombang yang lebih panjang (Nanocomposix.com, 2014).

Nanopartikel logam yang terdispersi dalam fase cair cenderung tidak stabil. Partikel secara spontan akan menempel satu sama lain sehingga membentuk agregat. Agregasi merupakan proses terjadinya pengelompokan partikel dalam larutan. Partikel padat (nanopartikel) yang terdispersi dalam fase cair menempel satu sama lain secara seponatan membentuk kumpulan partikel tak beraturan seperti kluster flock atau agregat (Khalil, 2015). Pada nanopartikel perak ionik terjadi dipole permanen dan dipole terinduksi diantara partikel-partikel yang saling berdekatan sehingga mengalami agregasi karena adanya gaya tarik van der waals. Gerak acak partikel dalam larutan membuka kemungkinan terjadinya tumbukan antar partikel dan tumbukan ini yang menjadi pemicu terjadinya gaya van der waals. (Atisah, 2016).

#### **4.8.2 Hasil Pengamatan Ukuran Partikel**

Stabilitas nanopartikel perak juga digambarkan dengan mengamati perubahan ukuran partikel, polidispers indeks serta zeta potensial yang dihasilkan menggunakan instrument *particle size analyzer*. Hasil pengamatan ukuran partikel dari hari ke 0 hingga minggu ke 4 disajikan dalam **Tabel 4.2**

**Tabel 4.2** Hasil pengamatan ukuran partikel dari hari ke 0 hingga minggu ke 4

Waktu Sampling	Ukuran Partikel (nm)			
	Tanpa Penstabil	PVA 1%	PVA 1,5%	PVA 2%
Hari ke-0	106,0±0,9	139,6±9,5	119,7±9,9	136,9±21,8
Hari ke-1	97,7±4,3	105,1±9,5	100,8±5,7	101,0± 6,6
Hari ke-4	111,3±0,5	187,9±1,9	144,9±27,1	187,3±2,7
Minggu ke-1	103,7±2,4	86,5±11,0	107,1±5,1	114,3±13,7
Minggu ke-2	135,9±2,7	147,2±6,5	147,0±19,1	142,0±9,9
Minggu ke-3	135,9±1,6	136,1±21,1	135,5±27,1	133,3±12,1
Minggu ke-4	114,5±8,5	142,7±15,3	129,6±7,3	129,8±13,0

Ukuran partikel dari nanopartikel perak bunga telang mengalami fluktuasi secara kontinyu baik pada kelompok yang ditambahkan maupun tanpa ditambahkan PVA. Formula Tanpa penstabil memiliki rata-rata ukuran partikel paling kecil dibandingkan formula dengan penambahan PVA, yaitu 115nm. Sedangkan formula yang menggunakan PVA yang memiliki ukuran partikel rata-rata dari yang paling kecil adalah formula PVA 1,5%, PVA 2%, kemudian PVA 1% dengan nilai masing-masing 126,4nm, 134,9nm, dan 135,0nm. Formula tanpa penstabil menghasilkan ukuran partikel rata-rata dengan simpangan deviasi yang lebih kecil sehingga dapat dikatakan lebih stabil dibandingkan formula dengan penambahan PVA. Selain itu, semua formulasi memiliki kecenderungan ukuran partikel yang paling kecil pada saat hari ke 1 dan minggu ke 1.

Nanopartikel perak yang dihasilkan dari biosintesis ekstrak air mahkota bunga telang menghasilkan ukuran partikel terkecil 86,5nm yaitu pada kelompok PVA 1% di minggu 1. Sedangkan ukuran partikel yang paling besar yaitu 187,9nm pada kelompok PVA 1% di hari ke 4. Ukuran nanopartikel perak harus dalam kisaran 1-100nm. (Abdullah, 2009). Di samping itu, beberapa sumber menyebutkan bahwa nanopartikel memiliki ukuran dengan rentang 1-1000 nm (Nagavarma, 2012). Karena nanopartikel

obat secara umum harus terkandung obat dengan jumlah yang cukup di dalam matriks pada tiap butir partikel. Secara umum tetap disepakati bahwa nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran di bawah 1 mikron. Sehingga nanopartikel perak yang dihasilkan dapat dikatakan masih memenuhi persyaratan kriteria partikel berukuran nano. Peningkatan ukuran partikel diatas 100nm serta fluktuasi ukuran dari setiap waktu sampling sebagai diprediksi karena adanya agregasi sejalan dengan nilai panjang gelombang yang besar dan warna kuning pudar yang dihasilkan seperti pada penjelasan sebelumnya.

#### 4.8.3 Hasil Pengamatan Polidispers Index

Hasil pengamatan Polidispers Indeks dari hari ke 0 hingga minggu ke 4 disajikan dalam **Tabel 4.3**

**Tabel 4.3** Hasil pengamatan Polidispers Indeks dari hari ke 0 hingga minggu ke 4

Waktu Sampling	Polidispers Indeks			
	Tanpa Penstabil	PVA 1%	PVA 1,5%	PVA 2%
Hari ke-0	0,367±0,084	0,250±0,121	0,364±0,090	0,332±0,111
Hari ke-1	0,323±0,107	0,205±0,092	0,284±0,032	0,266±0,029
Hari ke-4	0,418±0,607	0,416±0,051	0,302±0,117	0,460±0,070
Minggu ke-1	0,246±0,100	0,302±0,107	0,417±0,021	0,204±0,043
Minggu ke-2	0,313±0,085	0,374±0,036	0,385±0,087	0,334±0,072
Minggu ke-3	0,316±0,079	0,309±0,041	0,315±0,035	0,347±0,046
Minggu ke-4	0,289±0,102	0,126±0,156	0,296±0,161	0,308±0,249

Nilai indeks polidispersitas (PDI) menggambarkan distribusi ukuran partikel yang merupakan hasil perhitungan dari rata-rata berat molekul dibagi dengan jumlah rata-rata berat molekul. Semakin mendekati nol berarti distribusinya semakin baik (Akbari et al, 2011) Nilai PDI yang baik menunjukkan stabilitas jangka panjang yang baik.

Dari keempat formula baik yang ditambah maupun tanpa PVA semuanya memiliki nilai polidispers indeks yang rendah. Nilai polidispers rata-rata dari formulasi tanpa penstabil, dengan penambahan PVA 1%, 1,5% dan 2% berturut-turut adalah 0,325, 0,283, 0,338 dan 0,322 yang artinya memiliki distribusi ukuran yang baik. Oleh karena polidispers indeks semua sampel menunjukkan nilai yang baik, sehingga sediaan cenderung stabil sejalan dengan hasil pengamatan visual yang tidak menunjukkan adanya penggumpalan seperti yang dijelaskan oleh Kumar bahwa distribusi ukuran yang kurang baik akan memungkinkan partikel untuk mengalami aglomerasi (Kumar et al, 2009). Dari keempat formulasi yang memiliki nilai polidispers indeks rata-rata terkecil adalah formulasi dengan penambahan PVA 1%, yang artinya memiliki ukuran partikel yang paling seragam.

#### 4.8.4 Hasil Pengamatan Zeta Potensial

Hasil pengamatan zeta potensial dari hari ke 0 hingga minggu ke 4 disajikan dalam **Tabel 4.4**

**Tabel 4.4** Hasil pengamatan zeta potensial dari hari ke 0 hingga minggu ke 4

Waktu Sampling	Zeta Potensial			
	Tanpa Penstabil	PVA 1%	PVA 1,5%	PVA 2%
Hari ke-0	-24,7±2,5	-24,8±1,9	-20,6±4,1	-21,3±0,9
Hari ke-1	-21,9±0,8	-18,6±0,5	-12,4±2,0	-12,7±0,7
Hari ke-4	-26,5±6,5	-19,5±3,2	-14,5±6,5	-14,0±7,3
Minggu ke-1	-16,2±8,2	-13,1±0,6	-13,9±0,8	-31,5±8,6
Minggu ke-2	-17,8±5,9	-19,7±6,2	-11,8±2,6	-18,0±9,4
Minggu ke-3	-17,1±1,2	-12,3±3,4	-9,7±0,2	-9,3±1,4
Minggu ke-4	-11,3±1,1	-18,2±1,9	-16,0±1,4	-18,6±0,6

Zeta potential merupakan parameter muatan listrik antara partikel koloid. Koloid dengan nilai zeta potensial yang tinggi (negatif atau positif) elektrik stabil

sementara koloid dengan nilai zeta potensial rendah cenderung mengental atau terflokulasi

Zeta potensial kelompok tanpa penstabil berkisar  $-11,3\text{mV}$  hingga  $-26,5\text{mV}$  dengan kecenderungan penurunan nilai dari hari ke 0 hingga minggu ke 4. Kelompok nanopartikel perak ekstrak air bunga telang yang ditambah PVA 1% juga memiliki nilai zeta potensial bervariasi dan lebih fluktuatif dari kelompok tanpa penstabil yaitu dari  $-12,3\text{mV}$  pada minggu ke 3 hingga  $24,8$  pada hari ke 0. Pada penambahan PVA 1,5% perubahan nilai zeta potensial antar waktu tidak sefluktuatif kelompok PVA 1%, tersebar dengan nilai  $9,7$  hingga  $20,6$  pada minggu ke 3 dan hari ke 0. Pada kelompok penambahan PVA 2% nilai zeta potensial yang di dapatkan antara  $-9,3\text{mV}$  pada minggu ke 4 dan  $31,5$  mV pada minggu ke 1 dengan perubahan yang cukup fluktuatif antar waktu layaknya kelompok PVA 1%.

Secara garis besar, semua sampel termasuk kategori kurang stabil namun cenderung tidak berpotensi terjadi flokulasi sebab masih berada diantara  $10\text{mV}$  hingga  $30\text{mV}$ . Hanya 1 sampel yang masuk kategori stabil yaitu PVA 2% pada minggu ke 1 dengan nilai zeta potensial  $31,5\text{mV}$ . Sedangkan hanya 2 sampel yang masuk kategori flokulasi karena nilai zeta potensial dibawah  $10\text{mV}$  yaitu kelompok penambahan PVA 1,5% dan 2% pada minggu ke 3. Zeta potensial semua kelompok uji mencapai nilai tertinggi tidak lebih dari satu minggu pertama, dan cenderung mendapatkan nilai zeta potensial terendah tidak kurang dari 3 minggu setelah nanopartikel perak terbentuk.

Sifat muatan permukaan partikel dari suatu nanopartikel mempengaruhi stabilitas nanopartikel. Agregasi sangat erat kaitannya dengan nilai zeta potensial suatu sediaan. Teori stabilitas sistem ditinjau dari nilai zeta potensial yang tinggi, baik muatannya negatif atau positif, menunjukkan sistem koloid yang cenderung stabil dan dapat mencegah partikel mengalami agregasi. Secara umum, partikel dengan nilai zeta potensial lebih positif dari  $+30$  mV atau lebih negatif dari  $-30$  mV dianggap stabil, muatan permukaan juga melindungi partikel dari agregasi.

#### 4.8.5 Analisis stabilitas dengan %CV

Koefisien variasi atau %CV adalah suatu istilah statistik yang menunjukkan variabilitas suatu data dan didefinisikan sebagai perbandingan antara simpangan baku (SD) dengan rata-rata. Koefisien variasi yang lebih kecil memiliki variabilitas yang lebih sedikit. (Jones, 2010). Perolehan nilai % CV parameter yang diuji pada masing-masing kelompok selama masa pengujian didapatkan dari hari ke 0 hingga minggu ke 4, sehingga dapat menggambarkan kestabilan sediaan nanopartikel perak. Semakin besar nilai %CV variabilitas semakin tinggi sehingga dapat dikatakan lebih tidak stabil. Kelompok yang memiliki nilai %CV lebih kecil menunjukkan variabilitas yang lebih rendah. Perhitungan dan perolehan nilai %CV dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

**Tabel 4.5** Hasil perhitungan %CV parameter kestabilan nanopartikel perak ekstrak air bunga telang

Parameter	Kelompok	%CV			Rata-rata	SD
		R1	R2	R3		
Kestabilan	Tanpa Penstabil	15,0	12,7	12,7	13,5	1,3
	Ukuran					
	Partikel					
Polidispers	Tanpa Penstabil	36,7	30,5	17,3	28,2	9,9
	PVA 1%	57,1	24,4	48,4	43,3	16,9
	Indeks					
Zeta	Tanpa Penstabil	-31,4	-38,2	-27,5	32,4	5,4
	PVA 1%	-19,0	-31,0	-31,2	27,1	7,0
	Potensial					
Potensial	PVA 1,5%	-31,4	-26,0	-33,0	30,1	3,6
	PVA 2%	-56,1	-52,4	-25,2	44,6	16,9

Kelompok nanopartikel perak dari ekstrak air mahkota bunga telang tanpa penstabil memiliki variabilitas paling rendah pada parameter ukuran partikel.

Kelompok tanpa penstabil memberikan kestabilan ukuran yang paling baik dibandingkan kelompok-kelompok yang ditambahkan PVA. Kelompok dengan penambahan PVA 1% menghasilkan nanopartikel dengan nilai ukuran partikel dan polidispers indeks dengan nilai %CV yang paling besar namun paling kecil nilai %CV pada parameter zeta potensial. Polidispers indeks yang paling stabil ditunjukkan pada nanopartikel perak dengan penambahan PVA 1,5% ditunjukkan dari perolehan nilai %CV yang paling rendah yaitu 28,0%. Formula dengan PVA 2% memberikan nilai zeta potensial dengan variabilitas paling tinggi yaitu 44,6%.

Masing-masing formula menunjukkan pengaruh pada parameter kestabilan yang berbeda. Hal ini mungkin karena perbedaan banyaknya molekul PVA yang berinteraksi dengan permukaan nanopartikel perak sehingga menghasilkan parameter kestabilan yang berbeda pula. Molekul polimer bekerja dengan cara membentuk gaya repulsif di sekeliling nanopartikel untuk mengimbangi gaya Van der Waals yang terdapat dalam larutan (Kopeliovich, 2013). Jumlah molekul yang semakin banyak melapisi nanopartikel memungkinkan gaya repulsive yang lebih besar yang menyebabkan partikel bertumbukan dan menempel satu sama lain. Agregasi nanopartikel dapat dikatakan sebagai proses dua langkah. Langkah pertama, partikel saling mendekat dan saling bertubrukan (*transport step*). Langkah kedua, partikel yang bertubrukan saling melekat (*attachment step*).