VOLUME 6 NOMOR 2 DESEMBER 2019 **ISSN 2548 – 611X**

JURNAL
BIOTEKNOLOGI & BIOSAINS INDONESIA

Homepage Jurnal: http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI

PENGARUH KONSENTRASI NANOPARTIKEL PERAK IONIK TERHADAP DAYA HAMBAT BAKTERI *Lactobacillus casei* DAN pH SUSU

The Effect of Ionic Silver Nanoparticles Concentrations on the Inhibition of *Lactobacillus casei* and pH of Milk

Vegisari*, Suparno, Tiara Delvika Rany
Universitas Negeri Yogyakarta, Fakultas Pascasarjana, Jurusan Pendidikan Fisika,
Caturtunggal, Depok, Kab. Sleman, DI Yogyakarta 55281
*Email: vegisari@gmail.com

ABSTRACT
Technological developments support the creation of various nanoparticles that can be utilized, one of which is silver nanoparticles. This study aims to determine the effect of ionic silver nanoparticle concentration on Lactobacillus casei *growth inhibition, pH change and curdling of UHT milk. Variation in the concentration of ionic silver nanoparticles of 5, 10, 15, and 20 ppm was tested for their characteristics through UV-VIS spectrophotometry, showing the wave peaks at 413–430 nm, and through the PSA test resulting in the Z-average of 87.2 nm. Ionic silver nanoparticles were tested against* L. casei *using the Kirby-Bauer diffusion method for 72 hours. The test results showed a change in the clear zone that tended to increase for the concentration of silver nanoparticles 5, 10, 15 and 20 ppm with the gradient values of 0,0032; 0,0280; 0,0395; dan 0,0317, respectively. Tests for pH and UHT milk curdling were carried out for 78 hours and showed that ionic silver nanoparticles tended to be more able to maintain milk pH ±30 hours and curdling ±24 hours longer than milk that was not treated with ionic silver nanoparticles.*

Keywords: *electrolysis,* Lactobacillus casei*, milk, nanoparticles, silver*

ABSTRAK
Perkembangan teknologi mendukung terciptanya berbagai nanopartikel yang dapat dimanfaatkan, salah satunya nanopartikel perak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik terhadap daya hambat *Lactobacillus casei*, kadar pH, dan penggumpalan pada susu UHT. Variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik 5, 10, 15, dan 20 ppm diuji karakteristiknya melalui spektrofotometri UV-VIS dengan hasil puncak gelombang serapan berada pada kisaran 413–430 nm dan uji PSA dengan hasil *Z-average* berada pada 87,2 nm. Sampel larutan nanopartikel perak ionik diujikan terhadap bakteri *L. casei* menggunakan metode difusi Kirby-Bauer selama 72 jam. Hasil uji menunjukkan terjadinya perubahan zona bening yang cenderung meningkat untuk konsentrasi nanopartikel perak 5, 10, 15 dan 20 ppm dengan masing-masing nilai gradiennya 0,0032; 0,0280; 0,0395 dan 0,0317. Pengaruhnya terhadap kadar pH dan penggumpalan susu UHT dilakukan selama 78 jam dan menunjukkan bahwa nanopartikel perak ionik cenderung lebih mampu mempertahankan pH susu ±30 jam dan penggumpalan ±24 jam lebih lama dibanding susu yang tidak diberikan perlakuan nanopartikel perak ionik.

Kata Kunci: elektrolisis, *Lactobacillus casei*, nanopartikel, perak, susu

Received: *25 April 2019* ***Accepted:*** *13 December 2019* ***Published:*** *27 January 2020*

PENDAHULUAN

Teknologi telah berkembang pesat dan dapat diterapkan di segala bidang, termasuk bidang sains dan kesehatan. Dengan dukungan teknologi yang semakin canggih, para peneliti mulai menciptakan nanopartikel dengan berbagai metode untuk dapat dimanfaatkan. Nanopartikel adalah partikel-partikel yang berukuran sekitar 1–100 nm (Orbaek et al. 2015). Dimensi partikel bisa ditentukan menggunakan teknik *dynamic light scattering* (DLS) yang menjadi basis teknik *particle size analyzer* (PSA) (Suparno 2013). Saat ini berbagai produk antimikroba melalui aplikasi nanopartikel sudah banyak dihasilkan, salah satunya rekayasa partikel logam dan oksida logam perak (Ag) (Wahyudi et al. 2011; Ariyanta 2014; Huang et al. 2016). Sifat fisik dan kimia dari nanopatikel perak yang peka terhadap oksidasi menjadikannya resisten terhadap bakteri. Nanopartikel perak berpengaruh terhadap metabolisme mikroba, dengan cara dimana nanopartikel perak akan merusak dinding sel dan menganggu replikasi DNA mikroba. Semakin kecil ukurannya semakin besar luas permukaannya. Hal ini menyebabkan meningkatnya kontak langsung dengan bakteri (Hulu et al. 2019). Perak merupakan nanomaterial paling utama dibanding dengan nanopartikel logam lainnya dalam pemanfaatannya di bidang biomedis seperti antiseptik, bahan untuk alat-alat medis dan bahan untuk instrumen-instrumen bedah yang sudah diterapkan sejak lama (Zhang et al. 2016; Vu et al. 2018). Selain itu perak bersifat ramah lingkungan dan aman bagi manusia (Susilowati dan Moerad 2016).

Salah satu cara untuk menghasilkan nanopartikel perak ionik adalah dengan metode elektrolisis. Elektrolisis merupakan suatu proses perubahan dari energi listrik menjadi energi kimia saat tegangan listrik dialirkan ke elektroda, sehingga menimbulkan reaksi kimia dengan perantara elektroda yang tercelup dalam larutan elektrolit. Proses ini memutuskan ikatan pada dua senyawa yang berada di larutan elektrolit (Putra 2010).

Tanpa kita sadari mahluk hidup jenis mikroorganisme yang faktanya tidak dapat dilihat secara kasat mata adalah mahluk hidup yang paling sering berinteraksi dengan manusia. Bakteri adalah salah satu mikroorganisme yang termasuk dalam kingdom Monera (Aini 2018). Bakteri telah beradaptasi dan lebih mampu bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang berbeda-beda dibanding dengan organisme lainnya. Bakteri probiotik adalah bakteri dari golongan bakteri asam laktat (BAL), salah satu jenisnya adalah *Lactobacillus* (Sunaryanto et al. 2014). *Lactobacillus* terdiri dari berbagai jenis, salah satunya *L. casei*, bakteri probiotik yang pada umumnya terdapat pada produk susu fermentasi dan mampu menghasilkan laktat murni dari fermentasi glukosa hampir 80% (Zubaidah et al. 2014; Usman et al. 2018). *L. casei* adalah bakteri berbentuk batang, gram-positif dan katalase negatif yang mampu hidup hingga konsentrasi garam empedu 15%, dan mampu bertahan pada media asam hingga pH 2 (Sunaryanto et al. 2014; Dwyana et al. 2017).

Susu merupakan salah satu produk pangan yang termasuk dalam daftar menu gizi empat sehat lima sempurna sehingga masyarakat mengkonsumsinya untuk memenuhi kebutuhan gizi pada tubuh manusia (Wibisono et al. 2016). Susu memiliki berbagai kandungan serta kadar pH pada kisaran ±6,8 yang menyebabkan mikroorganisme mudah tumbuh dalam susu dan dapat menyebabkan penurunan kualitas dan keamaanan susu (Lee et al. 2016; Azam 2017). Pertumbuhan mikroba yang tidak terkontrol dapat menyebabkan susu mengalami kerusakan. Adanya pembentukan asam laktat dari bakteri asam laktat pada susu akan menurunkan pH sehingga susu tidak layak untuk diminum karena meningkat keasaman sehingga muncul bau dan terjadi penggumpalan susu (Savitry et al. 2018; Usman et al. 2018). Susu yang dikonsumsi harus aman dari kontaminasi dan bau yang tidak menyenangkan (Navyanti dan Adriyani 2016). Susu *ultra-high temperature processing* (UHT) adalah produk susu yang dihasikan dari susu segar dengan cara memanaskan pada kondisi suhu ultra tinggi atau sekitar 135ºC selama 2 detik, dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain yang diijinkan, serta dikemas secara aseptis untuk mencapai sterilitas komersial (BSN 2014). Berdasarkan kadar lemak, BSN (2014) mengklasifikasikan susu UHT menjadi tiga, yaitu susu UHT berlemak (*full cream*), susu

UHT rendah lemak (*low fat milk*) dan susu UHT bebas lemak (*free fat milk*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik hasil elektrolisis terhadap daya hambat bakteri *L.casei* dan perubahan pH susu UHT yang diukur secara kuantitatif dan pengaruh konsentrasi nanopartikel perak ionik pada perubahan aroma serta pembentukan gumpalan pada susu yang diukur secara kualitatif.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di empat laboratorium, yaitu Laboratorium Koloid di Jurusan Fisika, Laboratorium Kimia Analitik di Jurusan Kima, Laboratorium Mikrobiologi di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Yogyakarta serta Laboratorium IPA Terpadu, Universitas Islam Indonesia. Penelitian dilaksanakan selama ±3 bulan, dari bulan Oktober 2018 sampai dengan Desember 2018.

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari nanopartikel perak ionik (Ag^+) hasil elektrolisis perak bromida, bakteri *L. casei*, medium *nutrient agar* (NA) sebagai media penanaman bakteri, dan susu UHT *low fat*.

Metode

Metode yang digunakan dilaksanakan melalui tiga tahap, yaitu tahap produksi, tahap karakterisasi dan tahap aplikasi.

Tahap produksi

Pembuatan nanopartikel perak ionik dilakukan melalui elektrolisis dua batang perak bromida dengan sumber tegangan (*power supply*) 24 volt. Perak bromida memiliki kandungan perak 99%, sehingga ketika dilakukan elektrolisis akan terjadi pelepasan ion Ag^+ pada anoda atau yang disebut reaksi oksidasi. Reaksi elektrolisis yang terjadi pada batang perak bromida:

$$AgBr_{(s)} \Leftrightarrow Ag^+_{(l)} + Br^-_{(l)}$$

Nanopartikel perak yang bermuatan positif atau bersifat ionik dihasilkan setelah proses elektrolisis dihentikan.

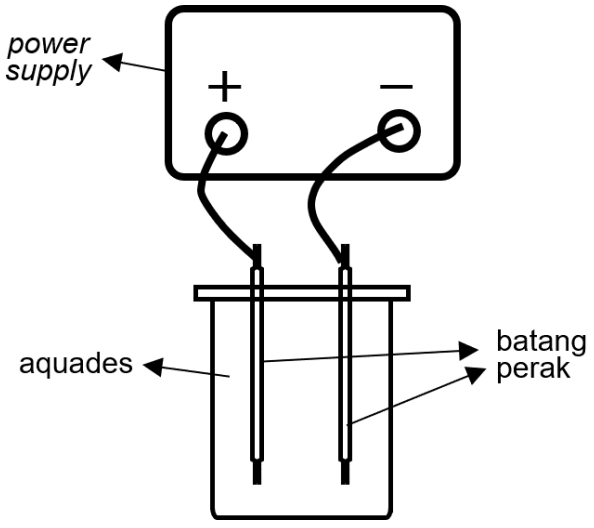
Batang perak bromida berbentuk silinder dengan panjang 12 cm dan berdiameter 3 mm digunakan sebagai elektroda. Sepanjang ±7 cm batang perak bromida dicelupkan ke dalam 250 mL larutan aquades dengan jarak antar batang sebesar 1 cm. Batang perak dihubungkan ke sumber tegangan (*power supply*) 24 volt (Gambar 1). Pengukuran konsentrasi menggunakan *total dissolved solids* (TDS) Meter dilakukan selama 100 menit. Setiap 10 menit, konsentrasi diukur menggunakan TDS Meter untuk mengecek peningkatan konsentrasi. Konsentrasi yang diperoleh hingga 100 menit adalah 23 ppm (Gambar 3). Pengenceran larutan induk dilakukan dengan menambahkan akuades hingga memperoleh 4 konsentrasi, yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm.

Tahap karakterisasi

Karakteristik nanopartikel perak ionik diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada setiap variasi konsentrasi untuk mengetahui panjang gelombang serapan nanopartikel perak ionik. Pengujian dilakukan melalui PSA pada larutan induk untuk mengetahui ukurannya menggunakan metode DLS. Spektroskopi UV-Vis dan DLS adalah teknik yang cepat dan mudah dioperasikan untuk karakterisasi partikel (Omar et al. 2016).

Tahap aplikasi

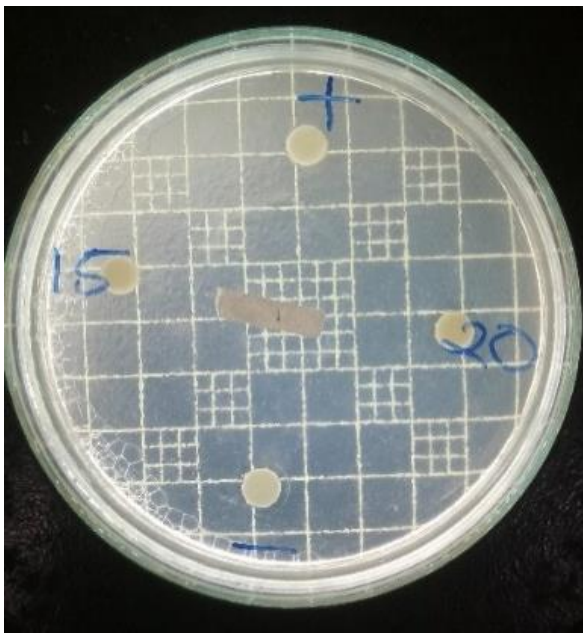
Sebelum nanopartikel perak ionik diujikan kepada bakteri *L. casei*, bakteri tersebut diremajakan terlebih dahulu dan



Gambar 1. Elektrolisis nanopartikel perak ionik

dilakukan pembuatan medium NA sebagai media penanaman bakteri. Medium dituangkan ke cawan petri, dimana sebanyak enam cawan petri telah disiapkan. Setelah diremajakan dan medium siap digunakan, dilakukan penanaman bakteri *L. casei* pada semua cawan petri. Kemudian *paper disk* berdiameter 6 mm direndam selama 20 menit di dalam larutan nanopartikel perak ionik 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan larutan akuades sebagai kontrol (–) serta larutan *chloramphenicol* sebagai kontrol (+). Setelah direndam, *paper disk* diletakkan di cawan petri yang sudah ditanami dengan bakteri *L. casei.* Masing-masing konsentrasi dilakukan tiga kali pengulangan untuk meningkatkan ketelitian dan mengendalikan *error variance.*

Proses pengukuran untuk melihat daya hambat nanopartikel perak ionik terhadap bakteri *L. casei* dilakukan melalui metode difusi *Kirby-Bauer* (Gambar 2), dengan cara mengukur diameter zona bening pada *paper disk* menggunakan jangka sorong. Pengukuran dilakukan setiap tiga jam pada 24 jam pertama, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran pada jam ke-48 dan jam ke-72. Hasil pengukuran disajikan dalam bentuk grafik dan persamaan garis lurus. Grafik perubahan waktu terhadap perubahan zona bening pada masing-masing konsentrasi nanopartikel perak menghasilkan grafik yang tidak stabil atau naik turun, sehingga diperlukan nilai gradien dari persamaan garis lurus untuk mengetahui peningkatan. Nilai gradien dibandingkan untuk melihat signifikansi daya hambat setiap konsentrasi nanopartikel perak terhadap bakteri *L. casei.*



Gambar 2. Metode difusi *Kirby-Bauer*

Konsentrasi nanopartikel perak ionik juga diujikan ke susu UHT *low fat.* Perbandingan volume larutan nanopartikel dan volume susu adalah 3:1. Pengukuran perubahan pH pada susu dilakukan selama 78 jam dengan rentang 6 jam pada suhu kamar 28,2ºC. Selain itu, perubahan penggumpalan pada susu diamati secara visual dan dideskripsikan secara kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

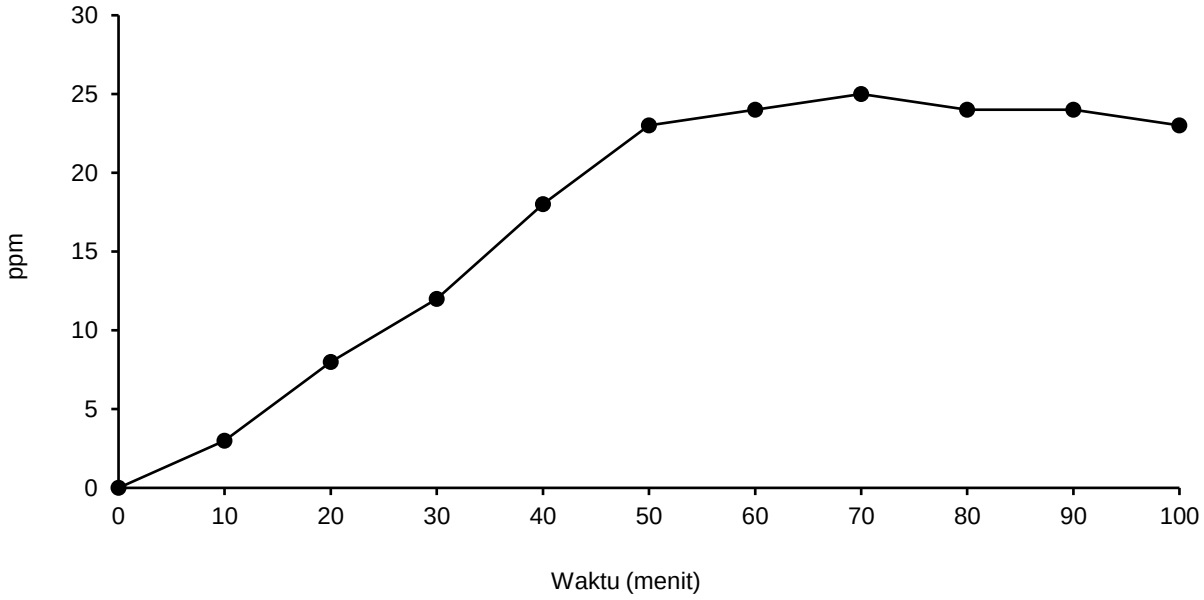
Tahap produksi

Nanopartikel perak ionik dihasilkan melalui metode elektrolisis batang perak bromida dengan sumber tegangan 24 volt. Proses ini menghasilkan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 23 ppm dalam waktu 100 menit yang diukur menggunakan TDS Meter. Konsentrasi terus mengalami peningkatan dari menit ke-0 hingga menit ke-50. Hal ini menunjukkan proses elektrolisis sudah berlangsung. Sun et al. (2018) menyatakan bahwa semakin lama waktu elektrolisis akan menyebabkan bahan-bahan organik yang teroksidasi akan semakin meningkat. Pada menit ke-50 pengukuran konsentrasi sudah menunjukkan 23 ppm, proses terus dilanjutkan untuk memperoleh konsentrasi optimum. Hasil pengukuran di menit ke-60 hingga menit ke-100 menghasilkan data stabil atau tidak terjadi peningkatan konsentrasi lagi, yaitu sebesar 23 ppm (Gambar 3). Setelah diperoleh larutan induk dari nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 23 ppm, larutan diencerkan dengan penambahan akuades hingga empat konsentrasi dengan interval 5 ppm. Pengenceran menghasilkan 4 sampel variasi nanopartikel perak ionik, yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm.

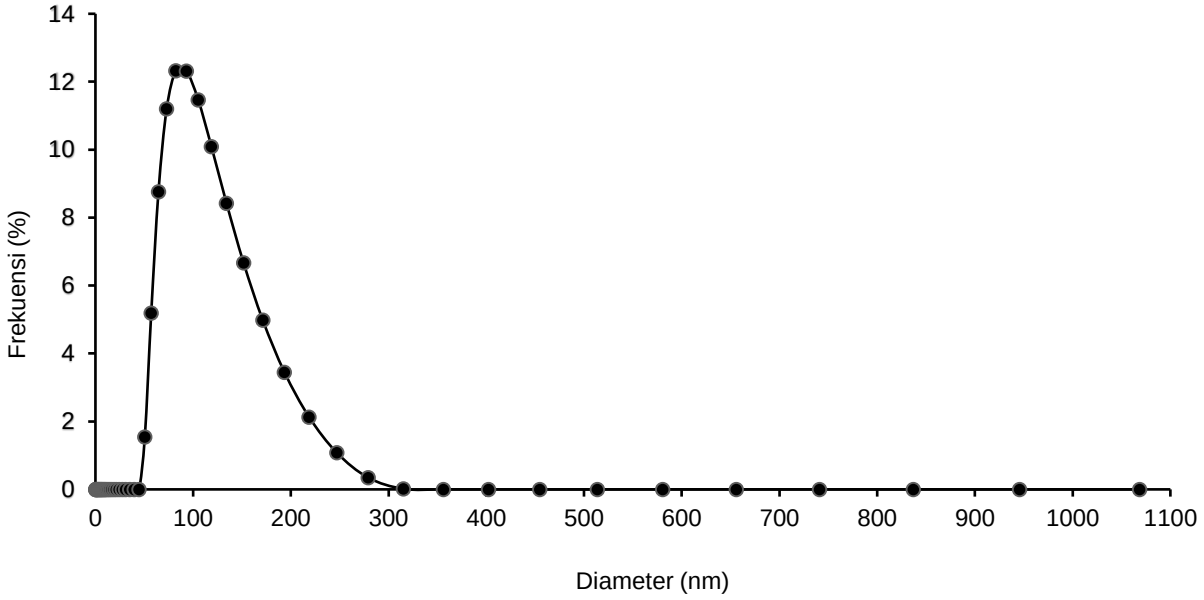
Tahap karakterisasi

Larutan induk nanopartikel perak ionik 23 ppm diuji karakteristiknya melalui uji DLS menggunakan alat PSA untuk mengetahui ukurannya. Perangkat DLS terdiri dari sumber cahaya laser, sel sampel, detektor yang ditempatkan pada sudut tetap atau sudut variabel, photomultiplier untuk memperkuat sinyal, dan korelator. DLS memperkirakan

ukuran partikel dari difusi Brownian dari partikel dalam larutan. DLS mengukur cahaya yang tersebar dari laser yang melewati agregat. Laser ditransmisikan melalui sel pengukuran yang mengandung suspensi partikel, dan gerakan termal acak partikel menyebabkan fluktuasi tergantung waktu dari intensitas cahaya yang tersebar (Modena et al. 2019). Pada uji DLS nanopartikel perak ionik (Gambar 4) menunjukkan ukuran diameternya berada pada kisaran 50,53–315,27 nm dengan nilai rata-rata sebaran Z berada pada 87,2 nm serta frekuensi 12,326%. Hal ini menyatakan bahwa ukurannya termasuk dalam nanopartikel. Sedangkan sampel dengan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm diuji karakteristiknya menggunakan spektrofotometri UV-VIS untuk mengetahui kandungan nanopartikel perak ionik di dalam larutan sampel. Spektrofotometer UV-Vis memiliki sifat optik sehingga dapat mengukur intensitas cahaya yang dipancarkan secara tidak langsung dan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung pada senyawa atau warna yang terbentuk (Suhartati 2017). Pada partikel nano logam seperti perak, pita konduksi dan pita valensi terletak sangat



Gambar 3. Kurva perubahan konsentrasi (ppm) nanopartikel perak ionik terhadap waktu elektrolisis

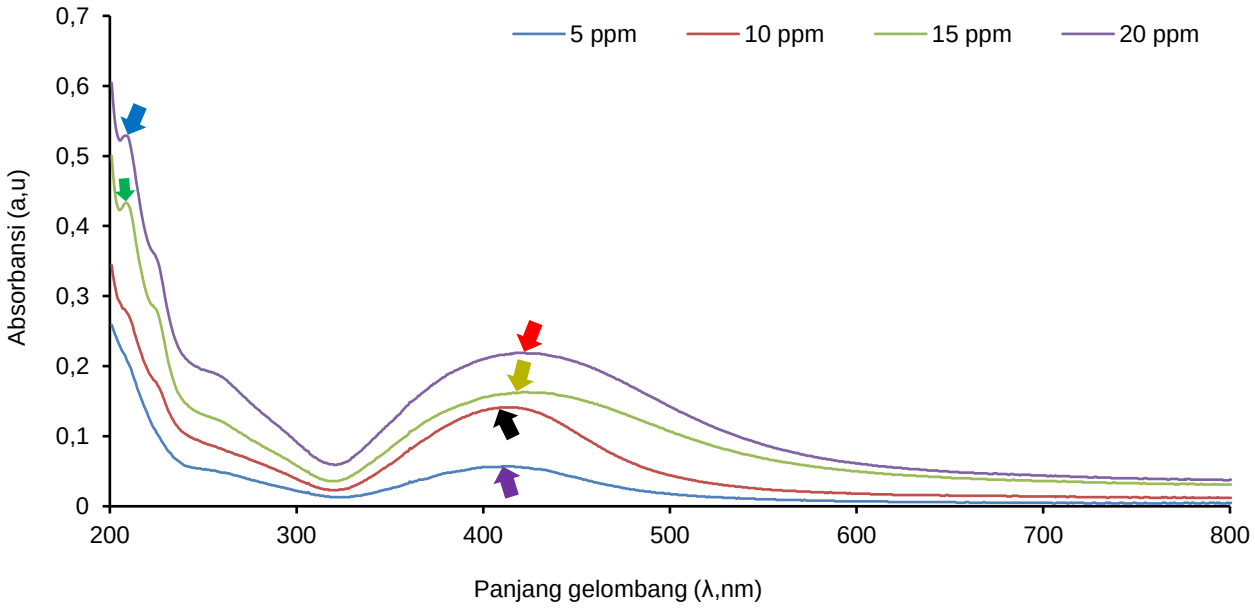


Gambar 4. Kurva distribusi sebaran ukuran nanopartikel perak ionik

dekat satu sama lain sehingga elektron dapat bergerak bebas. Elektron bebas ini memunculkan pita serapan *surface plasmon resonance* (SPR) yang terjadi karena osilasi kolektif elektron partikel nano perak yang beresonansi dengan gelombang cahaya. Secara klasik, medan listrik dari gelombang yang masuk menginduksi polarisasi elektron yang berhubungan dengan inti ion yang jauh lebih berat dari nanopartikel perak ionik. Akibatnya terjadi perbedaan muatan sehingga saat gilirannya bertindak sebagai kekuatan pemulih menciptakan osilasi dipolar dari semua elektron dengan fase yang sama. Pada Spektrofotometri UV-Vis, nanopartikel perak ionik mempunyai puncak gelombang serapan (λ) sekitar ±400 nm sampai dengan ±500 nm (Zhang et al. 2016; Vu et al. 2018). Hasil Spektrofotometri UV-Vis pada nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm (Gambar 5) sudah menunjukkan puncak gelombang serapan pada kisaran tersebut sehingga dapat dinyatakan bahwa sampel mengandung nanopartikel perak ionik. Namun, pada konsentrasi 15 ppm dan 20 ppm selain menunjukkan puncak gelombang serapan 423,00 nm dan 420,00 nm, juga menunjukkan puncak gelombang serapan pada 208,00 nm (Tabel 1). Hal ini menyatakan bahwa larutan tidak hanya mengandung nanopartikel perak, namun juga mengandung nanopartikel bromida yang memiliki puncak gelombang serapan maksimal ±210 nm (Dachriyanus 2004).

Tahap aplikasi

Setelah empat variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik diujikan ke bakteri *L. casei* selama 72 jam, diperoleh hasil perubahan zona bening yang menunjukkan daya hambat dari nanopartikel perak ionik terhadap bakteri *L. casei.* Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat dinyatakan bahwa nanopartikel perak ionik efektif untuk menghambat bakteri *L. casei.* Seperti yang diungkapkan oleh Zhang et al. (2016) dan Vu et al. (2018) bahwa perak memiliki sifat antibakteri dan dapat menghambat aktivitas bakteri. Walaupun pada sampel juga



Gambar 5. Kurva panjang gelombang serapan UV-Vis nanopartikel perak ionik

Tabel 1. Hasil spektrofotometri UV-Vis nanopartikel perak ionik

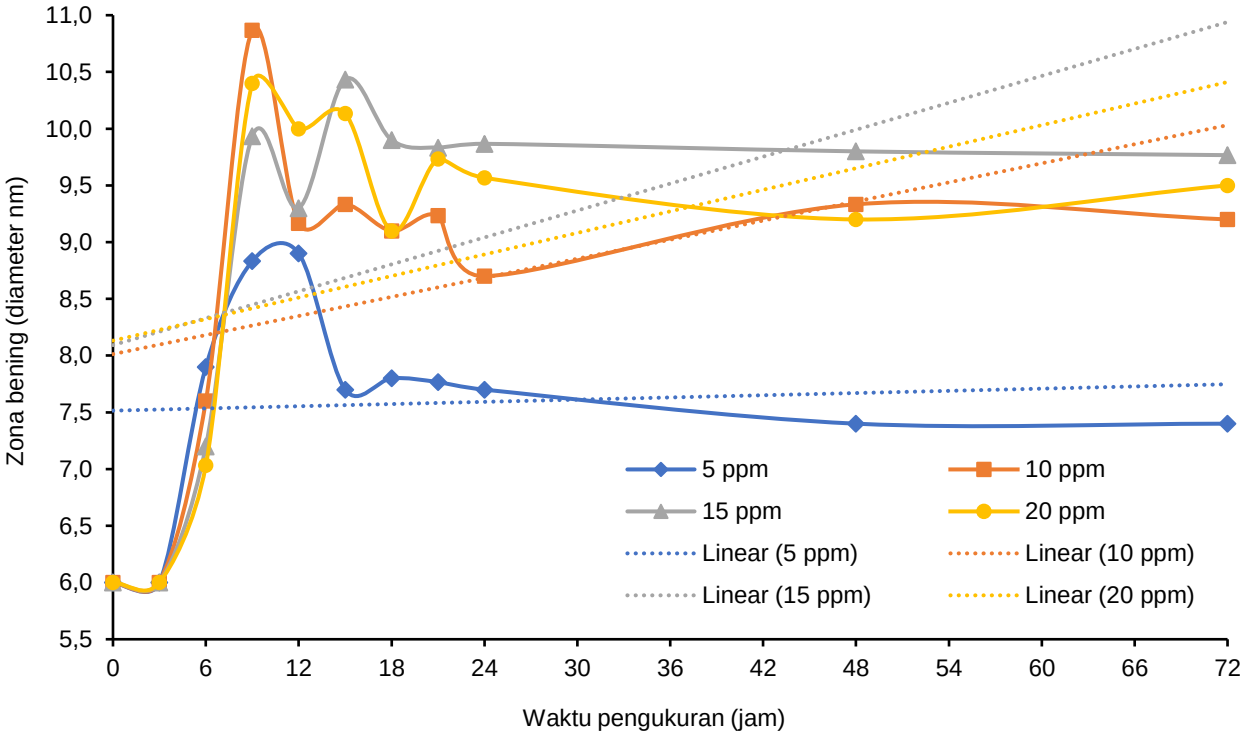
ppm	Kode	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
5		413,00	0,057
10		414,50	0,141
15		423,00	0,163
15		208,00	0,433
20		420,00	0,219
20		208,00	0,529

mengandung nanopartikel bromida, namun kandungan bromida sangat sedikit yang dibuktikan dengan munculnya puncak gelombang serapan hanya pada konsentrasi 15 dan 20 ppm sehingga tidak dapat dilihat pengaruhnya secara signifikan.

Hasil perubahan zona bening disajikan secara grafik untuk mengetahui proses dan waktu efektif daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *L. casei*. Rata-rata nilai maksimal dari grafik atau dengan kata lain puncak gelombang pada grafik (Gambar 6) berada pada jam ke-9 yang menyatakan waktu paling efektif larutan nanopartikel perak untuk menghambat pertumbuhan bakteri *L. casei*. Setelah jam ke-9, rata-rata nilai grafik mulai berubah naik turun secara labil hingga jam ke-15 kemudian grafik bergerak turun sampai dengan jam ke-48. Dari jam ke-48 hingga jam ke-72 perubahan grafik tidak terlalu signifikan, dengan kata lain grafik mulai konstan dan membentuk plato.

Perbedaan konsentrasi mempengaruhi zona bening yang terbentuk. Semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak ionik, maka diameter zona bening yang terbentuk juga semakin besar. Terlihat dari gradien dari masing-masing garis linear yang terbentuk (Tabel 2). Pada konsentrasi 5 ppm, gradien yang terbentuk hampir mendekati garis lurus kurva *x*, dengan nilai gradien sama dengan 0,0032. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruhnya terhadap bakteri *L. casei* kurang signifikan. Pengaruh yang kurang signifikan ini dapat disebabkan oleh kandungan nanopartikel pada konsentrasi 5 ppm tidak terlalu mendominasi dengan melihat absorbansinya yang hanya sebesar 0,057. Pada konsentrasi 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm memiliki nilai gradien masing-masing 0,0280, 0,0395 dan 0,0371, yang mana ketiganya memiliki nilai gradien yang hampir mendekati sehingga untuk pengaplikasiannya dapat digeneralisasikan.

Dinding sel bakteri pada umumnya memiliki permukaan yang bermuatan negatif (Jannah et al. 2017; Na'im 2018). Ketika diberikan perlakuan oleh nanopartikel perak



Gambar 6. Kurva daya hambat bakteri *L. casei*

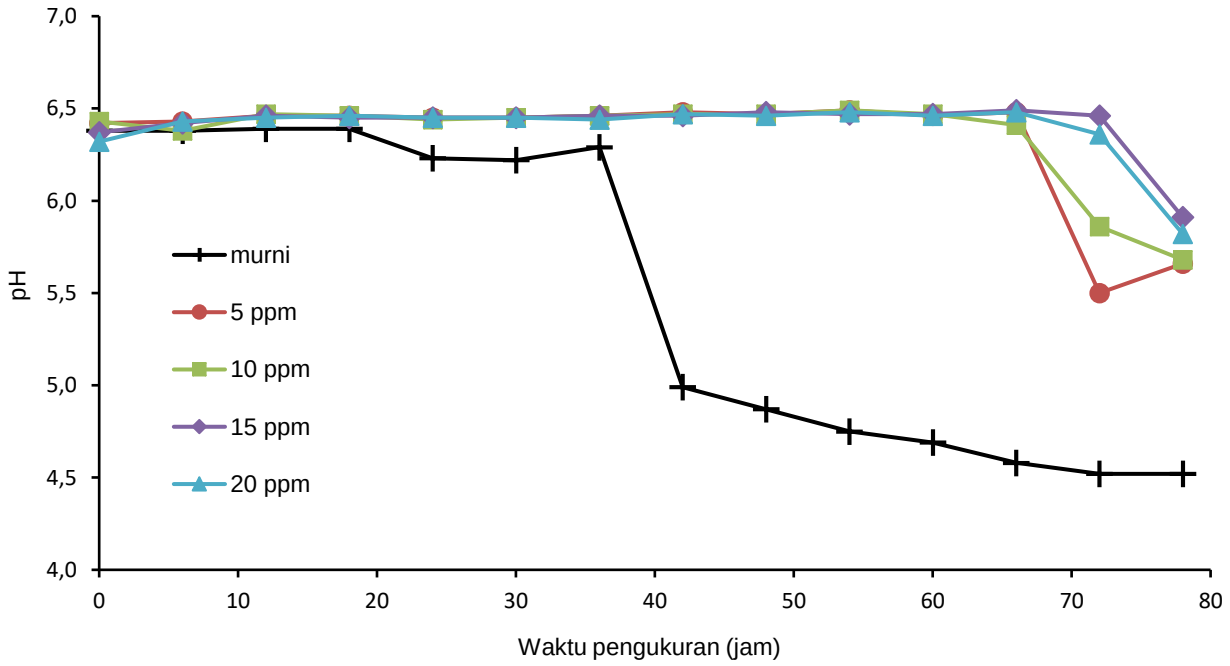
Tabel 2. Nilai $f(x)$ dan gradien dari pertambahan waktu perlakuan nanopartikel perak ionik terhadap diameter zona bening

	ppm			
	5	10	15	20
$f(x)$	$0{,}0032x + 7{,}5149$	$0{,}0280x + 8{,}013$	$0{,}0395x + 8{,}0925$	$0{,}0317x + 8{,}1317$
m (gradien)	0,0032	0,0280	0,0395	0,0317

bermuatan positif akan melumpuhkan atau menghambat aktivitas bakteri, termasuk *L. casei.*

Variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik yang terdiri dari 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm juga diujikan ke susu UHT *low fat.* Perbandingan antara susu dan nanopartikel perak adalah 3:1 yaitu 30 mL susu dan 10 mL nanopartikel perak ionik. Satu sampel susu tanpa diberi perlakuan nanopartikel perak ionik juga disediakan sebagai kontrol sehingga sampel yang diuji terdiri dari 5 sampel. Sampel diletakkan pada suhu kamar 28,2ºC. Berdasarkan hasil pengamatan (Gambar 7), pada jam ke-0 hasil data menunjukkan rata-rata pH susu berada pada kisaran ±6,3 sampai dengan ±6,4 dan masih stabil hingga jam ke-36. Namun, pada jam ke-42 pH susu yang tidak diberi perlakuan mengalami penurunan secara drastis yang ditunjukkan oleh pH meter sebesar 4,99. Sedangkan empat sampel yang diberi perlakuan nanopartikel perak ionik tidak menunjukkan perubahan pH yang signifikan, dengan kata lain pH masih stabil.

Dari jam ke-42 hingga jam ke-72 terjadi penurunan grafik secara perlahan hingga pH menunjukkan 4,52. Sedangkan pada empat sampel lainnya, mulai mengalami penurunan nilai pH pada jam ke-72. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak ionik cenderung lebih mampu mempertahankan pH susu ±30 jam lebih lama dibanding susu yang tidak diberi perlakuan nanopartikel perak ionik. Semakin tinggi konsentrasi maka penurunan pH semakin lamban, yang dapat dilihat dari



Gambar 7. Perubahan kadar pH susu UHT dengan variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik

Gambar 8. Penggumpalan susu dengan perlakuan variasi nanopartikel perak ionik jam ke-72

perbandingan gradien penurunan pH. Penurunan pH diakibatkan oleh aktivitas bakteri sehingga terjadi pengasaman pada susu. Aktivitas metabolisme bakteri meningkat karena berada pada suhu optimum dan lamanya waktu penyimpanan (Casarotti et al. 2014; Ayuti et al. 2016).

Penggumpalan pada susu UHT juga diamati secara berkala. Pengamatan pada penggumpalan susu dilakukan dengan pertimbangan bahwa susu mengandung berbagai bakteri termasuk bakteri asam laktat. Rumeen et al. (2018) menyatakan bahwa penggumpalan pada susu disebabkan karena proses fermentasi laktosa menjadi asam laktat akibat aktivitas bakteri sehingga terjadi penggumpalan kasein. *L. casei* merupakan salah satu bakteri asam laktat yang berperan dalam penggumpalan kasein dan masih terdapat bakteri-bakteri asam laktat lainnya yang terkandung di dalam susu UHT. Hasil pengamatan dapat dideskripsikan bahwa penggumpalan susu tanpa perlakuan nanopartikel perak ionik berubah setelah melewati 48 jam pada suhu kamar 28,2ºC. Sedangkan susu yang diberi perlakuan variasi konsentrasi nanopartikel perak ionik pada jam ke-48 belum mengalami penggumpalan. Penggumpalan mulai terbentuk setelah melewati 72 jam (Gambar 8). Pengujian ini memperkuat hasil penelitian secara deskriptif bahwa nanopartikel perak ionik dapat menghambat aktivitas bakteri asam laktat yang terkandung di dalam susu UHT termasuk bakteri *L. casei* sehingga dapat memperlambat pembentukan gumpalan kasein pada susu dan dapat mempertahankan kadar kemasaman atau pH dari susu.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel perak ionik yang diperoleh melaui metode elektrolisis selama 100 menit menghasilkan nanopartikel perak ionik dengan konsentrasi 23 ppm. Setelah pengujian karakteristik menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada variasi konsentrasi larutan nanopartikel perak ionik 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm menunjukkan panjang gelombang serapan sebesar 413,0 nm; 414,5 nm; 430,0 nm; 426,5 nm, menyatakan bahwa larutan tersebut mengandung nanopartikel perak ionik. Data yang diperoleh dari pengujian nanopartikel perak ionik pada bakteri *L. casei* dan susu UHT dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak ionik dapat menghambat aktivitas bakteri pada susu terutama bakteri *L. casei* yang ditunjukkan oleh perubahan zona bening melalui metode *Kirby-Bauer*. Diameter zona bening pada *paper disk* (ø 6mm) rata-rata meningkat dan klimaks pada jam ke-9, setelah itu menurun secara perlahan hingga jam ke-48 dan stabil hingga jam ke-72. Kemudian perubahan pH dan pembentukan gumpalan pada susu yang tanpa diberikan perlakuan nanopartikel perak ionik berubah secara signifikan pada jam ke-42 untuk penurunan pH dan jam ke-48 untuk pembentukan gumpalan. Sedangkan susu yang diberi perlakuan, mengalami perubahan pada jam ke-72.

DAFTAR PUSTAKA

Aini F (2018) Isolasi dan identifikasi *Shigella* sp. penyebab diare pada balita. BIO-SITE: Biol Sains Terap 4:07–12. doi: 10.22437/bs.v4i1.5012

Ariyanta HA (2014) Preparasi nanopartikel perak dengan metode reduksi dan aplikasinya sebagai antibakteri penyebab luka infeksi. Media Kes Masy Indones 10:36–42. doi: 10.30597/mkmi.v10i1.477

Ayuti SR, Nurliana N, Yurliasni Y, Sugito S, Darmawi D (2016) Dinamika pertumbuhan *Lactobacillus casei* dan karakteristik susu fermentasi berdasarkan suhu dan lama penyimpanan. J Agripet 16:23–30. doi: 10.17969/agripet.v16i1.3476

Azam A (2017) Isolation and identification of coliform bacteria from spicy yogurt milk and plain butter milk sold in different markets of Dhaka City. Doctoral dissertation, BRAC University, Bangladesh

BSN (2014) Susu UHT (*Ultra High Temperature*). SNI 3950:2014. Badan Standardisasi Nasional

Casarotti SN, Monteiro DA, Moretti MM, Penna ALB (2014) Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk. Food Res Int 59:67–75. doi: 10.1016/j.foodres.2014.01.068

Dachriyanus (2004) Analisis struktur senyawa organik secara spektroskopi. LPTIK Universitas Andalas, Padang

Dwyana Z, Kosman R, Usman I (2017) Potensi antibakteri empat species *Lactobacillus* dari susu fermentasi terhadap mikroba patogen. J Ilm Alam Ling 8:16–20. doi: 10.20956/jal.v8i16.2982

Huang L, Zhao S, Wang Z, Wu J, Wang J, Wang S (2016) In situ immobilization of silver nanoparticles for improving permeability, antifouling and antibacterial properties of ultrafiltration membrane. J Membr Sci 499:269–281. doi: 10.1016/j.memsci.2015.10.055

Hulu OP, Sihombing M, Saputro RH, Darmawan A, Herbani Y (2019) Aplikasi teknologi nanopartikel perak (AgNPs) dalam air minum dan bentuk kabut terhadap kadar amonia ekskreta broiler. J Ilm Nutr Teknol Pakan 17:26–31. doi: 10.29244/jintp.17.2.26-31

Jannah R, Safika, Jalaluddin M, Darmawi, Farida, Aliza D (2017) Jumlah koloni bakteri selulolitik pada sekum ayam kampung (*Gallus domesticus*). J Ilm Mhs Vet 1:558–565. doi: 10.21157/jim%20vet..v1i3.4023

Lee SY, Choi MJ, Cho HY, Davaatseren M (2016) Effects of high-pressure, microbial transglutaminase and glucono-δ-lactone on the aggregation properties of skim milk. Korean J Food Sci Anim Resour 36:335–342. doi: 10.5851/kosfa.2016.36.3.335

Modena MM, Rühle B, Burg TP, Wuttke S (2019) Nanoparticle characterization: what to measure? Adv Mater 2019:e1901556. doi: 10.1002/adma.201901556

Navyanti F, Adriyani R (2016) Hygiene sanitation, phisical qualities and bacterial in fresh cow's milk of x milk company in Surabaya. J Kesehat Lingkung 8:36–47. doi: 10.17977/um024v3i12018p016

Na'im, NR (2018) Pengaruh konsentrasi kitosan cangkang udang Vaname (*Litopaneaus vannamei*) terhadap jumlah koloni bakteri dan kadar air fillet daging ayam broiler. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang

Omar J, Boix A, Kerckhove G, von Holst C (2016) Optimisation of asymmetric flow field-flow fractionation for the characterisation of nanoparticles in coated polydisperse TiO_2 with applications in food and feed. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess 33:1775–1784. doi: 10.1080/19440049.2016.1239031

Orbaek AW, McHale MM, Barron AR (2015) Synthesis and characterization of silver nanoparticles for an undergraduate laboratory. J Chem Educ 92:339-344. doi: 10.1021/ed500036b

Putra AM (2012) Analisis produktifitas gas hidrogen dan gas oksigen pada elektrolisis larutan KOH. J Neutrino: J Fis Aplikasinya 2:141–154. doi: 10.18860/neu.v0i0.1642

Rumeen SF, Yelnetty A, Tamasoleng M, Lontaan N (2018) Penggunaan level sukrosa terhadap sifat sensoris kefir susu sapi. Zootec 38:123–130. doi: 10.35792/zot.38.1.2018.18565

Savitry NI, Nurwantoro N, Setiani BE (2018) Total bakteri asam laktat, total asam, nilai pH, viskositas, dan sifat organoleptik yoghurt dengan penambahan jus buah tomat. J Aplikasi Teknol Pangan 6:184–187. doi: 10.17728/jatp.272

Suhartati T (2017) Dasar-dasar spektrofotometri UV-Vis dan spektrometri massa untuk penentuan struktur senyawa organik. Aura, Bandar Lampung

Sun Y, Liu N, Pan J, Wan P (2018) Influence of electrolytic conditions on the preparation of NiOOH by catalytic electrolysis method. Int J Electrochem Sci 13:2718–2730. doi: 10.20964/2018.03.25

Sunaryanto R, Martius E, Marwoto B (2014) Uji kemampuan *Lactobacillus casei* sebagai agensia probiotik. J Bioteknol Biosains Indones 1:9–14. doi: 10.29122/jbbi.v1i1.546

Suparno (2013) Electrophoretic mobility and size determination of aerosol OT inverse micelle in decane using phase analysis light scattering (PALS) and dynamic light scattering (DLS) respectively. Int J Appl Phys Math 3:92–94. doi: 10.7763/IJAPM.2013.V3.182

Susilowati E, Moerad SK (2016) Perubahan persepsi melalui pelibatan masyarakat dalam proses analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) PLTGU Perak. J Sos Hum 9:139–155. doi: 10.12962/j24433527.v9i2.1623

Usman NA, Suradi K, Gumilar J (2018) Pengaruh konsentrasi bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus casei* terhadap mutu

mikrobiologi dan kimia mayones probiotik. J Ilm Ternak 18:79–85. doi: 10.24198/jit.v18i2.19771

Vu XH, Duong TT, Pham TH, Trinh DK, Nguyen XH, Dang VS (2018) Synthesis and study of silver nanoparticles for antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Adv Nat Sci Nanosci Nanotechnol 9:025019. doi: 10.1088/2043-6254/aac58f

Wahyudi T, Sugiyana D, Helmy Q (2011) Sintesis nanopartikel perak dan uji aktivitasnya terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Arena Tekstil 26:55–60. doi: 10.31266/at.v26i1.1442

Wibisono MA, Abduh SBM, Pramono YB (2016) Perubahan total bakteri, pH, dan Melanoidin susu selama pemanasan suhu 70ºC. J Apl Teknol Pangan 5:23–27. doi: 10.17728/jatp.v5i1.7

Zhang XF, Liu ZG, Shen W, Gurunathan S (2016) Silver nanoparticles: Synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. Int J Mol Sci 17:1534. doi: 10.3390/ijms17091534

Zubaidah E, Martati E, Resmanto AM (2014) Pertumbuhan isolat BAL asal bekatul dan probiotik komersial (*Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus casei*) pada media bekatul dan susu skim. J Bioteknol Biosains Indones 1:27–37. doi: 10.29122/jbbi.v1i1.549