



**KAJIAN PENGARUH KONSENTRASI PERAK NITRAT (AgNO_3)
TERHADAP UKURAN NANOPARTIKEL PERAK**

SKRIPSI

Disajikan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

PERPUSTAKAAN
oleh
Ina Ristian
4311409048

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2013

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, Maret 2013

Ina Ristian
4311409048



PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

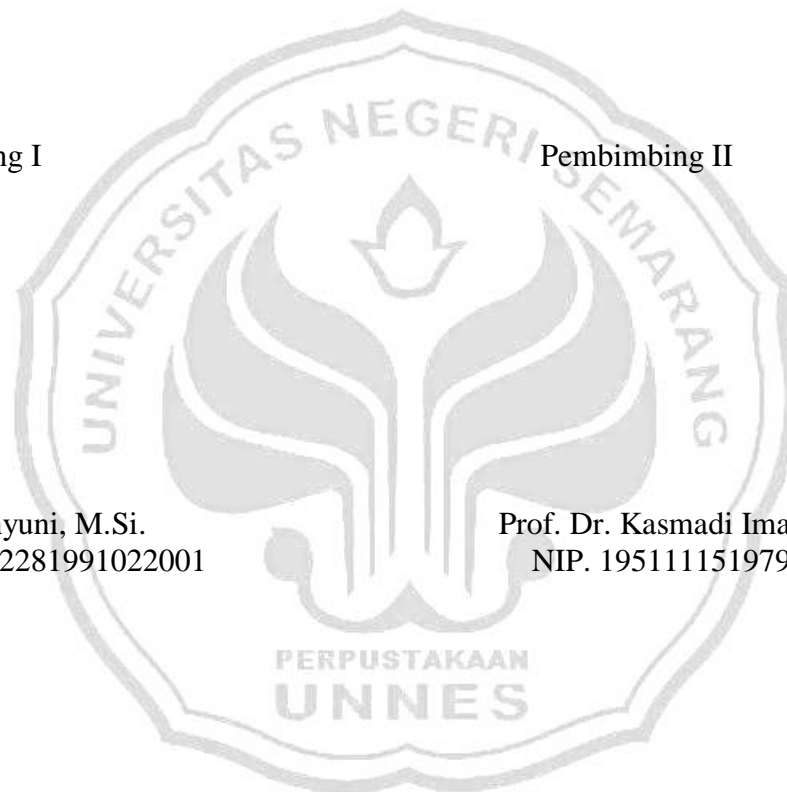
Semarang, Maret 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Sri Wahyuni, M.Si.
NIP.196512281991022001

Prof. Dr. Kasmadi Imam S, M.S
NIP. 195111151979031001



PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul **Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat (AgNO_3) terhadap Ukuran Nanopartikel Perak** disusun oleh:

Nama : Ina Ristian

NIM : 4311409048

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal :

Panitia,

Ketua

Sekretaris

Prof.Dr.Wiyanto.M.Si.
NIP.196310121988031001

Dra. Woro Sumarni, M.Si
NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji

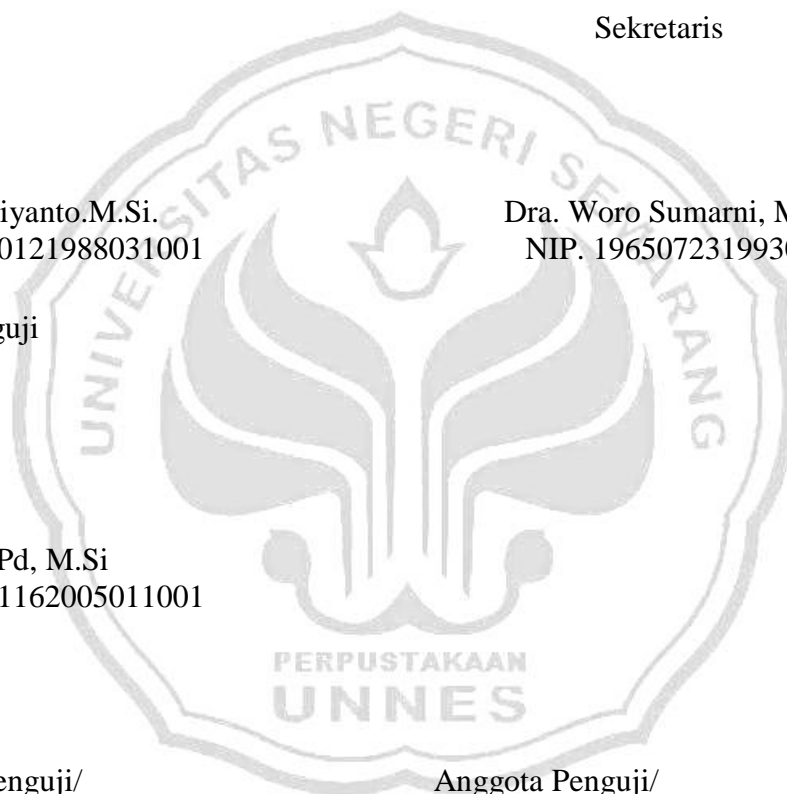
Harjono S.Pd, M.Si
NIP.197711162005011001

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama,

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping,

Ir. Sri Wahyuni, M.Si
NIP.196512281991022001

Prof. Dr. Kasmadi Imam S, M.S
NIP. 195111151979031001



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

- *Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar (QS 2:153).*
- *Tuhan menciptakan kedua mata kita di depan karena kita harus terus melihat ke depan, bukan ke belakang dan terpaçu pada masa lalu.*
- *Bijak, bukan berarti tak pernah salah. Kaya bukan berarti tak pernah susah. Sukses bukan berarti tak pernah lelah.*
- *Tidak ada harga atas waktu, tetapi waktu sangat berharga. Memiliki waktu tidak menjadikan kaya, tetapi menggunakannya dengan baik adalah sumber dari semua kekayaan.*

PERSEMBAHAN:

- *Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya*
- *Bapak, Ibu, kakak dan adikku tercinta atas segala doa, pengorbanan dan kasih sayangnya.*
- *Teman – teman Kimia'09 atas semangat dan kebersamaannya khususnya Harits Atika yang tidak pernah lelah memberi semangat.*
- *Keluarga besar Wisma Maulida yang telah berbagi keceriaan bersama*

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan kemurahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *”Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat ($AgNO_3$) terhadap Ukuran Nanopartikel Perak”*. Selama menyusun skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, kerjasama, dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Ibu Ir. Sri Wahyuni, M.Si. sebagai Pembimbing I yang telah memberikan petunjuk, arahan, dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Kasmadi Imam S, M.S. sebagai Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Harjono S.Pd, M.Si sebagai penguji yang telah memberi saran kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan bekal dalam penyusunan skripsi.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Semoga tugas akhir skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.

Semarang, Maret 2013



ABSTRAK

Ina Ristian. 2013. *Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat (AgNO_3) terhadap Ukuran Nanopartikel Perak*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing I: Ir. Sri Wahyuni, M.Si., Dosen Pembimbing II: Prof. Dr. Kasmadi Imam S, M.S.

Kata kunci: nanopartikel perak, antibakteri, binder cat

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi AgNO_3 terhadap ukuran nanopartikel yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi AgNO_3 terhadap ukuran partikel dan karakter maupun kemampuan antibakteri nanopartikel perak. Sintesis nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode reduksi dengan variasi konsentrasi prekursor AgNO_3 yaitu $0,5 \times 10^{-3}$ M, 1×10^{-3} M, $1,5 \times 10^{-3}$ M dan natrium sitrat sebagai zat pereduksi sekaligus stabilisator. Hasil sintesis koloid nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Transmission Electron Microscope* (TEM). Dari analisa hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis, serapan panjang gelombang nanopartikel perak terjadi pada kisaran 419-421 nm. Identifikasi ukuran partikel dengan PSA menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang disintesis mempunyai ukuran antara 13,9-54,3 nm. Hal ini didukung oleh karakterisasi menggunakan TEM yang menunjukkan bahwa terdapat partikel perak berukuran nano hingga mencapai 6,9 nm dengan struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC). Stabilitas nanopartikel perak yang paling baik berdasarkan fungsi waktu ditunjukkan oleh koloid nanopartikel perak dengan konsentrasi AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3}$ M. Nanopartikel perak yang memiliki stabilitas paling baik diaplikasikan pada binder cat PVAc dan diuji kemampuan antibakterinya terhadap bakteri *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nanopartikel perak cukup efisien dalam membunuh bakteri. Hal ini ditunjukkan dengan 1 ml nanopartikel perak yang digunakan dalam campuran telah mereduksi bakteri hingga 96,11%. Dari hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa konsentrasi AgNO_3 1×10^{-3} M memberikan hasil terbaik yaitu nanopartikel perak dengan ukuran partikel mencapai 6,9 nm dan memiliki stabilitas yang tinggi

ABSTRACT

Ina Ristian. 2013. Study of Influences of Silver Nitrate Concentration to Silver Nanoparticles Size. Thesis, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State of University. Supervisor Main Ir. Sri Wahyuni, M.Si. and General Assistance Counselor Prof. Dr. Kasmadi Imam S, M.S

Keywords: nano silver, reduction, antibacterial, binder paint

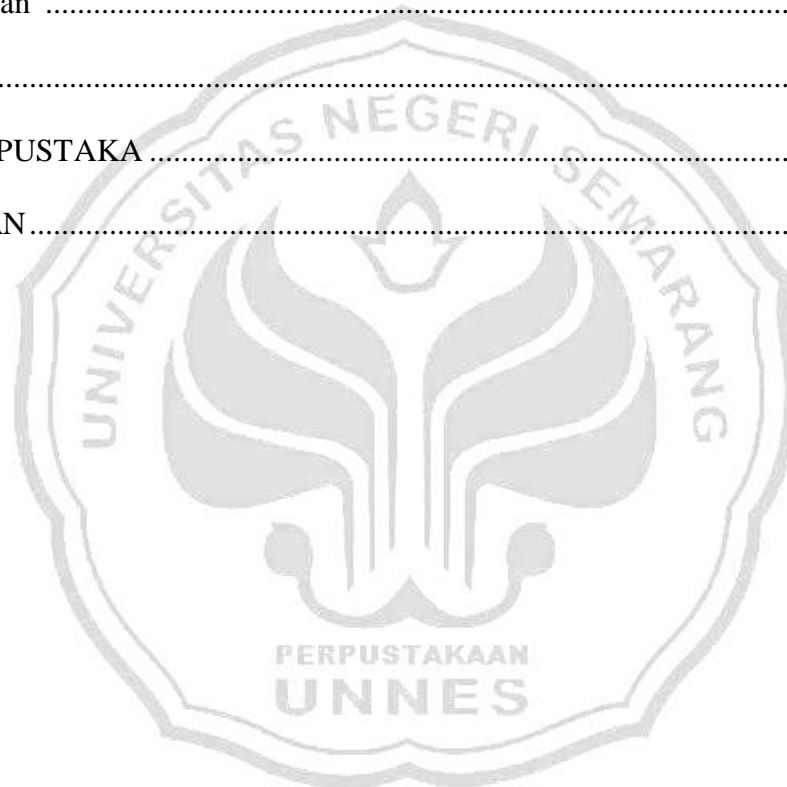
Study of influences of silver nitrate concentration to silver nanoparticles size was done. The aim of this research is to know silver nitrate concentration influences to particle size. Synthesis of silver nanoparticles was conducted by chemical reduction method by varied of AgNO_3 concentration $0,5 \times 10^{-3} \text{M}$, $1 \times 10^{-3} \text{M}$, $1,5 \times 10^{-3} \text{M}$ and sodium citrate as reducing agent and stabilizer. The formation of the silver nanoparticles was characterized using UV-Vis spectrophotometre, *Particle Size Analyzer (PSA)* and *Transmission Electron Microscopy (TEM)*. The UV-Vis spectrophotometre revealed the formation of silver nanoparticles by exhibiting the typical surface plasmon absorption at 419-421 nm from the UV-Vis spectrum. The particle size analyzer show that size of silver nanoparticles is about 13,9-54,3 nm. This result can confirmed by TEM. TEM photographs indicate that the nanoparticles consist of 6,9 nm with structure crystal *Face Centered Cubic (FCC)*. Silver nanoparticles with precursor AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3} \text{M}$ is the most stable nanoparticles based on time function. The most stable silver nanoparticles was applied in binder paint PVAc. The performance of silver colloidal nanoparticles for inhibition of microbial growth was evaluated through antimicrobial activity test for *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The result of the silver nanoparticles showed efficient antimicrobial with 1 ml of silver nanoparticles solution to give 96,11% reduction of bacteria. The research show that AgNO_3 $1 \times 10^{-3} \text{M}$ give the best result of silver nanoparticles size up to 6,9 nm with high stability.

DAFTAR ISI

| | halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERNYATAAN..... | ii |
| PERSETUJUAN PEMBIMBING..... | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iv |
| MOTO DAN PERSEMBAHAN..... | v |
| PRAKATA..... | vi |
| ABSTRAK..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Manfaat..... | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Nanopartikel Perak..... | 5 |
| 2.2 Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi..... | 6 |
| 2.3 Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat (AgNO_3) terhadap Ukuran Partikel..... | 7 |
| 2.4 Nanopartikel Perak Sebagai Antibakteri pada Binder | |

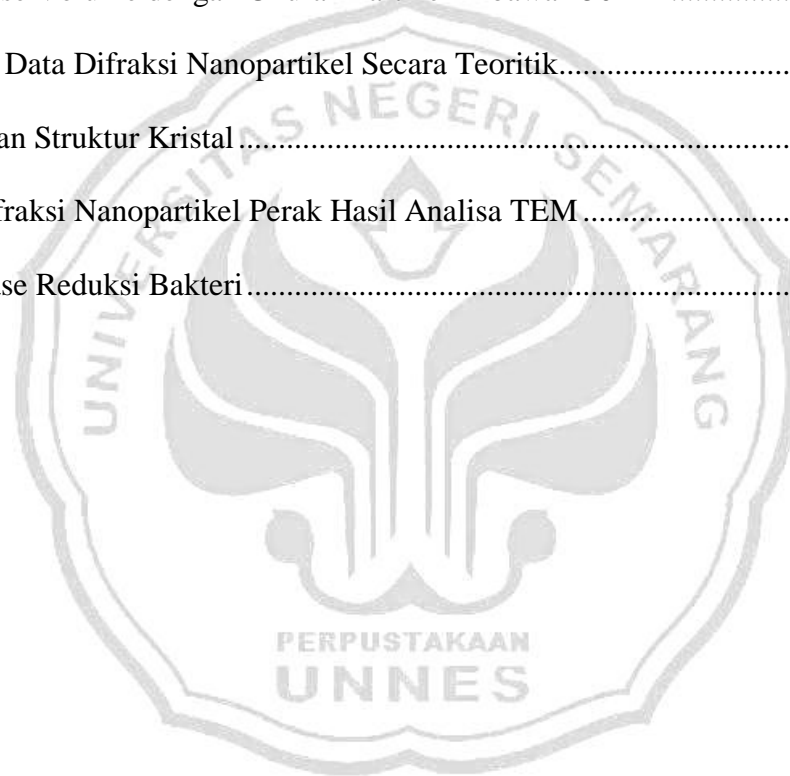
| | |
|---|----|
| (Bahan Baku Pembuatan Cat Tembok) | 8 |
| 2.5 Karakterisasi Nanopartikel Perak..... | 9 |
| 2.4.1 Spektrofotometer UV-Vis | 10 |
| 2.4.2 <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)..... | 11 |
| 2.4.3 <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM)..... | 12 |
| 2.6 Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> | 13 |
| 2.6.1 <i>Escherichia coli</i> | 13 |
| 2.6.2 <i>Staphylococcus aureus</i> | 14 |
| 2.7 Penelitian Terkait | 15 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 17 |
| 3.2 Variabel Penelitian | 17 |
| 3.2.1 Variabel Bebas..... | 17 |
| 3.2.2 Variabel Terikat..... | 17 |
| 3.2.3 Variabel terkontrol | 17 |
| 3.3 Alat dan Bahan..... | 18 |
| 3.3.1 Alat..... | 18 |
| 3.3.2 Bahan | 18 |
| 3.4 Cara Kerja | 18 |
| 3.4.1 Sintesis nanopartikel perak..... | 18 |
| 3.4.2 Karakterisasi nanopartikel perak | 18 |
| 3.4.3 Pencampuran nanopartikel perak (AgNP) dengan polivinil asetat (PVAc) | 19 |
| 3.4.4 Uji antibakteri campuran AgNP-PVAc (bahan baku cat) | 19 |
| 3.4.4.1 Preparasi | 20 |
| 3.4.4.2 Pengujian aktivitas bakteri | 21 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... | |
| 4.1 Hasil Sintesis Nanopartikel Perak..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 4.2 Pembahasan..... | 26 |
| 4.2.1 Sifat dan Kestabilan Nanopartikel Perak | 26 |
| 4.2.2 Penentuan Ukuran Nanopartikel Perak | 30 |
| 4.3 Uji Kemampuan Antibakteri Nanopartikel Perak | 37 |
| BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN..... | 41 |
| 5.1 Simpulan | 41 |
| 5.2 Saran..... | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |
| LAMPIRAN..... | 46 |



DAFTAR TABEL

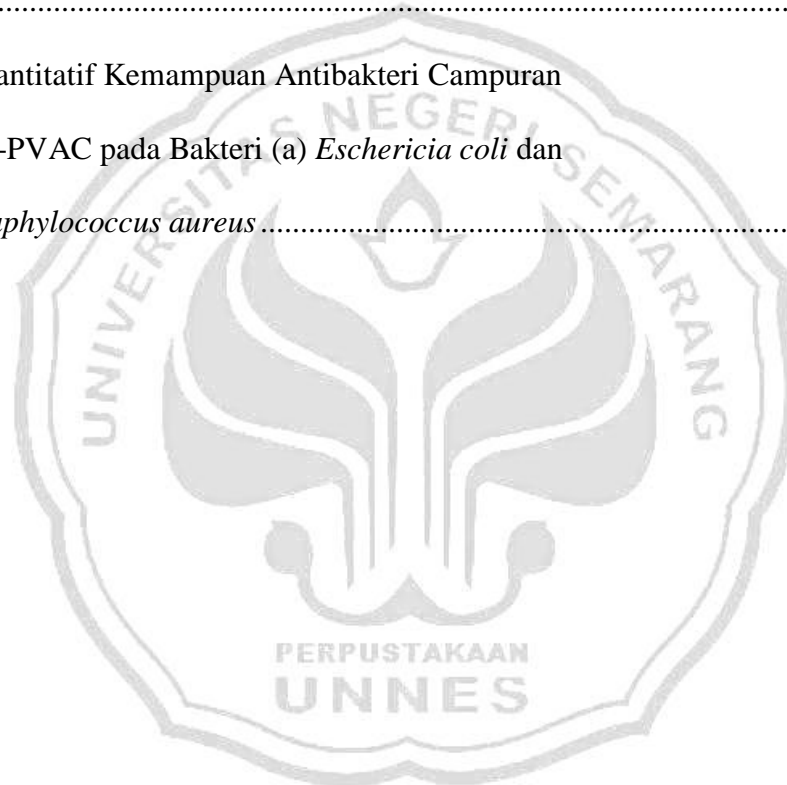
| | Halaman |
|---|---------|
| 1. Ukuran rata-rata Nanopartikel Perak pada Hari ke-0 setelah Sintesis..... | 30 |
| 2. Persentase Volume dengan Ukuran Partikel Dibawah 50 nm | 34 |
| 3. Analisis Data Difraksi Nanopartikel Secara Teoritik..... | 36 |
| 4. Penentuan Struktur Kristal | 36 |
| 5. Data Difraksi Nanopartikel Perak Hasil Analisa TEM..... | 37 |
| 6. Persentase Reduksi Bakteri..... | 39 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| 1. Contoh Presentase Distribusi Ukuran Partikel..... | 12 |
| 2. Bakteri <i>Escherichia Coli</i> | 14 |
| 3. Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> | 15 |
| 4. Koloid Nanopartikel Perak Menggunakan Metode Reduksi dengan Variasi Konsentrasi AgNO_3 | 23 |
| 5. Spektrum Uv-Vis Nanopartikel Perak dengan Variasi konsentrasi Prekursor AgNO_3 | 27 |
| 6. Stabilitas Nanopartikel Perak dalam Periode Waktu 7 Hari (a) $\text{AgNO}_3 0,5 \times 10^{-3} \text{M}$ dan (b) $\text{AgNO}_3 1,5 \times 10^{-3} \text{M}$ | 28 |
| 7. Stabilitas Nanopartikel perak dengan Konsentrasi Prekursor $\text{AgNO}_3 1,0 \times 10^{-3}$ | 29 |
| 8. Ukuran Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Perak Nitrat pada Hari ke-0 setelah Sintesis..... | 30 |
| 9. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak Hari ke 0 dengan Konsentrasi Prekursor (a) $\text{AgNO}_3 0,5 \times 10^{-3} \text{M}$, (b) AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3} \text{M}$ dan (c) $\text{AgNO}_3 1,5 \times 10^{-3} \text{M}$ | 32 |
| 10. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Perak Nitrat pada Hari ke-19 setelah Sintesis..... | 33 |
| 11. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak Hari ke 19 dengan Konsentrasi Prekursor (a) $\text{AgNO}_3 0,5 \times 10^{-3} \text{M}$, (b) AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3} \text{M}$ dan (c) $\text{AgNO}_3 1,5 \times 10^{-3} \text{M}$ | 33 |

| | |
|--|----|
| 12. Hasil Analisa Nanopartikel Perak Menggunakan TEM..... | 35 |
| 13. Pola Difraksi nanopartikel perak dari pengukuran TEM..... | 35 |
| 14. JCPDS Ag | 37 |
| 15. Uji kualitatif Kemampuan Antibakteri Nanopartikel Perak terhadap bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> | 38 |
| 16. Uji Kuantitatif Kemampuan Antibakteri Campuran AgNP-PVAC pada Bakteri (a) <i>Escherichia coli</i> dan (b) <i>Staphylococcus aureus</i> | 40 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| 1. Skema Kerja Sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia (Mailu, Stephen N., dkk, 2010) | 47 |
| 2. Proses pencampuran nanopartikel perak dengan PVAc | 48 |
| 3. Pengujian Aktivitas Antibakteri (Duran, 2007) | 49 |
| 4. Perhitungan-perhitungan | 50 |
| 5. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Uv-Vis Spektrofotometer | 52 |
| 6. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan PSA..... | 76 |
| 7. Gambar Hasil Karakterisasi Menggunakan TEM | 84 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, peran nanoteknologi begitu penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kesejahteraan kehidupan manusia. Nanoteknologi telah banyak menarik perhatian tidak hanya para ilmuwan dan peneliti, melainkan juga para pengusaha karena diyakini bahwa aplikasi nanoteknologi di berbagai bidang merupakan era revolusi industri di abad 21 dan memiliki prospek ekonomi yang sangat besar. Dengan nanoteknologi, dimungkinkan dapat dibuat material berukuran nano atau sering disebut nanopartikel. Nanopartikel memiliki banyak kegunaan antara lain sebagai detektor, katalis, zat pelapis permukaan, dan antibakteri. Material atau partikel berskala nanometer yang biasa digunakan dalam produk komersial berkisar antara 1-100 nm (Sharma, dkk. 2009).

Penelitian di bidang nanoteknologi telah menunjukkan terciptanya produk-produk baru dengan kinerja yang lebih baik. Hal ini mengarahkan penelitian kimia untuk mensintesis material berukuran nano. Salah satu nanopartikel yang banyak dipelajari adalah nanopartikel perak. Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor sensor optik, dan agen antimikroba. Sebagian besar pemanfaatannya adalah sebagai agen antimikroba (Haryono, dkk. 2008).

Sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti metoda elektrokimia, reduksi kimia, *ultrasonic irradiation*, fotokimia, dan sonokimia. Sintesis nanopartikel perak yang paling sering digunakan yaitu reduksi kimia garam perak oleh natrium sitrat atau natrium borohidrat karena prosesnya sederhana dan mudah. Metode reduksi ini pernah dilakukan beberapa kali oleh para peneliti, diantaranya Guzman (2009) dan Mailu (2010). Guzman (2009) menggunakan perak nitrat sebagai prekursor, hidrasin hidrat sebagai agen pereduksi dan dua agen stabilisator yaitu natrium sitrat dan *Sodium Dodecyl Sulphate* (SDS) . Begitu pula dengan Mailu (2010) yang juga menggunakan perak nitrat dan natrium sitrat. Namun, natrium sitrat disini digunakan sebagai agen pereduksi dan agen stabilisator sekaligus.

Dalam sintesis nanopartikel perak, karakterisasi partikel dapat dikontrol oleh ukuran, bentuk partikel dan morfologi (Das, dkk. 2009). Ukuran dan bentuk nanopartikel perak sangat penting dalam penentuan sifat optik, listrik, magnet, katalis dan antimikrobanya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam dan agen pereduksi dan waktu reaksi (Sileikaite, dkk. 2006).

Sifat antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin kecil ukuran nanopartikel perak semakin besar efek antibakterinya (Guzman, dkk. 2009). Jika ukuran partikel semakin kecil, luas permukaan nanopartikel perak semakin besar sehingga meningkatkan kontak mereka dengan bakteri atau jamur, dan mampu meningkatkan efektivitas bakterisida dan fungisida. Pada saat nanopartikel perak kontak dengan bakteri dan jamur maka

nanopartikel perak akan berfungsi dalam mempengaruhi metabolisme sel dan menghambat pertumbuhan sel. Nanopartikel perak melakukan penetrasi dalam membran sel kemudian mencegah sintesis protein selanjutnya terjadi penurunan permeabilitas membran, dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel (Montazer, dkk. 2012).

Kondisi tembok sangat rentan dengan perkembangan bakteri terutama tembok yang lembab. Misalnya di rumah sakit, kamar mandi, dapur, tempat bermain anak, dan ruangan lainnya di dalam rumah dijumpai pertumbuhan bakteri yang sangat tinggi. Selain menimbulkan berbagai penyakit, bakteri juga menyebabkan bau tidak sedap di dalam ruangan. Beberapa jenis bakteri yang berbahaya seperti bakteri *Staphylococcus aureus*, penyebab penyakit kulit, infeksi luka bedah dan radang paru-paru, bakteri *Escherichia coli*, penyebab diare, kejang perut dan kegagalan ginjal. Hal tersebut dapat dihindari dengan mengaplikasikan cat tembok anti bakteri.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka terbuka peluang untuk meneliti lebih lanjut mengenai teknik preparasi nanopartikel perak menggunakan metode reduksi yang selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam bidang industri cat sebagai zat additif antibakteri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi perak nitrat (AgNO_3) terhadap ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan?

2. Bagaimana karakter nanopartikel perak menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Transmission Electron Microscope* (TEM)?
3. Bagaimana pengaruh rasio nanopartikel perak (AgNP)/polivinil asetat (PVAc) terhadap aktivitas bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* ?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan permasalahan yang telah dikemukakan di atas maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi AgNO₃ terhadap ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan.
2. Mengetahui karakter nanopartikel perak menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, PSA dan TEM.
3. Mengetahui pengaruh rasio AgNP/PVAc terhadap aktivitas bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Memberi informasi tentang pengaruh konsentrasi AgNO₃ terhadap ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan.
2. Memberi informasi tentang sifat, karakter dan kemampuan antibakteri nanopartikel perak.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel Perak

Nanoteknologi merupakan disiplin ilmu yang telah diteliti dengan intensif dari awal tahun 1990-an dan berkembang secara dinamis. Secara umum nanoteknologi dapat didefinisikan sebagai teknologi perancangan (desain), pembuatan dan aplikasi struktur/material yang berdimensi nanometer. Menurut Abdullah dan Khairurijjal (2009), nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Jadi nanoteknologi tidak hanya sebatas bagaimana cara menghasilkan material atau partikel yang berukuran nanometer, melainkan memiliki pengertian yang lebih luas termasuk bagaimana cara memproduksi serta mengetahui kegunaan sifat baru yang muncul dari material nano yang telah dibuat.

Nanoteknologi banyak menarik perhatian tidak hanya para ilmuwan dan peneliti, melainkan juga para pengusaha karena diyakini bahwa aplikasi nanoteknologi di berbagai bidang merupakan era revolusi industri di abad 21 dan memiliki prospek ekonomi yang sangat besar. Dengan nanoteknologi, dimungkinkan dapat dibuat material berukuran nano atau sering disebut nanopartikel. Nanopartikel memiliki banyak kegunaan antara lain sebagai detektor, katalis, zat pelapis permukaan, dan antibakteri. Di antara nanopartikel logam, nanopartikel perak banyak mendapat perhatian karena sifat fisik dan kimianya. Perak telah digunakan untuk pengobatan penyakit medis selama lebih

dari 100 tahun karena memiliki sifat alami sebagai anti bakteri dan anti jamur serta sifatnya yang tidak toksik terhadap kulit manusia. Dengan nanoteknologi, dimungkinkan untuk pembuatan partikel perak pada skala nano sehingga secara kimia lebih reaktif dibandingkan partikel perak yang lebih besar.

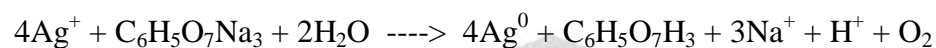
Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor sensor optik, dan agen antimikroba. Sebagian besar pemanfaatannya adalah sebagai agen antimikroba (Haryono, dkk. 2008). Nanopartikel perak memiliki luas permukaan yang relatif besar sehingga meningkatkan kontak mereka dengan bakteri atau jamur, dan mampu meningkatkan efektivitas bakterisida dan fungisidanya (Montazer, dkk. 2012).

Kemampuan antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh karakteristik fisik nanomaterial seperti ukuran, bentuk, dan sifat permukaan. Selain itu, rasio luas permukaan terhadap volume semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel sehingga nanopartikel perak memiliki kemampuan antibakteri yang lebih kuat (Haryono, dkk. 2008). Semakin kecil ukuran nanopartikel perak, semakin besar efek antimikrobanya (Guzman, dkk. 2009).

2.2 Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi

Metode ini menggunakan proses reaksi reduksi pada garam-garam perak seperti perak nitrat, perak sulfat, perak perflorat, dan garam-garam yang mengandung perak lainnya. Zat-zat lain yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel perak yaitu stabilisator, zat pengikat, zat pereduksi, aquades dan katalis untuk mempercepat reaksi (Chou dan Lu, 2008).

Mailu (2010) melakukan sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia karena prosesnya mudah dan sederhana. Garam perak yang digunakan yaitu perak nitrat (AgNO_3) 1×10^{-3} M dan zat pereduksinya adalah natrium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$). Reaksi pembuatan nanopartikel perak dari AgNO_3 dengan agen pereduksi natrium sitrat adalah sebagai berikut :



Keuntungan metode reduksi dibandingkan dengan metode lainnya menurut Chou dan Lu (2008) adalah:

- a) Mudah dilakukan
- b) Biaya murah
- c) Peralatan yang digunakan sederhana
- d) Cocok digunakan untuk skala kecil

2.3 Pengaruh Konsentrasi AgNO_3 terhadap Ukuran Partikel

Dalam beberapa tahun terakhir, sintesis nanopartikel dengan mengontrol ukuran atau kontrol bentuk telah menjadi fokus penelitian baru. Karena pertumbuhan proses nanokristalin dikendalikan oleh konsentrasi garam perak dan reduktor, ada kemungkinan untuk memanipulasi bentuk dan ukuran dari nanopartikel perak dengan memvariasi konsentrasi garam perak dan reduktornya (Zielinska, dkk. 2009).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam dan agen pereduksi dan waktu reaksi (Sileikaite, dkk. 2006). Bentuk dan ukuran nanopartikel perak merupakan hal penting dalam penentuan sifat optik, listrik, magnet, katalis dan antimikroba.

Antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel semakin besar efek antimikroba (Guzman, dkk. 2009).

2.4 Nanopartikel Perak Sebagai Antibakteri pada Binder (Bahan Baku Pembuatan Cat Tembok)

Kondisi tembok sangat rentan dengan perkembangan bakteri terutama tembok yang lembab. Misalnya di rumah sakit, kamar mandi, dapur, tempat bermain anak, dan ruangan lainnya di dalam rumah dijumpai pertumbuhan bakteri yang sangat tinggi. Selain menimbulkan berbagai penyakit, bakteri juga menyebabkan bau tidak sedap di dalam ruangan. Beberapa jenis bakteri yang berbahaya seperti bakteri *Staphylococcus aureus*, penyebab penyakit kulit, infeksi luka bedah dan radang paru-paru, bakteri *Escherichia coli*, penyebab diare, kejang perut dan kegagalan ginjal. Hal tersebut dapat hindari dengan mengaplikasikan cat tembok antibakteri.

Pengendalian kehidupan mikroba dilakukan untuk mencegah penyebaran penyakit yang disebabkan mikroba, mencegah rusaknya bahan-bahan oleh mikroba, dan membebaskan inang yang ditumbuhi mikroba. Pengendalian kehidupan mikroba adalah segala kegiatan yang dapat menghambat, mencegah atau membasmi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba (Muryati, 2004).

Kemampuan antibakteri perak antara lain disebabkan kemampuannya merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel, dan menghambat sintesis sel mikroba. Menurut Mahendra, dkk. (2009), nanopartikel perak mempunyai aktivitas antibakteri karena memiliki luas permukaan yang besar yang memungkinkan melakukan kontak yang sangat baik dengan mikroorganisme.

Nanopartikel perak mendekat pada membran sel bakteri dan melakukan penetrasi ke dalam bakteri. Selanjutnya nanopartikel perak melakukan difusi dan menyerang rantai pernafasan bakteri, hingga pada akhirnya sel tersebut menjadi mati.

Mekanisme antibakteri nanopartikel perak yaitu terjadinya interaksi antara ion perak dengan kelompok tiol sulfidril pada protein. Ion perak akan menggantikan kation hidrogen (H^+) dari kelompok tiol sulfidril menghasilkan gugus S-Ag yang lebih stabil pada permukaan sel bakteri. Hal ini dapat menonaktifkan protein, menurunkan permeabilitas membran, dan pada akhirnya menyebabkan kematian selular (Feng, dkk. 2000).

Nanopartikel perak bersifat antibakteri dan antivirus akan sangat membantu dalam hal mengatasi berbagai masalah yang bisa ditimbulkan oleh bakteri dan virus. Dalam aplikasinya nanopartikel perak dapat digunakan sebagai campuran bahan baku pembuatan cat dengan fungsi khusus, salah satunya adalah sifat antibakteri, untuk menghasilkan produk antibakteri ini dapat dilakukan melalui rekayasa partikel seperti perak dengan ukuran antara 1 hingga 100 nanometer. Tujuan ion perak dibuat nano karena virus, bakteri dan patogen lainnya adalah partikel yang paling kecil yang hidup dalam organisme biologi. Agar perak dapat bekerja efektif, maka ukuran perak harus lebih kecil dari pada virus, bakteri maupun pathogen lainnya.

2.5 Karakterisasi Nanopartikel Perak

Karakterisasi nanopartikel perak menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, PSA dan TEM.

2.5.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengkaji sifat absorpsi material dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (mulai sekitar 200 nm) hingga mencakup semua panjang gelombang cahaya tampak (sampai sekitar 700 nm). Spektrofotometer ultraviolet – visibel digunakan untuk analisis kualitatif ataupun kuantitatif suatu senyawa. Absorpsi cahaya ultraviolet maupun cahaya tampak mengakibatkan transisi elektron, yaitu perubahan elektron-elektron dari orbital dasar berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Penyerapan radiasi ultraviolet atau sinar tampak tergantung pada mudahnya transisi elektron. Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk transisi elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul-molekul yang memerlukan energi lebih sedikit akan menyerap panjang gelombang lebih panjang (Fessenden dan Fessenden, 1986). Pada percobaan ini spektrofotometer digunakan untuk mengukur absorbansi dan panjang gelombang dari masing-masing sampel koloid nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi garam perak.

Menurut Haryono (2008), analisa absorbansi dapat sekaligus menunjukkan sifat optik dari suatu material. Di dalam bidang nanosains dan nanoteknologi, analisa spektrofotometer UV-Vis dapat juga digunakan untuk memprediksi ukuran dan bentuk nanopartikel. Selain itu, analisa absorbansi ini juga merupakan jenis analisa tercepat dan termudah untuk mengetahui apakah nanopartikel telah terbentuk. Hasil analisa spektrofotometer UV-Vis ini masih perlu diperkuat dengan analisa yang lain seperti PSA dan TEM. Pengukuran spektrofotometer

UV-Vis pada koloid nanopartikel perak dilakukan pada rentang panjang gelombang 190 – 400 nm (Haryono, 2008).

2.5.2 Particle Size Analyzer (PSA)

Karakterisasi menggunakan PSA digunakan untuk menentukan ukuran rata-rata nanopartikel perak. PSA menggunakan metode *Dinamyc Light Scattering* (DLS) yang memanfaatkan hamburan inframerah. Hamburan inframerah ditembakkan oleh alat ke sampel sehingga sampel akan bereaksi menghasilkan gerak Brown (gerak acak dari partikel yang sangat kecil dalam cairan akibat dari benturan dengan molekul-molekul yang ada dalam zat cair). Gerak inilah yang kemudian di analisis oleh alat, semakin kecil ukuran molekul maka akan semakin cepat gerakannya.

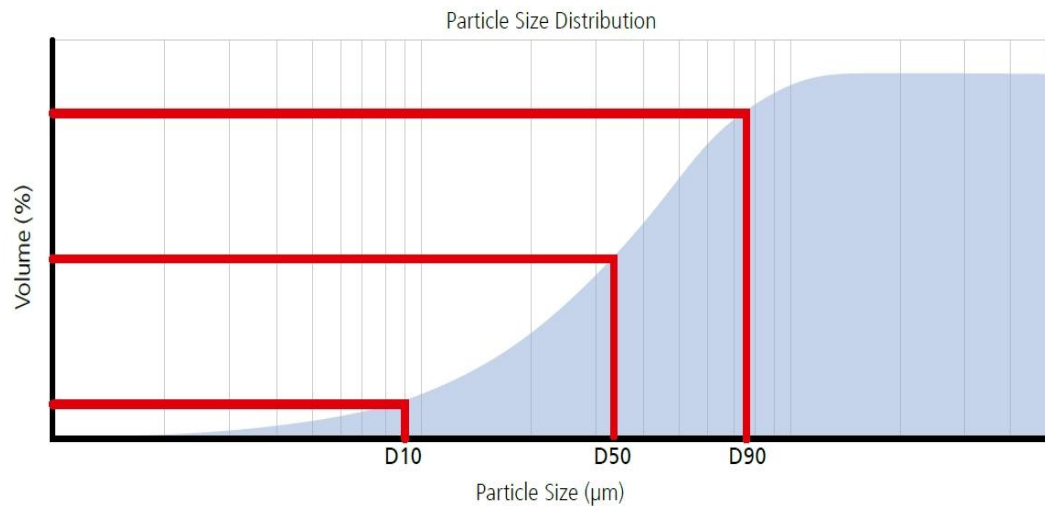
Analisa distribusi ukuran pada partikel berdasarkan pada ukuran maksimum yang dihasilkan dalam persentase volume sampel tertentu. Persentase dirumuskan sebagai XaB , dengan keterangan sebagai berikut:

X = parameter, biasanya D untuk diameter

a = distribusi, misal nya untuk jumlah, v untuk volume, i untuk intensitas

B = persentase sampel

Sebagai contoh, $Dv50$ digunakan untuk melihat diameter maksimum yang terdapat dalam 50% volume sampel.



Gambar 1. Contoh Persentase Distribusi Ukuran Partikel

Gambar 1 menjelaskan distribusi ukuran partikel D_{v10} , D_{v50} dan D_{v90} yang menunjukkan ukuran maksimum pada sampel dalam persentase volume 10%, 50% dan 90% (Malvern Instrumen Limited, 2012).

2.5.3 TEM

Karakterisasi dengan TEM digunakan untuk menentukan ukuran partikel dan distribusinya. Partikel dengan ukuran beberapa nanometer dapat diamati dengan jelas menggunakan TEM karena resolusinya yang sangat tinggi. Dengan menggunakan *high resolution* TEM (HR-TEM) kita bahkan dapat menentukan lokasi atom-atom dalam sampel.

Prinsip Kerja TEM sangat mirip dengan prinsip kerja *rontgen* di rumah sakit. Pada peralatan *rontgen*, gelombang sinar-X menembus bagian lunak tubuh (daging) tetapi ditahan oleh bagian keras tubuh (tulang). Film yang diletakkan di belakang tubuh hanya menangkap berkas sinar-X yang lolos bagian tubuh lunak tubuh. Akibatnya, film menghasilkan bayangan tulang.

Pada TEM, sampel yang sangat tipis ditembak dengan berkas elektron yang berenergi sangat tinggi. Berkas elektron dapat menembus bagian sampel yang “lunak” tetapi ditahan oleh bagian keras sampel (seperti partikel). Detektor yang berada di belakang sampel menangkap berkas elektron yang lolos dari bagian lunak sampel. Akibatnya detektor menangkap bayangan yang bentuknya sama dengan bentuk bagian keras sampel (bentuk partikel).

Dalam pengoperasian TEM, salah satu tahap yang paling sulit dilakukan adalah mempersiapkan sampel. Sampel harus dibuat setipis mungkin sehingga dapat ditembus elektron. Sampel ditempatkan di atas grid TEM yang terbuat dari tembaga atau karbon. Jika sampel berbentuk partikel, biasanya partikel didispersi di dalam zat cair yang mudah menguap seperti etanol lalu ditetaskan ke atas grid TEM. Jika sampel berupa komposit partikel di dalam material lunak seperti polimer, komposit tersebut harus diiris tipis (beberapa nanometer). Alat pengiris yang digunakan adalah *microtom* (Abdullah dan Khaerurijjal, 2009).

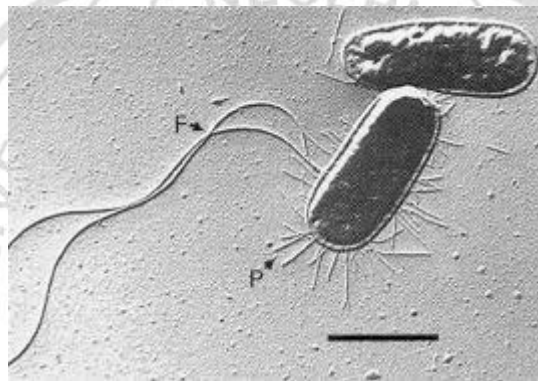
2.6 Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

2.6.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan suatu golongan bakteri yang menunjukkan sifat-sifat yang mendekati fungi/bakteri. *Escherichia Coli* termasuk bakteri gram negatif yang berbentuk batang dan memiliki ukuran sel dengan panjang 1,0-1,3 μm dan 0,5-1,0 μm , terdapat dalam bentuk tunggal, berpasangan dan dalam rantai pendek biasanya tidak berkapsul.

Escherichia Coli merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk batang pendek (basil) dan hidup dalam saluran pencernaan atau usus baik pada hewan

dan manusia. *Escherechia Coli* merupakan bakteri gram negatif yang cara hidupnya anaerob fakultatif. Pada keadaan aerob menggunakan senyawa organik sebagai sumber energi sedangkan pada keadaan anaerob energi di peroleh dari fermentasi karbohidrat (Fardiaz, 1992). Koloni *Escherechia Coli* berderet seperti rantai, bulat, halus dengan piringan yang nyata. *Escherechia Coli* termasuk bakteri mesofil yang hidup pada suhu 25 °C-40°C dan secara optimum pada pH 6-8 (Pelezar & Chan, 1998)



Gambar 2. *Escherechia Coli*

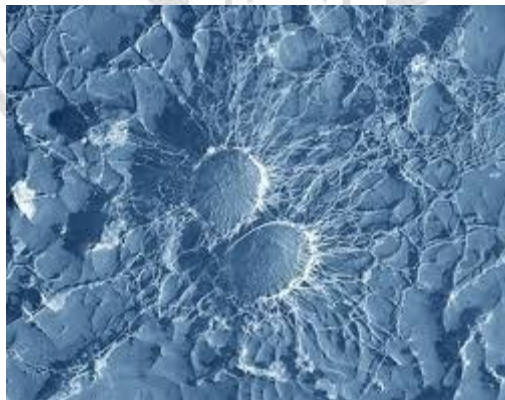
2.6.2 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui kulit atau selaput lendir. *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan bisul (furunkel) dan menyebabkan infeksi pada kulit.

Staphylococcus aureus merupakan bakteri yang selnya berbentuk bulat, termasuk bakteri gram positif, terdapat tunggal, berpasangan dan dalam bergerombol, tidak membentuk spora, aerobik atau fakultatif anaerobik (Pelezar dan Chan, 1998). Beberapa strain membentuk kapsul, dinding selnya tersusun atas tiga komponen utama yaitu peptidoglikan, asam tekoat dan protein.

Staphylococcus aureus merupakan mikroba normal di kulit, hidung, mulut (air liur) dan kantung rambut (Fardiaz, 1992).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen gram positif yang mudah tumbuh pada kebanyakan medium bakteriologis dalam keadaan aerob maupun anaerob fakultatif. *Staphylococcus aureus* merupakan salah satu bakteri yang dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia dan hewan. Kemampuan dalam menyebabkan suatu penyakit tersebut berhubungan dengan beberapa faktor termasuk ekstraselular enzim dan racun. Bakteri ini terutama ditemukan pada kulit, kelenjar kulit, selaput lendir, luka, umumnya merupakan penyebab radang tenggorokan serta infeksi kulit (bisul), infeksi sistem syaraf pusat dan paru-paru. *Staphylococcus aureus* dapat tumbuh pada suhu berkisar antara 15-45°C dengan suhu optimum antara 35-37°C. Tumbuh pada medium dengan pH 4,0-9,8 dengan pH optimum 7,0-7,5.



Gambar 3. *Staphylococcus aureus*

2.7 Penelitian Terkait

Berbagai metode penelitian mengenai sintesis nanopartikel perak telah banyak dikembangkan. Diantaranya metode elektrokimia yang telah dilakukan

oleh Rajabi, dkk (2011) yang menghasilkan nanopartikel perak dengan rata-rata ukuran sebesar 22 nm. Namun, bahan yang digunakan dalam metode ini terhitung mahal dan reaksinya lama. Sintesis nanopartikel perak menggunakan metode ultrasonic irradiation telah dilakukan oleh Toisawa, dkk., (2010) dan nanopartikel perak yang dihasilkan rata-rata berukuran 50 nm. Ukuran yang didapatkan dalam penelitian tersebut jauh lebih besar dibandingkan dengan metode reduksi. Metode reduksi seperti yang telah dilakukan oleh Mailu, dkk, (2010) dengan natrium sitrat sebagai reduktornya menghasilkan nanopartikel perak berukuran 30-40 nm. Sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi juga telah dilakukan oleh Harmami, dkk (2008) Sintesis yang dilakukan menggunakan variasi temperatur yaitu 90°C, 100°C, dan 110°C. Ukuran partikel yang dihasilkan adalah 28,3 nm (90°C), 19,9 nm (100°C), dan 26,4 nm (110°C).

Dalam penelitian ini sintesis nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode reduksi. Metode reduksi digunakan karena sederhana, mudah, cepat dan murah. Konsentrasi perak nitrat yang digunakan dalam penelitian ini divariasi ($0,5 \times 10^{-3}$ M, 1×10^{-3} M, dan $1,5 \times 10^{-3}$ M) dengan natrium sitrat sebagai agen pereduksinya. Selanjutnya nanopartikel perak dengan ukuran paling kecil dan memiliki stabilitas yang paling baik dicampurkan (blending) dengan PVAc sebagai bahan baku dalam pembuatan cat tembok dan diuji performa antibakterinya terhadap *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus aureus*.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi AgNO_3 , rasio molar $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ dan rasio AgNP/PVAc .

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik nanopartikel perak yang diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, PSA, dan TEM.

3.2.3 Variabel terkontrol

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah kecepatan pengadukan, pH dan temperatur reaksi.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas (Pirex), oven, neraca analitik (Ohaus), magnetic stirrer (IKAMAG), spektrofotometer UV-Vis (WTW Photolab 6600), PSA (Malvern 1.20), TEM

(JEM-1400), Cawan petri, coloni counter, jarum ose, inkubator, autoclaf, lampu spiritus.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah Perak nitrat (AgNO_3 , 99%) dari Sigma Aldrich, natrium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, 99%) dari Merck, PVAc, aquades, Nutrien Broth (NB), Nutrien Agar (NA).

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Sintesis nanopartikel perak

Dalam penelitian ini, sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan cara mereduksi AgNO_3 dengan $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$. Sebanyak 50 mL AgNO_3 yang konsentrasinya divariasi ($0,5 \times 10^{-3}$ M, 1×10^{-3} M, dan $1,5 \times 10^{-3}$ M) dipanaskan sampai mendidih. Kemudian pada larutan ditambahkan 5 mL 1% trisodium sitrat tetes demi tetes sampai habis. Selama proses pemanasan, dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* sehingga larutan homogen. Pemanasan dilanjutkan sampai larutan berwarna kuning pucat. Kemudian pemanasan dihentikan tetapi tetap dilakukan pengadukan hingga temperatur campuran menjadi temperatur kamar.

3.4.2 Karakterisasi nanopartikel perak

Nanopartikel perak yang telah disintesis kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui karakteristik dari nanopartikel perak tersebut. Analisis yang dilakukan untuk karakterisasi yaitu menggunakan spektrofotometer UV-Vis, PSA dan TEM.

Karakterisasi koloid nanopartikel perak menggunakan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk menentukan terbentuknya nanopartikel perak dan tingkat kestabilannya. Hasil yang diperoleh yaitu terjadi puncak absorbansi pada serapan panjang gelombang di kisaran 410 nm yang menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak. Kemudian untuk menguji tingkat kestabilan dilakukan pengukuran dengan UV-Vis dalam periode waktu dua minggu.

Karakterisasi menggunakan PSA bertujuan untuk menentukan ukuran partikel hasil sintesis. Dari pengukuran ini akan didapatkan konsentrasi perak nitrat yang paling optimum yaitu yang menghasilkan nanopartikel perak dengan ukuran terkecil. Selanjutnya koloid nanopartikel perak dengan konsentrasi perak nitrat optimum dikarakterisasi menggunakan TEM. TEM digunakan untuk mengetahui morfologi, struktur dan membuktikan adanya partikel yang berukuran nano.

3.4.3 Pencampuran AgNP dengan PVAc

Sampel yang menghasilkan distribusi ukuran rata-rata terkecil akan di aplikasikan pada binder cat PVAc. Koloid AgNP dengan variasi 1 mL, 2 mL dan 3 mL dicampurkan dengan 10 mL PVAc 1 % dilakukan menggunakan magnetic stirrer selama 3 jam. Pencampuran dilakukan pada temperatur kamar (Yazdi, 2011).

3.4.4 Uji antibakteri campuran AgNP-PVAc

Bakteri uji yang digunakan pada penelitian ini adalah *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*. Langkah-langkah pengujian dibagi menjadi dua tahap, yaitu preparasi dan pengujian aktivitas bakteri:

3.4.4.1 Preparasi

a) Sterilisasi alat

Alat-alat yang akan disterilkan dicuci dan dikeringkan, apabila sudah bersih tutup dengan kapas dan bungkus dengan plastik dan diikat rapat menggunakan karet. Autoclaf diisi dengan air sampai batas angsang kemudian alat-alat yang sudah steril dimasukkan ke dalam autoclaf dan ditata dengan rapi. Baut yang terdapat pada autoclaf dikencangkan agar tidak ada uap panas yang keluar, kemudian kran dibuka (posisi tegak). Autoclaf tersebut ditempatkan di atas kompor dan tunggu sampai termometer menunjuk 100°C . Pada temperatur tersebut dipertahankan selama 10 menit dan klep pengaman ditutup. Petunjuk pengaman diamati, apabila telah menunjuk pada tekanan 2 atm dan temperatur 121°C maka temperatur tersebut dipertahankan selama 20 menit. Apabila telah selesai, kompor dimatikan dan klep pengaman dibuka dengan perlahan agar semua uap air dalam autoclaf keluar dan tekanan dibiarkan turun sampai 1 atm.

b) Pembuatan Media Nutrien Agar

Serbuk nutrien agar 20 gram yang terdiri dari 5 gram pepton, 3 gram ekstrak daging, dan 12 gram serbuk agar ditambah aquades sampai dengan 1000mL, kemudian dipanaskan sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga homogen. Medium agar yang telah siap dimasukkan dalam erlenmeyer tahan panas kemudian ditutup dengan kapas dan kertas sampul coklat untuk kemudian disterilkan.

c) Pembuatan medium nutrien broth (NB)

Pasta *Nutrien Broth* (NB) ditimbang sebanyak 8 gram yang terdiri atas 5 gram pepton dan 3 gram ekstrak daging. Pasta NB dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan 1000 mL aquades. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga homogen. Medium NB yang telah siap dimasukkan dalam erlenmeyer tahan panas kemudian ditutup dengan kapas dan kertas sampul coklat untuk kemudian disterilkan.

d) Penyediaan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Bakteri *Escherichia coli* uji ditanamkan di atas permukaan agar miring yang telah memadat dalam tabung dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C, perlakuan yang sama juga dilakukan pada bakteri *Staphylococcus aureus*.

e) Penyediaan suspensi *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Mengambil 1 ose koloni bakteri dari media agar dan disuspensikan dalam media NB yang telah steril kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C.

3.4.4.2 Pengujian aktivitas bakteri

Nanopartikel perak yang telah diaplikasikan ke dalam binder cat di uji kemampuan antibakterinya terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan mengambil 1 mL campuran AgNP-PVAc kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi steril. Selanjutnya ditambahkan 2 ml NB sehingga volume total menjadi 3 ml. Kemudian ke dalam tabung reaksi dimasukkan 10 µl suspensi bakteri. Lalu

selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kemampuan antibakteri dapat ditentukan melalui % reduksi dari bakteri yang mampu bertahan hidup.

Persentase reduksi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Reduksi \% } \left(\frac{\text{CFU}}{\text{mL}} \right) = \frac{B-A}{B} \times 100$$

Dimana A merupakan jumlah rata-rata bakteri setelah dikocok dan B merupakan jumlah rata-rata bakteri sebelum dikocok (0 waktu kontak).



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak pada penelitian ini menggunakan metode reduksi kimia yaitu mereduksi larutan AgNO_3 dengan natrium sitrat. Nanopartikel perak mempunyai karakteristik yang mudah beraglomerasi antar sesamanya dan teroksidasi sehingga pada umumnya pada proses pembentukan nanopartikel perak disertakan juga senyawa lain seperti stabilisator. Namun dalam penelitian ini tidak digunakan senyawa lain karena natrium sitrat dapat sekaligus berfungsi sebagai stabilisator.

Proses preparasi nanopartikel perak yang dilakukan yaitu dengan cara menambahkan tetes demi tetes (*drop wise*) larutan natrium sitrat ke dalam larutan AgNO_3 yang telah dipanaskan sampai mendidih (100°C). Kemudian setelah ± 9 menit setelah penetesan terakhir dari natrium sitrat mulai terbentuk larutan berwarna kekuningan atau kuning pucat. Hasil reaksi dapat dilihat secara fisis seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.

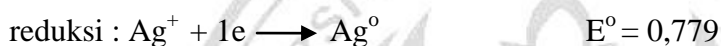


Gambar 4. Koloid Nanopartikel Perak Menggunakan Metode Reduksi dengan Variasi Konsentrasi AgNO_3

Dari gambar 4 terlihat bahwa larutan dari kiri ke kanan semakin tua warna kuningnya. Larutan paling kiri menggunakan AgNO_3 dengan konsentrasi paling rendah dan semakin ke kanan semakin besar. Hal ini memberikan pengaruh terhadap ukuran partikel yang dihasilkan. Dari kiri ke kanan rata-rata ukuran partikel yang dihasilkan semakin kecil. Reaksi kimia yang terjadi adalah :



Reaksi tersebut dapat ditulis berdasarkan harga energi potensialnya sehingga dapat diketahui energi potensial sel, yaitu :



$$E^\circ \text{ sel} = E^\circ \text{ reduksi} - E^\circ \text{ oksidasi}$$

$$E^\circ \text{ sel} = 0,779 - 1,224$$

$$E^\circ \text{ sel} = - 0,445$$

Berdasarkan energi potensial sel yang berharga negatif maka reaksi di atas merupakan reaksi yang tidak spontan. Hal ini menunjukkan reaksi tersebut seharusnya tidak dapat berlangsung. Namun ion Ag^+ dapat bereaksi membentuk kompleks dengan ion $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$ yaitu kompleks $[\text{Ag}^+ \text{----- sitrat}]$ atau $[\text{Ag}_3 \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_{n+1}]^{3n-}$. Kompleks ini memiliki peran yang lebih dominan dalam reduksi Ag^+ menjadi Ag^0 secara lambat sehingga reaksi dapat berlangsung (Jiang, dkk. 2010). Reaksi terbentuknya kompleks $[\text{Ag}^+ \text{----- sitrat}]$ adalah sebagai berikut:



Sintesis nanopartikel perak menggunakan metode reduksi kimia telah dilakukan oleh Mailu dkk, (2010) dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3} \text{M}$ dan natrium sitrat sebagai reduktornya menghasilkan nanopartikel perak berukuran 30-40 nm. Harmami, dkk (2008) juga telah mensintesis nanopartikel perak menggunakan metode reduksi menggunakan variasi temperatur yaitu 90°C , 100°C , dan 110°C . Ukuran partikel yang dihasilkan yaitu 28,3 nm (90°C), 19,9 nm (100°C), dan 26,4 nm (110°C). Guzman, dkk (2008) mereduksi AgNO_3 menggunakan hidrazin hidrat dan natrium sitrat serta sodium dodecyl sulfat sebagai stabilisator. Ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan berkisar antara 8-50 nm.

Dalam penelitian ini rasio molar $\text{AgNO}_3 / \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ yaitu 1.05, 2.10 dan 3.15. Semakin besar rasio molar yang digunakan memberikan distribusi ukuran partikel yang semakin besar. Namun rasio molar 2.10 menghasilkan nanopartikel perak yang lebih stabil yang dibuktikan dengan hasil identifikasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sehingga dapat dikatakan bahwa rasio molar 2.10 memberikan hasil terbaik yaitu nanopartikel perak yang stabilitasnya tinggi dan distribusi ukurannya cukup kecil.

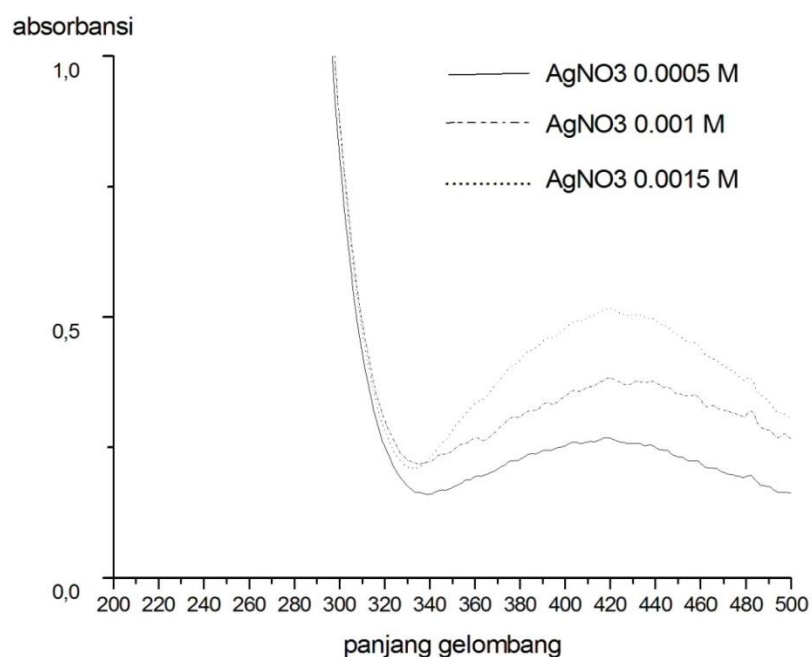
Nanopartikel perak yang dihasilkan dalam penelitian ini mempunyai ukuran mencapai 6,9 nm. Dari beberapa literatur dijelaskan bahwa ukuran partikel perak berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri, semakin kecil ukuran nanopartikel perak semakin besar efek antibakterinya (Guzman, 2009) terutama dalam penelitian ini bakteri yang digunakan untuk menguji kemampuan antibakteri nanopartikel perak adalah *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Penelitian serupa telah dilakukan oleh Asep Handaya, dkk (2010) yang mereduksi perak nitrat dengan berbagai konsentrasi dan menggunakan agen pereduksi yang berbeda serta penambahan polivinil alkohol (PVA) sebagai stabilisator.

4.2 Pembahasan

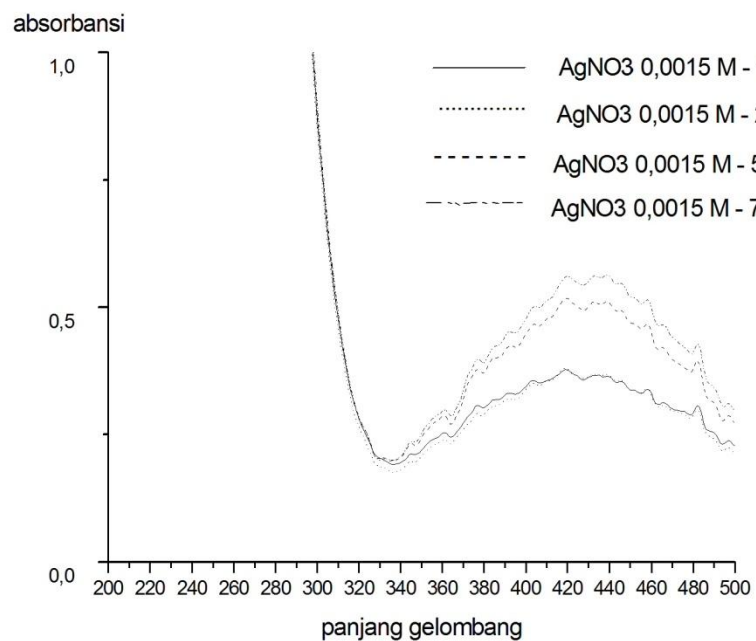
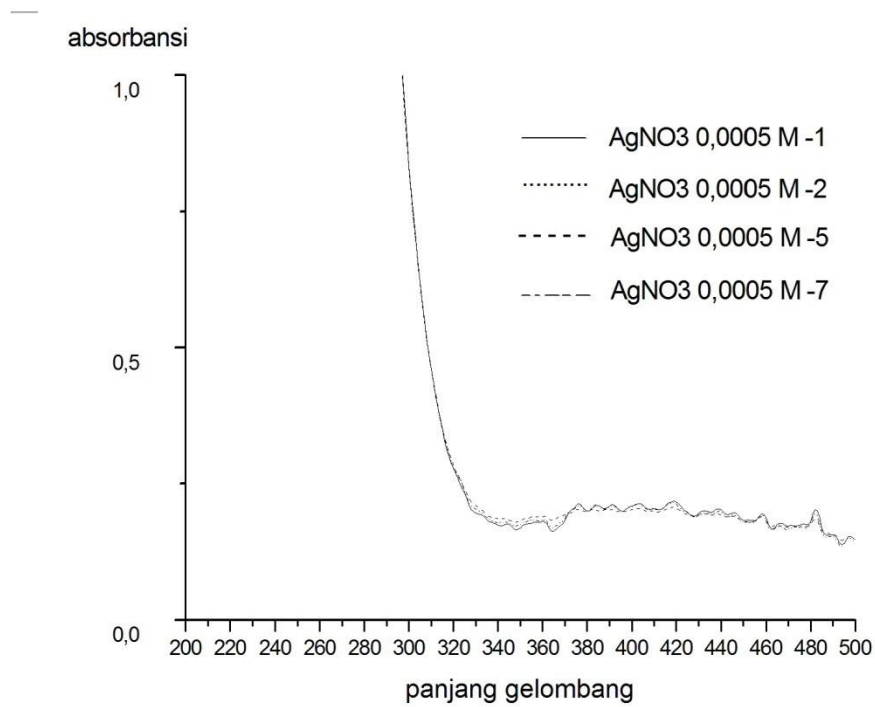
4.2.1 Sifat dan Kestabilan Nanopartikel Perak

Pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada koloid nanopartikel perak dilakukan pada rentang panjang gelombang 200 nm – 500 nm. Spektrum serapan sinar UV-Vis memiliki range tertentu dalam menjelaskan terbentuknya nanopartikel perak. Reduksi ion perak terlihat secara fisis dari perubahan warna larutan yaitu dari tak berwarna menjadi kuning pucat sehingga pada pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis nanopartikel perak koloidal memberikan puncak absorpsi pada panjang gelombang di sekitar 410 nm yang merupakan puncak serapan khas nanopartikel perak. Hasil pengukuran nanopartikel perak koloidal pada daerah panjang gelombang 200 – 500 nm ditunjukkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 tampak bahwa nanopartikel perak koloidal memperlihatkan puncak serapan pada panjang gelombang 419 – 421 nm. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa nanopartikel koloidal hasil sintesis terbukti merupakan koloid dengan ukuran berskala nanometer.



Gambar 5. Spektrum Uv-Vis Nanopartikel Perak dengan Variasi konsentrasi Prekursor AgNO₃

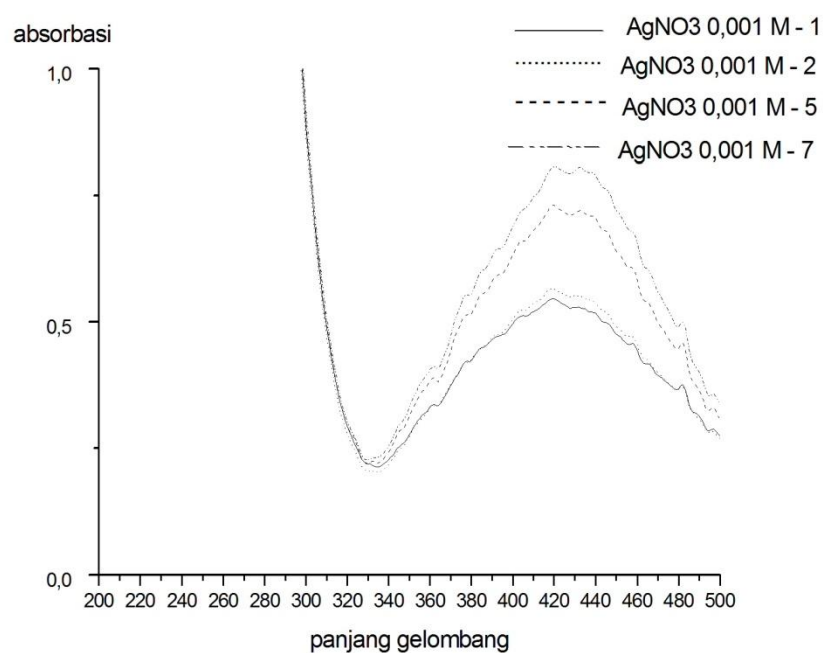
Pengukuran spektrum serapan menggunakan spektrofotometer UV-Vis juga dapat digunakan untuk mengetahui kestabilan nanopartikel perak koloidal hasil sintesis berdasarkan fungsi waktu. Kestabilan larutan koloid nanopartikel perak dapat diketahui dari terjadinya perubahan puncak serapannya (Wahyudi, 2011). Jika terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa larutan koloid nanopartikel perak kurang stabil dikarenakan telah terjadi aglomerasi. Jika nanopartikel perak teraglomerasi maka warna dari larutannya akan berubah sehingga puncak serapan panjang gelombangnya akan bergeser. Hasil penentuan kestabilan nanopartikel perak koloidal hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 6.



(b)

Gambar 6. Stabilitas Nanopartikel Perak dalam Periode Waktu 7 Hari (a) $\text{AgNO}_3 0,5 \times 10^{-3} \text{M}$ dan (b) $\text{AgNO}_3 1,5 \times 10^{-3} \text{M}$.

Hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa perubahan puncak panjang gelombang yang terjadi tidak signifikan hingga periode waktu 7 hari dimana puncak serapan berkisar diantara 419 – 421 nm. Keadaan ini menunjukkan bahwa larutan koloid hasil sintesis relatif cukup stabil. Namun diantara semua sampel keadaan paling stabil ditunjukkan oleh sampel dengan konsentrasi prekursor $\text{AgNO}_3 1,0 \times 10^{-3} \text{ M}$. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan Gambar 7.

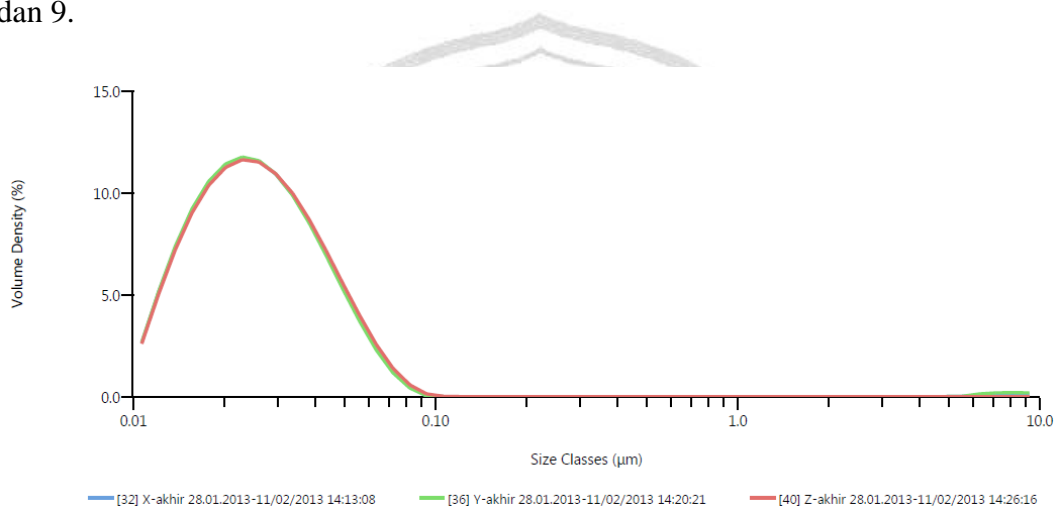


Gambar 7. Stabilitas Nanopartikel perak dengan Konsentrasi Prekursor $\text{AgNO}_3 1,0 \times 10^{-3} \text{ M}$

Dari Gambar 7 tampak bahwa tidak terjadi pergeseran puncak pada serapan panjang gelombang di sekitar 420 nm dalam periode waktu 7 hari. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki tingkat kestabilan yang baik.

4.2.2 Penentuan Ukuran Nanopartikel Perak

Penentuan ukuran nanopartikel perak serta distribusinya dilakukan menggunakan PSA dan TEM. Hasil analisa ukuran partikel pada koloid nanopartikel perak menggunakan alat PSA dengan variasi konsentrasi perak nitrat (AgNO_3) dari $0,5 \times 10^{-3}$ M, 1×10^{-3} M sampai $1,5 \times 10^{-3}$ M ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Ukuran Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Perak Nitrat pada Hari ke-0 setelah Sintesis

Gambar 8 menunjukkan ukuran nanopartikel perak pada hari ke-0 (sesaat setelah sintesis) menggunakan perak nitrat yang berbeda konsentrasinya. Data ukuran rata-rata AgNP selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran rata-rata Nanopartikel Perak pada Hari ke-0

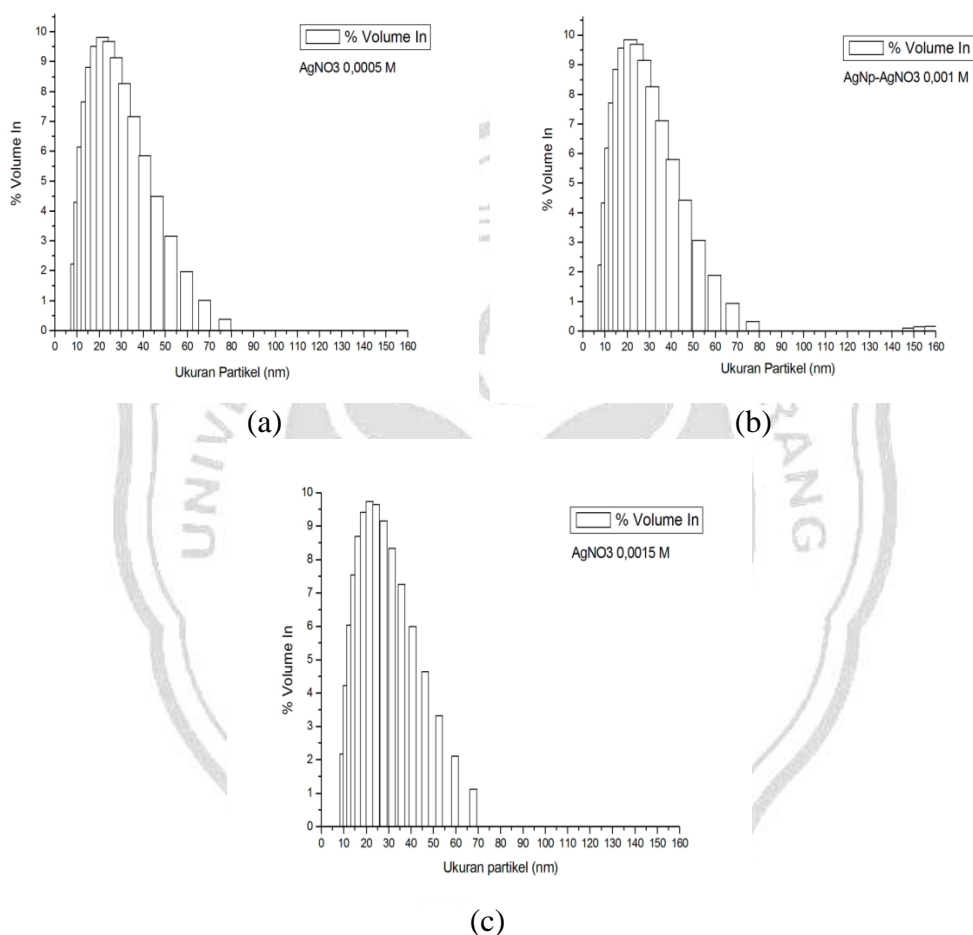
| AgNO_3 (M) | Dx 10 (nm) | Dx 50 (nm) | Dx 90 (nm) | D[4,3] (nm) |
|----------------------|------------|------------|------------|-------------|
| $0,5 \times 10^{-3}$ | 13,9 | 24,9 | 48,1 | 58,9 |
| $1,0 \times 10^{-3}$ | 13,9 | 24,8 | 47,9 | 73,6 |
| $1,5 \times 10^{-3}$ | 13,9 | 25,1 | 48,2 | 28,6 |

Dari Tabel 1 terlihat bahwa ketiga sampel memiliki partikel dengan ukuran maksimum yang dapat terukur yaitu sebesar 13,9 nm pada persentase

volume sampel 10% (Dx 10 (nm)). AgNP yang terbentuk dari konsentrasi AgNO₃ paling besar memiliki ukuran rata-rata terkecil yaitu 28,6 nm. Namun pada Dx 50 (nm) dan Dx 90 (nm) tampak bahwa sampel dengan prekursor AgNO₃ 1,0x10⁻³M menghasilkan ukuran maksimum yang dapat terukur yaitu berturut-turut sebesar 24,8 dan 47,9 nm. Pada D[4,3] (nm) sampel dengan AgNO₃ 1,0x10⁻³M memiliki distribusi ukuran rata-rata paling besar mencapai 73,6 nm. D[4,3] (nm) menunjukkan ukuran rata-rata dari keseluruhan sampel yang diukur sehingga sangat sensitif terhadap keberadaan partikel yang lebih besar (Malvern Instrumen Limited, 2012). Berdasarkan data distribusi ukuran partikel, AgNP dari AgNO₃ 1,0x10⁻³ M memiliki 0,58% partikel berukuran besar di sekitar 150 nm sehingga menyebabkan ukuran rata-rata menjadi besar yaitu 73,6 nm. Hal ini dapat ditunjukkan berdasarkan Gambar 9 .

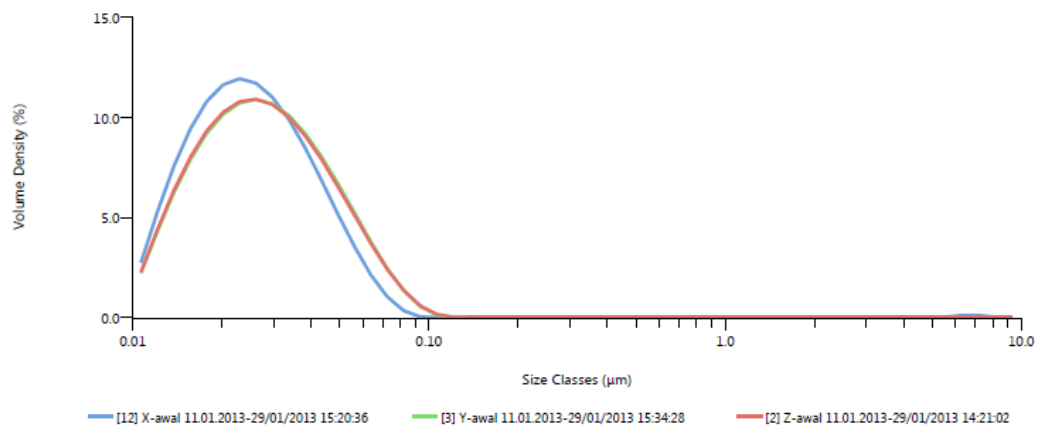
Distribusi ukuran nanopartikel perak sesaat setelah sintesis memperlihatkan perbedaan proses terbentuknya AgNP. Dalam waktu yang sama dan dengan konsentrasi Na₃C₆H₅O₇ yang sama, AgNP dari AgNO₃ 0,5x10⁻³M lebih stabil karena jumlah Ag⁺ yang direduksi lebih sedikit sehingga Na₃C₆H₅O₇ menjadi berlebih dan menyebabkan AgNP yang terbentuk lebih terstabilkan mengingat fungsi Na₃C₆H₅O₇ sebagai stabilisator. Terbentuknya AgNP dari AgNO₃ 1,0x10⁻³M tidak jauh berbeda dengan AgNP dari AgNO₃ 0,5x10⁻³M. Jumlah Ag⁺ yang direduksi lebih banyak tetapi jumlah Na₃C₆H₅O₇ relatif berlebih sehingga AgNP yang terbentuk menjadi terstabilkan. Pada AgNP dari AgNO₃ 1,5x10⁻³M, jumlah Ag⁺ yang direduksi lebih banyak dari variasi sebelumnya. Oleh karena itu, jumlah Na₃C₆H₅O₇ sebagai stabilisator perlu

ditambahkan. Tetapi $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ yang digunakan jumlahnya tetap sehingga menyebabkan kestabilan AgNP berkurang. Hasil ini dibuktikan oleh spektra dari spektrofotometer Uv-Vis.

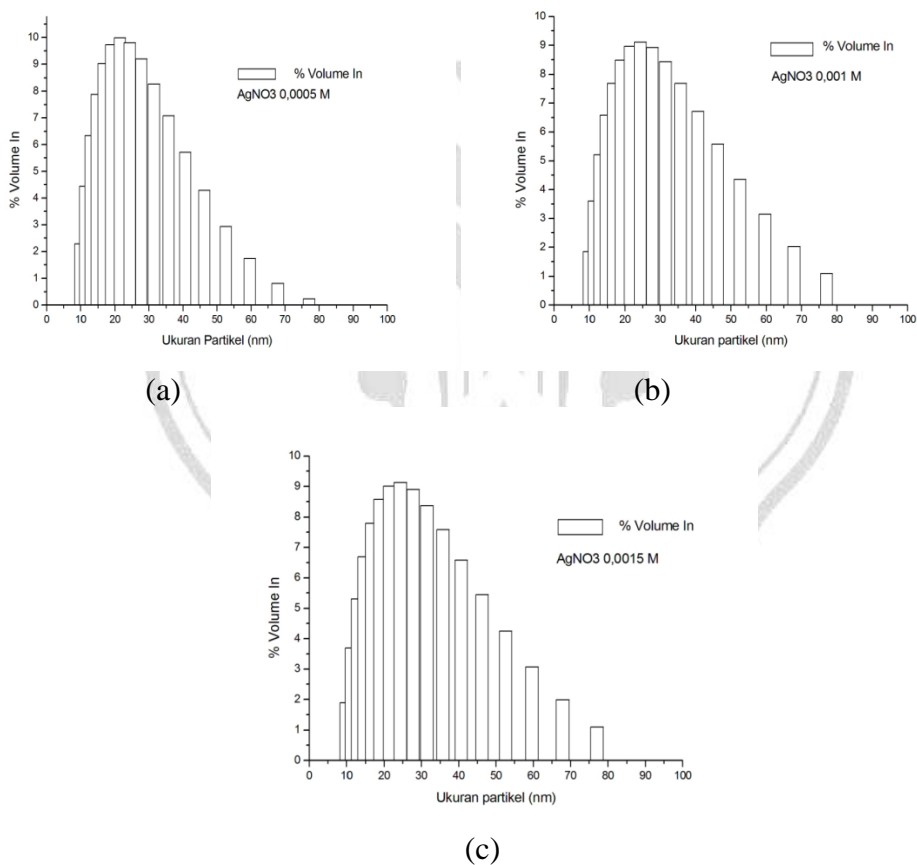


Gambar 9. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak Hari ke 0 dengan Konsentrasi Prekursor (a) AgNO_3 $0,5 \times 10^{-3} \text{ M}$, (b) AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3} \text{ M}$ dan (c) AgNO_3 $1,5 \times 10^{-3} \text{ M}$

Distribusi ukuran nanopartikel perak dengan periode waktu 19 hari juga menunjukkan hal yang sama. Hasil pengukuran yang ditunjukkan pada gambar 10 memperlihatkan bahwa sintesis menggunakan konsentrasi AgNO_3 yang semakin besar memiliki distribusi ukuran rata-rata semakin besar.



Gambar 10. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Perak Nitrat pada Hari ke-19 setelah Sintesis



Gambar 11. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak Hari ke 19 dengan Konsentrasi Prekursor (a) AgNO_3 $0,5 \times 10^{-3} \text{ M}$, (b) AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3} \text{ M}$ dan (c) AgNO_3 $1,5 \times 10^{-3} \text{ M}$

Gambar 11 memperlihatkan perbedaan ditribusi ukuran AgNP dalam periode waktu 19 hari. Semakin besar konsentrasi AgNO_3 yang digunakan dalam

sintesis menyebabkan semakin banyak jumlah Ag^+ yang harus direduksi. Hal ini menyebabkan berkurangnya fungsi $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ sebagai stabilisator sehingga kemungkinan terjadi aglomerasi lebih besar dan akibatnya distribusi ukuran AgNP menjadi semakin besar. Dari data distribusi ukuran AgNP diperoleh persentase volume dengan ukuran partikel dibawah 50 nm paling besar yaitu AgNP dari AgNO_3 $1 \times 10^{-3} \text{M}$, data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Volume dengan Ukuran Partikel Dibawah 50 nm

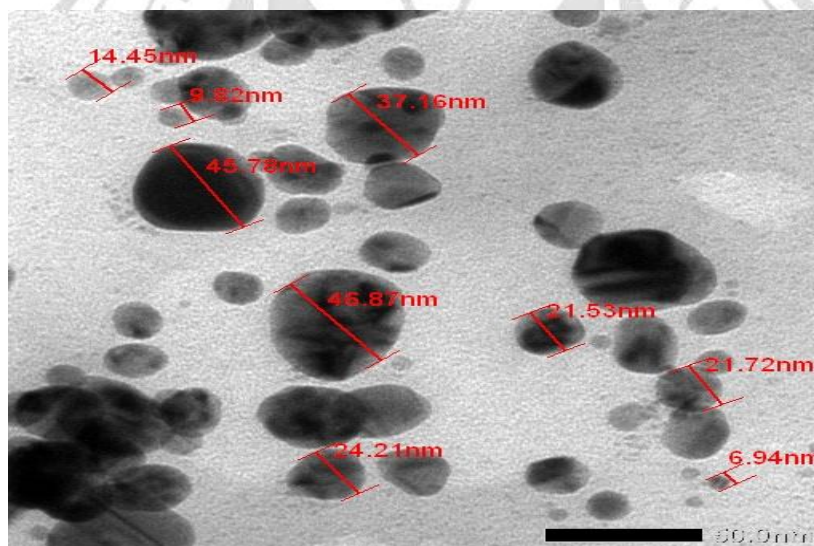
| Kode | Ukuran | % volume | Total volume |
|---------|---------|----------|--------------|
| X-akhir | < 50 nm | 75,57 | 99,97 % |
| Y-akhir | < 50 nm | 75,84 | 99,97% |
| Z-akhir | < 50 nm | 74,99 | 99,97% |
| X-awal | < 50 nm | 94,08 | 99,99% |
| Y-awal | < 50 nm | 95,88 | 99,99% |
| Z-awal | < 50 nm | 89,02 | 99,99% |

Dengan melihat distribusi ukuran dari semua sampel yang dikarakterisasi menggunakan PSA dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi AgNO_3 semakin besar distribusi ukuran AgNP. Dalam penelitian ini konsentrasi AgNO_3 $1 \times 10^{-3} \text{M}$ menghasilkan nanopartikel perak cukup stabil dan memiliki persentase volume paling tinggi untuk ukuran partikel dibawah 50 nm. Hal ini dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan TEM.

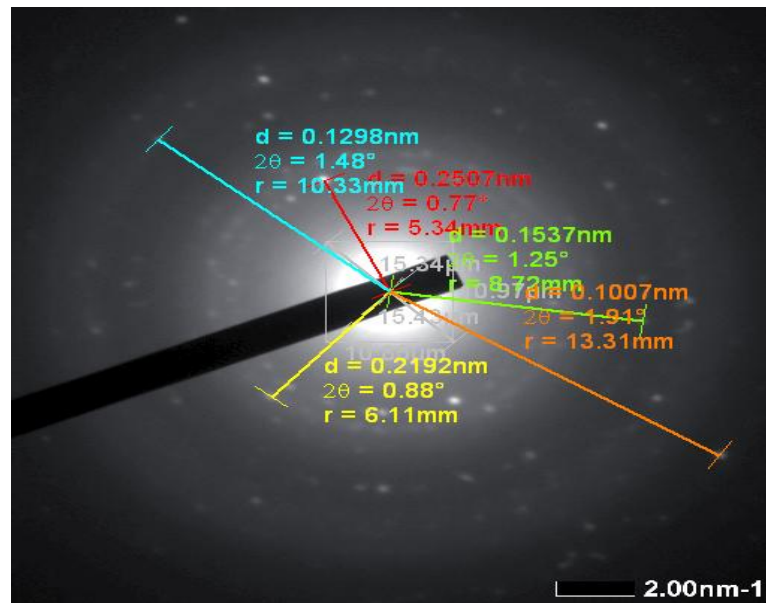
TEM digunakan untuk melihat morfologi, struktur dan ukuran nanopartikel perak. Sampel yang digunakan untuk karakterisasi TEM yaitu koloid

nanopartikel perak dengan AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3} \text{M}$ karena memiliki distribusi ukuran rata-rata kecil dan stabilitasnya yang paling baik.

Hasil analisa TEM dapat dilihat pada Gambar 12 yang menunjukkan diameter nanopartikel perak dan membuktikan bahwa partikel perak yang dihasilkan memiliki ukuran dalam skala nano dengan ukuran terkecil yang terukur adalah sebesar 6,94 nm dan mencapai 46,87 nm. Hasil analisa TEM juga diperoleh data difraksi nanopartikel perak untuk menentukan struktur kristalnya. Pola difraksi nanopartikel perak pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 12. Hasil Analisa Nanopartikel Perak Menggunakan TEM



Gambar 13. Pola Difraksi nanopartikel perak dari pengukuran TEM

Pola difraksi pada Gambar 13 menjelaskan bahwa nanopartikel perak memiliki struktur kristal yang dapat ditentukan secara eksperimen dan teoritik. Secara teoritik, struktur kristal nanopartikel perak ditentukan berdasarkan rumus dari Klug, H.P dan Alexander, L.E. (1974) yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Data Difraksi Nanopartikel Secara Teoritik

| No | 2θ | $\text{Sin}^2\theta$ | $1 \times \frac{\text{Sin}2\theta}{\text{Sin}2\theta \text{ min}}$ | $2 \times \frac{\text{Sin}2\theta}{\text{Sin}2\theta \text{ min}}$ | $3 \times \frac{\text{Sin}2\theta}{\text{Sin}2\theta \text{ min}}$ | X | hkl ($h^2+k^2+l^2$) |
|----|-----------|-------------------------|--|--|--|----|--------------------------|
| 1. | 0,77 | $4,5151 \times 10^{-5}$ | 1,000 | 2,000 | 3,000 | 3 | 111 |
| 2. | 0,88 | $5,8973 \times 10^{-5}$ | 1,306 | 2,612 | 3,918 | 4 | 200 |
| 3. | 1,25 | $1,1898 \times 10^{-4}$ | 2,635 | 5,27 | 7,905 | 8 | 220 |
| 4. | 1,48 | $1,6680 \times 10^{-4}$ | 3,694 | 7,388 | 11,082 | 11 | 311 |
| 5. | 1,91 | $2,7780 \times 10^{-4}$ | 6,184 | 12,368 | 18,552 | 19 | 331 |

Dari analisa di atas kemudian dianalisa dengan tabel penentuan struktur kristal yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Penentuan Struktur Kristal

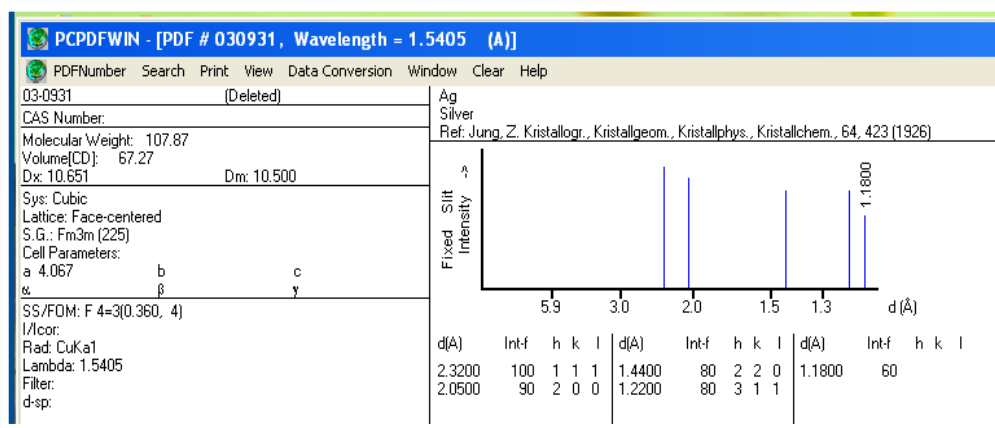
| Struktur Kristal | $h^2 + k^2 + l^2$ |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Simple Cubic (SC)</i> | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,..... |
| <i>Body Centered Cubic (BCC)</i> | 2,4,6,8,10,12,14,16,..... |
| <i>Face Centered Cubic (FCC)</i> | 3,4,8,11,12,16,19,20,24,27,..... |

Dari Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak pada penelitian ini mempunyai struktur *Face Centered Cubic (FCC)*. Hal ini juga menunjukkan bahwa nanopartikel yang terbentuk merupakan nanopartikel perak sesuai JCPDS Ag yang mempunyai hkl {111}, {200}, {220} dan {311}. Hasil TEM tersebut menunjukkan kesesuaian dengan hasil penelitian/eksperimen yang ditunjukkan tabel 9. Nilai d yang ditunjukkan pada Tabel 5 sesuai dengan nilai d pada JCPDS Ag. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel hasil sintesis pada penelitian ini merupakan nanopartikel perak. JCPDS Ag dapat dilihat pada Gambar 14.

Tabel 5. Data Difraksi Nanopartikel Perak Hasil Analisa TEM

| No. | $2\theta(^{\circ})$ | d | | r (mm) |
|-----|---------------------|--------|-------|----------|
| | | (nm) | (Å) | |
| 1 | 0,77 | 0,2507 | 2,507 | 5,34 |
| 2 | 0,88 | 0,2192 | 2,192 | 6,11 |
| 3 | 1,25 | 0,1537 | 1,537 | 8,72 |
| 4 | 1,48 | 0,1298 | 1,298 | 10,33 |

5 1,91 0,1007 1,007 13,31

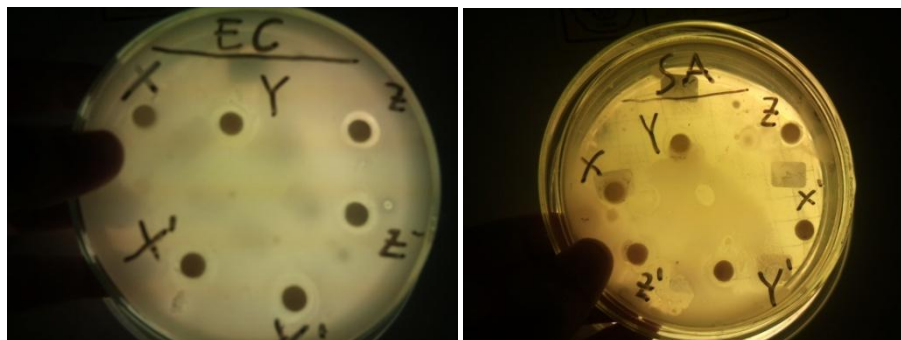


Gambar 14. JCPDS Ag

4.3 Uji Kemampuan Antibakteri Nanopartikel Perak

Pengujian antibakteri nanopartikel perak dilakukan untuk membuktikan bahwa nanopartikel perak memiliki kemampuan antibakteri yang baik. Pengujian tersebut dilakukan secara kualitatif sesuai prosedur yang dilakukan oleh Wahyudi (2011) yang pengujiannya berdasarkan lebar zona bening media bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Proses pengujiannya yaitu menggunakan cakram kertas yang telah direndam dalam koloid nanopartikel perak kemudian ditempelkan pada media pertumbuhan bakteri dan diinkubasi selama 24 jam. Hasil uji kualitatif aktivitas antibakteri partikel nano perak dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Uji kualitatif Kemampuan Antibakteri Nanopartikel Perak terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 15 tampak bahwa nanopartikel perak memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini dapat dilihat dari lebar zona bening pada media yang telah ditanam bakteri. Semakin lebar zona bening yang terbentuk menunjukkan semakin kuatnya daya hambat nanopartikel perak terhadap pertumbuhan bakteri. Gambar 13 menunjukkan bahwa lebar zona paling besar dan jelas ditunjukkan oleh cakram yang direndam dalam nanopartikel perak dengan konsentrasi $\text{AgNO}_3 1,0 \times 10^{-3} \text{M}$. Hal ini membuktikan bahwa nanopartikel perak dengan ukuran kecil dan stabilitas yang baik memiliki kemampuan antibakteri yang lebih besar.

Nanopartikel perak yang memiliki distribusi ukuran kecil dan stabilitas yang baik yang kemudian dicampur dengan binder cat PVAc dalam penelitian ini yaitu sampel dengan konsentrasi perak nitratnya $1,0 \times 10^{-3} \text{M}$. Proses pencampuran yang dilakukan menggunakan variasi volume nanopartikel perak untuk membuktikan bahwa terdapat pengaruh volume terhadap aktivitas bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Proses pengujian kemampuan antibakteri dari campuran AgNP-PVAc dilakukan secara kuantitatif. Secara kuantitatif digunakan untuk menghitung

persentase reduksi bakteri (% R) pada campuran AgNP-PVAc. Persentase reduksi bakteri merupakan perbandingan jumlah koloni bakteri sebelum dan sesudah dikontakkan dengan binder cat PVAc. Binder cat dalam penelitian ini dicampur dengan larutan koloid nanopartikel perak. Sebagai kontrolnya digunakan PVAc yang belum dicampur dengan nanopartikel perak. Besarnya % reduksi (% R) bakteri oleh campuran AgNP-PVAc yang dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Reduksi \%} \left(\frac{\text{CFU}}{\text{mL}} \right) = \frac{B-A}{B} \times 100$$

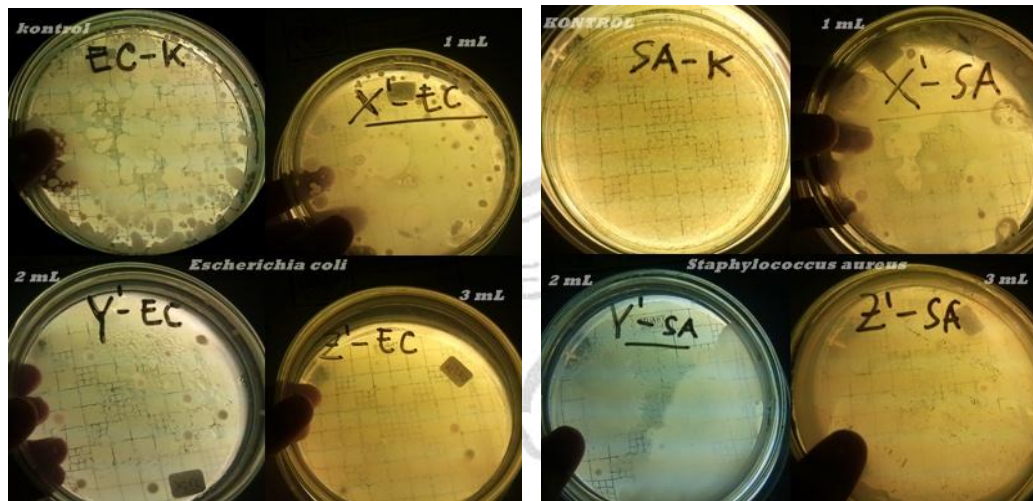
Dari hasil pengujian persentase reduksi bakteri *Escherichia coli* tertinggi terdapat pada campuran AgNP-PVAc dengan volume nanopartikel perak sebesar 3 ml yaitu mencapai 98,82%. Demikian pula untuk persentase reduksi bakteri *Staphylococcus aureus* tertinggi sebesar 99,64% yaitu campuran AgNP-PVAc dengan volume nanopartikel perak sebesar 3 ml.

Berikut hasil uji kemampuan antibakteri selengkapnya secara kuantitatif pada campuran AgNP-PVAc terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*:

Tabel 6. Persentase Reduksi Bakteri

| No. | nanopartikel perak : PVAc | % Reduksi bakteri EC | % Reduksi bakteri SA |
|-----|------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1. | 1 : 10 | 78,12% | 96,11% |
| 2. | 2 : 10 | 91,01% | 97,88% |
| 3. | 3 : 10 | 98,82% | 99,64% |

Dari tabel 10 tampak bahwa semakin banyak volume nanopartikel perak yang digunakan semakin besar % reduksi bakteri. Hasil uji kuantitatif terhadap bakteri *Escherichia coli* dapat dilihat pada Gambar 16.



(a)

(b)

Gambar 16. Uji Kuantitatif Kemampuan Antibakteri Campuran AgNP-PVAC pada Bakteri (a) *Escherichia coli* dan (b) *Staphylococcus aureus*

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

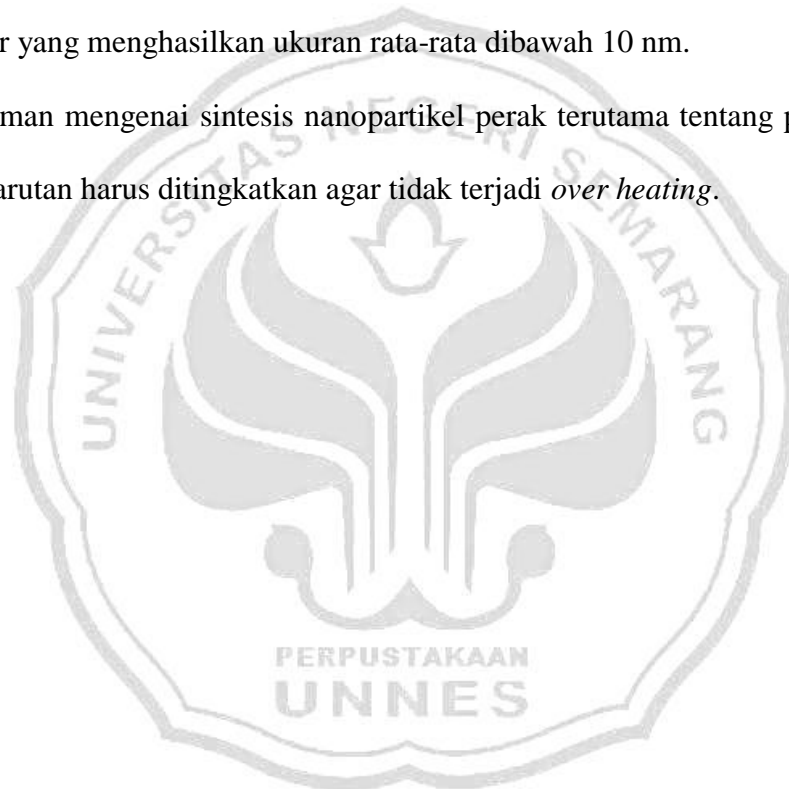
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rasio $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ mempengaruhi ukuran AgNP yang dihasilkan. Semakin besar rasio molar yang digunakan semakin besar distribusi ukuran partikelnya. Dalam penelitian ini, rasio 2.10 memberikan hasil terbaik yaitu nanopartikel perak dengan ukuran partikel mencapai 6,9 nm dan memiliki stabilitas yang tinggi.
2. Nanopartikel perak dapat diidentifikasi tingkat kestabilannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang ditunjukkan dari serapan puncak pada panjang gelombang antara 419-421 nm. Penentuan ukuran partikel dilakukan menggunakan PSA, dan TEM. Dari hasil analisa PSA, nanopartikel perak hasil sintesis memiliki ukuran antara 13,9-54,3 nm. Hasil karakterisasi TEM mengkonfirmasi adanya partikel perak berukuran nano hingga mencapai ukuran 6,9 nm dan memiliki struktur *Face Centered Cubic* (FCC).
3. Nanopartikel perak terbukti efisien menghambat pertumbuhan bakteri. Dalam penelitian ini 1 ml nanopartikel perak yang digunakan dalam campuran telah mereduksi 78% bakteri *Eschericia coli* dan 96,11% terhadap *Staphylococcus aureus*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian lebih lanjut mengenai sintesis nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi prekursor selain perak nitrat perlu dilakukan untuk mencari prekursor yang menghasilkan ukuran rata-rata dibawah 10 nm.
2. Pemahaman mengenai sintesis nanopartikel perak terutama tentang perubahan warna larutan harus ditingkatkan agar tidak terjadi *over heating*.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M dan Khaerurijjal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial: Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data. Bandung: Rezeki Putera.
- Chou, K.S. and Lu, Yu C. 2008. High-Concentration Nanoscale Silver Colloidal Solution and Preparing Process Thereof. *Patent Application Publication*. US.2008/0064767 A1.
- Das, R., Nath S.S, Chakdar D, Gope G, Bhattacharjee. 2009. Preparation of Silver Nanoparticles and Their Characterization. *Journal of nanotechnology*. Vol 5
- Fardias, S. 1992. *Analisis Mikrobiologi Pangan, Perhipa*. Jakarta: PAU pangan dan Gizi IPB.
- Feng, Q.L., J. Wu, G.Q. Chen, F.Z. Cui, T.N. Kim, J.O. Kim. 2000. Mechanimtic Study Of The Antibacterial Effect Of Silver Ions On *Escherichia coli* and *Stapgylococcus aureus*. Hal 662-668
- Fessenden, R.J & J.S. Fessenden. 1986. *Kimia Organik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga. Diterjemahkan oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka Ph.D.
- Guzman, M.G., Jean D., dan Stephan G. 2009. Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering* 2:3.
- Harmami, S.B., Agus H, dan Dewi S. 2008. The Synthesis of Silver nanoparticle Produced by chemical Reduction of silver salt Solution, *Indonesian Journal of Material Science*. Hal. 233-236
- Haryono, A., Dewi S, Sri Budi Harmami dan Muhammad Randy. 2008. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*. Vol. 2 (3) hal 156-163
- Jiang, X.C., Chen, C.Y., dan Yu A.B. 2010. Role of Citric Acid in the Formation of Silver Nanoplates trough a Synergistic Reduction Approach. *Langmuir Article*, Vol 26 (6) hal 4400-4408
- Klug, H.P dan Alexander, L.E. 1974. X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials, New York: John Willey & Sons
- Mahendra, R., Yadav, Alka., Gade, Aniket. 2009. Nanoparticles as a New Generation of Antimicrobials. *Biotechnology Advances*, **27**, 76 – 83.

- Malvern Instruments Limited.2012. A Basic Guide to Particle Characterization. Tersedia di www.malvern.com [diakses 26-2-2013]
- Mailu, S. N., Tesfaye T.W., Peter M. Ndangili, Fanelwa R. Ngece, Abd A. Baleg, Priscilla G. Baker dan Emmanuel I. Iwuoha. 2010. Determination of Anthracene on Ag-Au Alloy Nanoparticles/Overoxidized-Polypyrrole Composite Modified Glassy Carbon Electrodes. *Sensors*. No. 10 , hal 9449-9465
- Montazer, M., Hajimirzababa H, Rahimi MK, Alibakhshi S. 2012. Durable Anti-bacterial Nylon Carpet Using Colloidal Nano Silver. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. Vol. 20, No.4 (93): 96-101.
- Muryati, S. 2004. Mikrobiologi: Buku Pegangan Kuliah. Jurusan Kimia : Universitas Negeri Semarang.
- Nisaratanaporn, E., dan Wongsuwan, K.2008. preparation of Ultrafine Silver Powder using Glyserol as Reducing Agent. *Journal of Metal, Materials and Minerals*. Vol.18 No.2 pp. 1-5.
- Pelezar, M.J. dan Chan, E.C.S,. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta : UI press
- Rajabi, O., BiBi S.F.B., Ali R.V. dan Roshanak S. 2011. Standardizing the Bactericidal Activities of Silver Nanoparticles Made By Electrochemical Reduction and Comparing It with Deconex 53 Instrument. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 10 (3), 481-487
- Sharma, V.K. , Ria A. Y, Yekaterina L. 2009. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Journal Advances in Colloid and Interface Science*. 145, 83–96.
- Sileikaite,A., Igoris P., Judita P., Algimantas J., Asta G. 2006. Analysis of silver nanoparticles produced by chemical reduction of silver salt solution. *Materials Science*, Vol. 12 (4)
- Toisawa, K, Yamato H. dan Hirotsugu T. 2010. Synthesis of Highly Concentrated Ag Nanoparticles in a Heterogeneous Solid-Liquid System under Ultrasonic Irradiation. *Materials Transactions*. Vol. 51, (10) pp. 1764-1768
- The American Society for Testing and Materials. 2001. *Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions*, E 2149- 01.

Wahyudi, T., Doni S. dan Qomarudin H. 2011. Sintesis Nanopartikel Perak Dan Uji Aktivitasnya Terhadap Bakteri *E. coli* dan *S. Aureus*. *Arena Tekstil*. Vol 26 (1) hal 55-60.

Yazdi, M. M, Malihe P, dan Babak K. 2011. Synthesis of Latex Based Antibacterial Acrylate Polymer/Nanosilver via *In Situ* Miniemulsion Polymerization. *Macromolecular Research*. Vol. 19, No. 3, pp 243-249

Zielinska, A., Ewa S., Adriana Z., Maria G., Jan H. 2009. Preparation of silver nanoparticles with controlled particle size. *Procedia Chemistry* 1, 1560–156



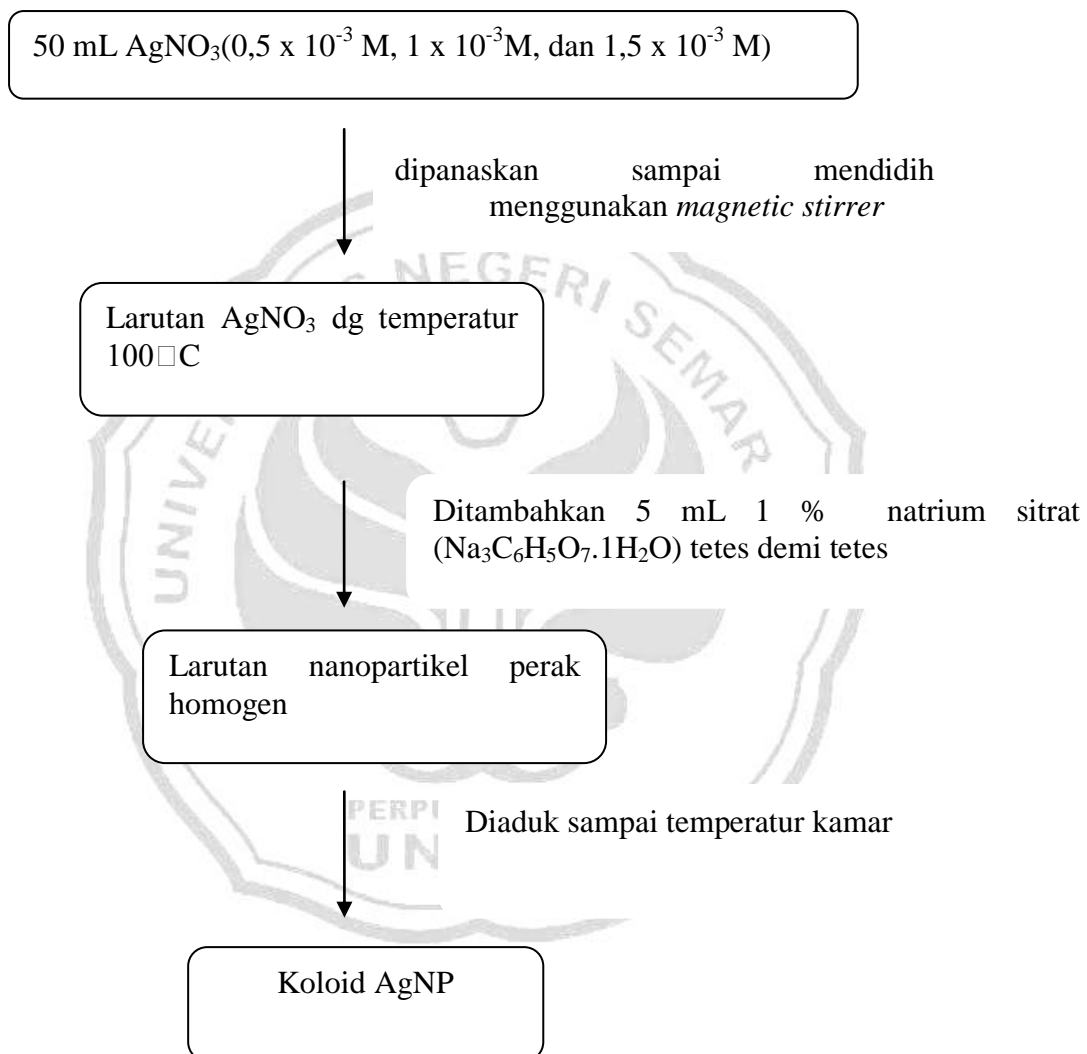


LAMPIRAN

Lampiran 1

Skema Kerja Sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia

(Mailu, Stephen N., dkk, 2010)



Lampiran 2

Proses pencampuran nanopartikel perak dengan PVAc

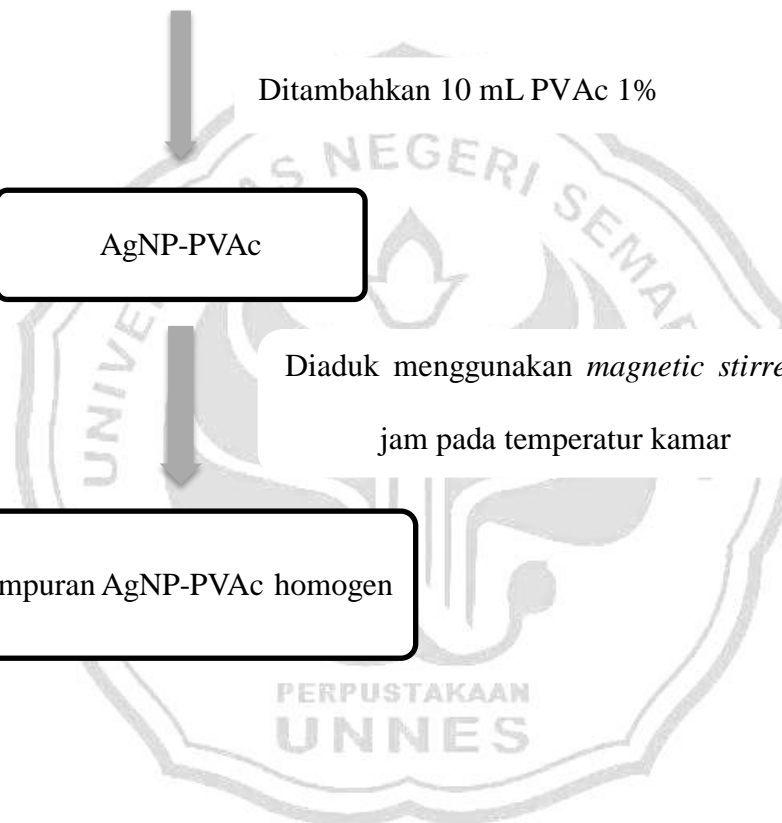
Nano partikel perak koloidal dengan variasi 1 mL, 2mL, 3mL

Ditambahkan 10 mL PVAc 1%

AgNP-PVAc

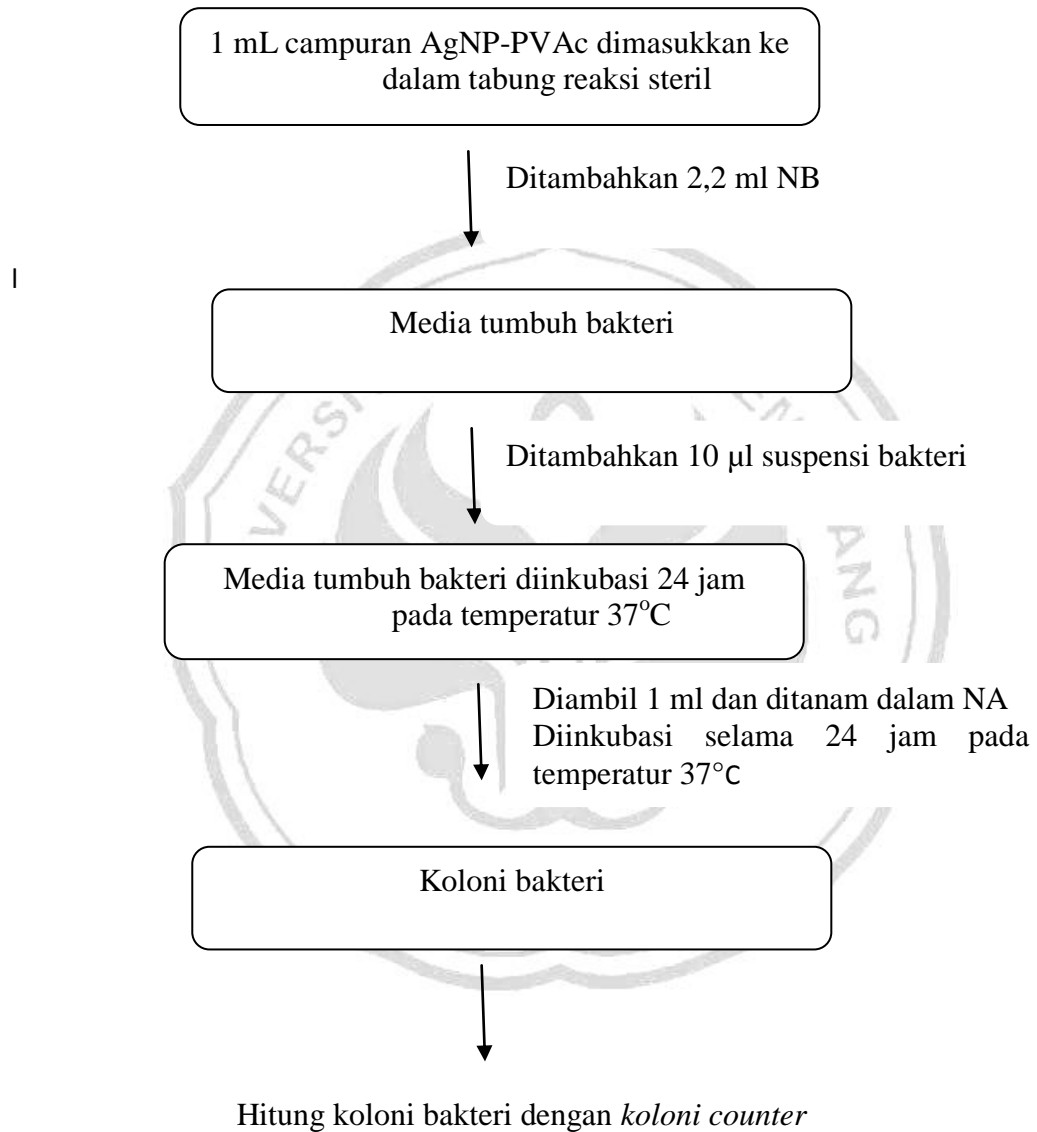
Diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam pada temperatur kamar

campuran AgNP-PVAc homogen



Lampiran 3

Pengujian Aktivitas Antibakteri (Duran, 2007)



Lampiran 4

Perhitungan-perhitungan

1. Pembuatan larutan induk

- a. Membuat AgNO_3 0,1 M dari AgNO_3 99%

$$M = \frac{\text{gram}}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$0,1 = \frac{g}{169} \times \frac{1000}{100}$$

$$\text{gram} = 1,69 \text{ gram}$$

- b. Membuat AgNO_3 $0,5 \times 10^{-3}$ M dari AgNO_3 0,1 M

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,5 \times 10^{-3} \text{ M} \times 500 \text{ mL} = 0,1 \text{ M} \times V_2$$

$$V_2 = 2,5 \text{ mL}$$

- c. Membuat lar. AgNO_3 $1,0 \times 10^{-3}$ M dari AgNO_3 0,1 M

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1,0 \times 10^{-3} \text{ M} \times 500 \text{ mL} = 0,1 \text{ M} \times V_2$$

$$V_2 = 5 \text{ mL}$$

- d. Membuat lar. AgNO_3 $1,5 \times 10^{-3}$ M dari AgNO_3 0,1 M

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1,5 \times 10^{-3} \text{ M} \times 500 \text{ mL} = 0,1 \text{ M} \times V_2$$

$$V_2 = 7,5 \text{ mL}$$

2. Perhitungan % Reduksi bakteri

$$\text{Reduksi \%} \left(\frac{\text{CFU}}{\text{mL}} \right) = \frac{B - A}{B} \times 100$$

B = jumlah rata – rata bakteri sebelum dikocok (0 waktu kontak)

A = jumlah rata – rata bakteri setelah dikocok

diketahui : $B - \text{EC} = 256$ dan $B - \text{SA} = 283$

$$\begin{aligned} \text{a. } X' \text{-EC} &= \frac{B-A}{B} \times 100 \\ &= \frac{256-56}{256} \times 100\% \\ &= 78,12\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X' \text{-SA} &= \frac{B-A}{B} \times 100 \\ &= \frac{283-11}{283} \times 100\% \\ &= 96,11\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Y' \text{-EC} &= \frac{B-A}{B} \times 100 \\ &= \frac{256-23}{256} \times 100\% \\ &= 91,01\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y' \text{-SA} &= \frac{B-A}{B} \times 100 \\ &= \frac{283-6}{283} \times 100\% \\ &= 97,88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } Z' \text{-EC} &= \frac{B-A}{B} \times 100 \\ &= \frac{256-3}{256} \times 100\% \\ &= 98,82\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z' \text{-SA} &= \frac{B-A}{B} \times 100 \\ &= \frac{283-1}{283} \times 100\% \\ &= 99,64\% \end{aligned}$$

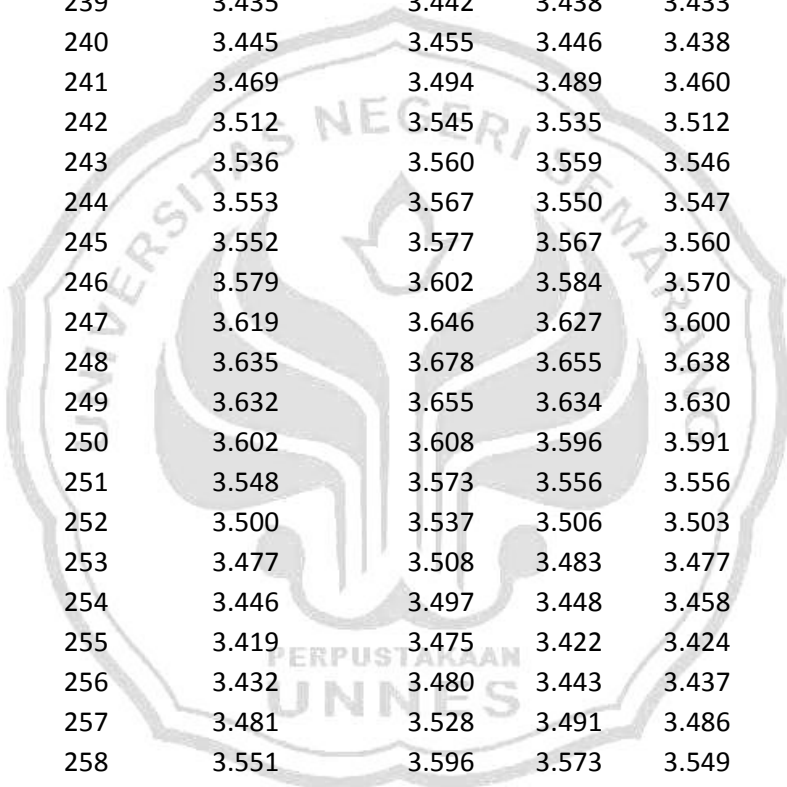
Lampiran 5

Data Hasil Karakterisasi Menggunakan Uv-Vis spektrofotometer

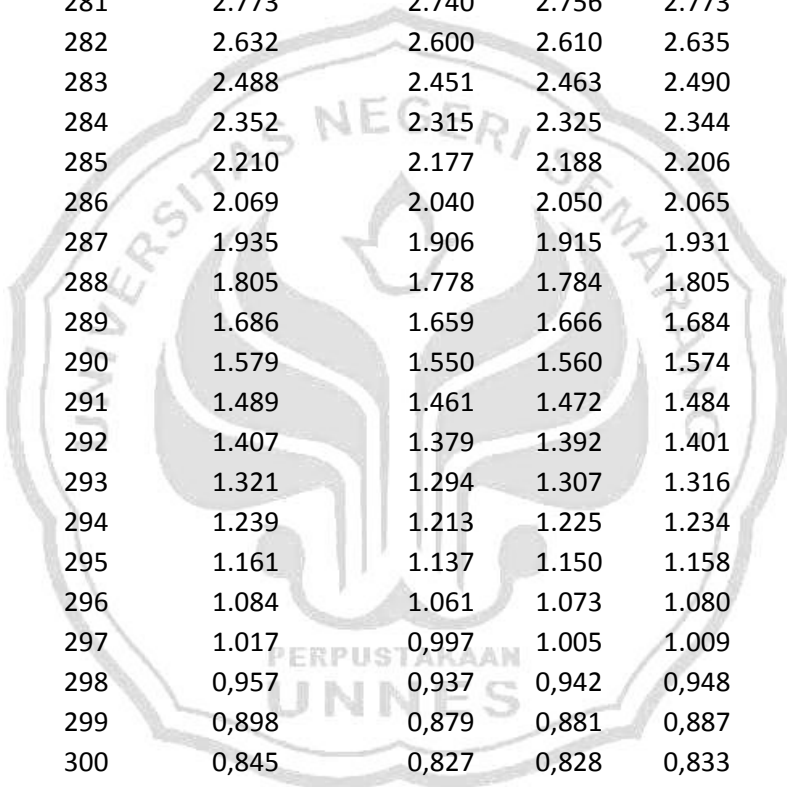
photoLab 6600 UV-
VIS 94820944 1,35-WTW-
1,65 huda
huda
1,04E+09 Absorbance Smoothing
Absorbance Smoothing

#Data (visible)

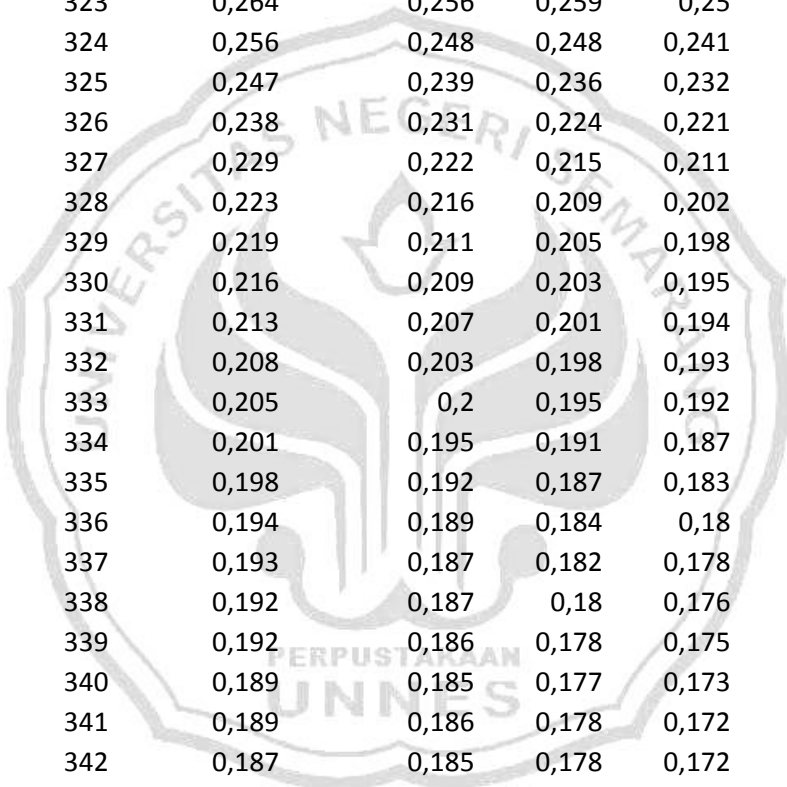
| | X4-1 | X4-2 | X4-5 | X4-7 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 200 | 2.862 | 2.907 | 2.888 | 2.863 |
| 201 | 2.906 | 2.929 | 2.919 | 2.915 |
| 202 | 2.952 | 2.980 | 2.971 | 2.967 |
| 203 | 3.016 | 3.027 | 3.018 | 3.019 |
| 204 | 3.056 | 3.090 | 3.079 | 3.089 |
| 205 | 3.116 | 3.140 | 3.130 | 3.111 |
| 206 | 3.137 | 3.177 | 3.159 | 3.151 |
| 207 | 3.168 | 3.195 | 3.177 | 3.168 |
| 208 | 3.176 | 3.211 | 3.193 | 3.186 |
| 209 | 3.199 | 3.244 | 3.204 | 3.192 |
| 210 | 3.217 | 3.270 | 3.234 | 3.237 |
| 211 | 3.249 | 3.292 | 3.261 | 3.245 |
| 212 | 3.279 | 3.311 | 3.286 | 3.293 |
| 213 | 3.302 | 3.337 | 3.320 | 3.295 |
| 214 | 3.331 | 3.334 | 3.326 | 3.338 |
| 215 | 3.338 | 3.377 | 3.362 | 3.329 |
| 216 | 3.369 | 3.367 | 3.363 | 3.364 |
| 217 | 3.376 | 3.408 | 3.407 | 3.368 |
| 218 | 3.419 | 3.435 | 3.411 | 3.404 |
| 219 | 3.436 | 3.484 | 3.473 | 3.437 |
| 220 | 3.497 | 3.509 | 3.486 | 3.480 |
| 221 | 3.517 | 3.564 | 3.558 | 3.525 |
| 222 | 3.583 | 3.576 | 3.576 | 3.559 |
| 223 | 3.594 | 3.613 | 3.631 | 3.608 |
| 224 | 3.653 | 3.664 | 3.642 | 3.627 |
| 225 | 3.677 | 3.708 | 3.707 | 3.692 |
| 226 | 3.759 | 3.772 | 3.759 | 3.740 |
| 227 | 3.816 | 3.844 | 3.847 | 3.833 |
| 228 | 3.912 | 3.907 | 3.918 | 3.894 |
| 229 | 3.941 | 3.944 | 3.962 | 3.955 |



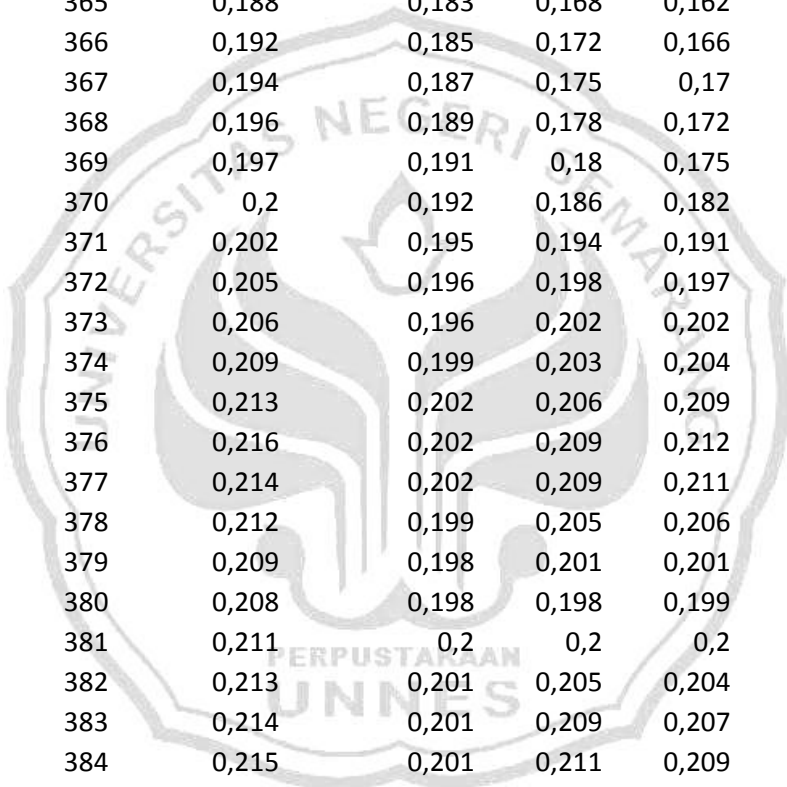
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 230 | 3.967 | 3.955 | 3.957 | 3.946 |
| 231 | 3.916 | 3.903 | 3.903 | 3.915 |
| 232 | 3.863 | 3.838 | 3.830 | 3.839 |
| 233 | 3.762 | 3.744 | 3.734 | 3.753 |
| 234 | 3.693 | 3.674 | 3.662 | 3.675 |
| 235 | 3.611 | 3.603 | 3.597 | 3.606 |
| 236 | 3.567 | 3.559 | 3.548 | 3.555 |
| 237 | 3.507 | 3.505 | 3.499 | 3.505 |
| 238 | 3.473 | 3.472 | 3.458 | 3.464 |
| 239 | 3.435 | 3.442 | 3.438 | 3.433 |
| 240 | 3.445 | 3.455 | 3.446 | 3.438 |
| 241 | 3.469 | 3.494 | 3.489 | 3.460 |
| 242 | 3.512 | 3.545 | 3.535 | 3.512 |
| 243 | 3.536 | 3.560 | 3.559 | 3.546 |
| 244 | 3.553 | 3.567 | 3.550 | 3.547 |
| 245 | 3.552 | 3.577 | 3.567 | 3.560 |
| 246 | 3.579 | 3.602 | 3.584 | 3.570 |
| 247 | 3.619 | 3.646 | 3.627 | 3.600 |
| 248 | 3.635 | 3.678 | 3.655 | 3.638 |
| 249 | 3.632 | 3.655 | 3.634 | 3.630 |
| 250 | 3.602 | 3.608 | 3.596 | 3.591 |
| 251 | 3.548 | 3.573 | 3.556 | 3.556 |
| 252 | 3.500 | 3.537 | 3.506 | 3.503 |
| 253 | 3.477 | 3.508 | 3.483 | 3.477 |
| 254 | 3.446 | 3.497 | 3.448 | 3.458 |
| 255 | 3.419 | 3.475 | 3.422 | 3.424 |
| 256 | 3.432 | 3.480 | 3.443 | 3.437 |
| 257 | 3.481 | 3.528 | 3.491 | 3.486 |
| 258 | 3.551 | 3.596 | 3.573 | 3.549 |
| 259 | 3.657 | 3.682 | 3.678 | 3.656 |
| 260 | 3.741 | 3.755 | 3.730 | 3.729 |
| 261 | 3.755 | 3.774 | 3.738 | 3.731 |
| 262 | 3.724 | 3.735 | 3.704 | 3.713 |
| 263 | 3.672 | 3.659 | 3.625 | 3.650 |
| 264 | 3.617 | 3.597 | 3.571 | 3.575 |
| 265 | 3.588 | 3.591 | 3.570 | 3.556 |
| 266 | 3.573 | 3.596 | 3.580 | 3.567 |
| 267 | 3.566 | 3.599 | 3.585 | 3.568 |
| 268 | 3.564 | 3.592 | 3.598 | 3.594 |
| 269 | 3.567 | 3.593 | 3.591 | 3.608 |
| 270 | 3.573 | 3.609 | 3.578 | 3.595 |
| 271 | 3.589 | 3.627 | 3.601 | 3.603 |



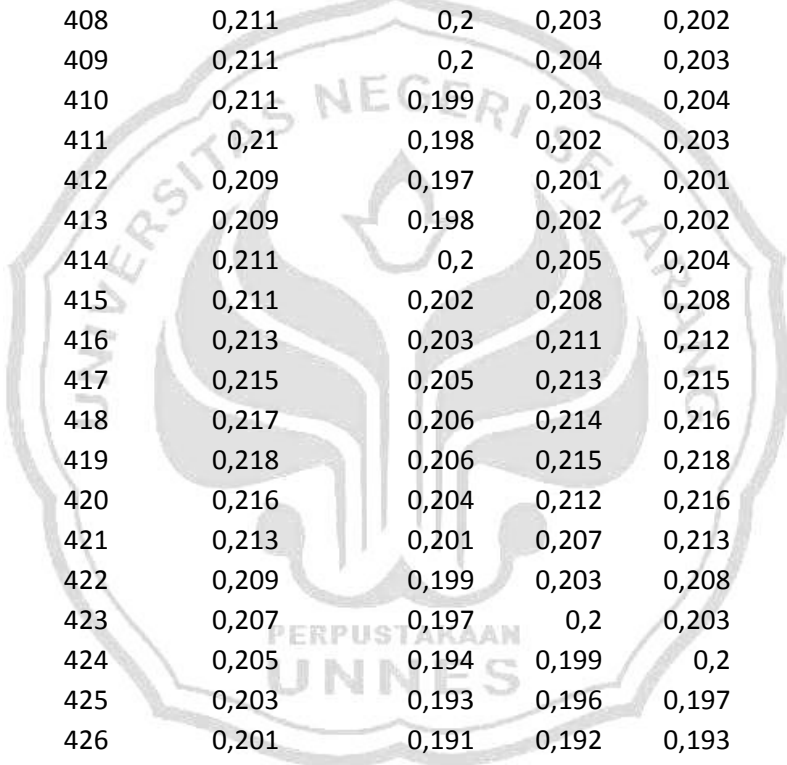
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 272 | 3.586 | 3.624 | 3.606 | 3.616 |
| 273 | 3.557 | 3.591 | 3.555 | 3.577 |
| 274 | 3.505 | 3.521 | 3.503 | 3.513 |
| 275 | 3.427 | 3.442 | 3.422 | 3.439 |
| 276 | 3.330 | 3.353 | 3.319 | 3.333 |
| 277 | 3.244 | 3.243 | 3.234 | 3.238 |
| 278 | 3.154 | 3.143 | 3.143 | 3.145 |
| 279 | 3.036 | 3.025 | 3.024 | 3.035 |
| 280 | 2.904 | 2.882 | 2.895 | 2.902 |
| 281 | 2.773 | 2.740 | 2.756 | 2.773 |
| 282 | 2.632 | 2.600 | 2.610 | 2.635 |
| 283 | 2.488 | 2.451 | 2.463 | 2.490 |
| 284 | 2.352 | 2.315 | 2.325 | 2.344 |
| 285 | 2.210 | 2.177 | 2.188 | 2.206 |
| 286 | 2.069 | 2.040 | 2.050 | 2.065 |
| 287 | 1.935 | 1.906 | 1.915 | 1.931 |
| 288 | 1.805 | 1.778 | 1.784 | 1.805 |
| 289 | 1.686 | 1.659 | 1.666 | 1.684 |
| 290 | 1.579 | 1.550 | 1.560 | 1.574 |
| 291 | 1.489 | 1.461 | 1.472 | 1.484 |
| 292 | 1.407 | 1.379 | 1.392 | 1.401 |
| 293 | 1.321 | 1.294 | 1.307 | 1.316 |
| 294 | 1.239 | 1.213 | 1.225 | 1.234 |
| 295 | 1.161 | 1.137 | 1.150 | 1.158 |
| 296 | 1.084 | 1.061 | 1.073 | 1.080 |
| 297 | 1.017 | 0,997 | 1.005 | 1.009 |
| 298 | 0,957 | 0,937 | 0,942 | 0,948 |
| 299 | 0,898 | 0,879 | 0,881 | 0,887 |
| 300 | 0,845 | 0,827 | 0,828 | 0,833 |
| 301 | 0,799 | 0,78 | 0,781 | 0,787 |
| 302 | 0,755 | 0,737 | 0,739 | 0,743 |
| 303 | 0,713 | 0,696 | 0,697 | 0,7 |
| 304 | 0,672 | 0,655 | 0,656 | 0,66 |
| 305 | 0,63 | 0,616 | 0,617 | 0,62 |
| 306 | 0,591 | 0,579 | 0,58 | 0,581 |
| 307 | 0,558 | 0,543 | 0,547 | 0,547 |
| 308 | 0,525 | 0,511 | 0,515 | 0,515 |
| 309 | 0,497 | 0,483 | 0,485 | 0,487 |
| 310 | 0,47 | 0,458 | 0,459 | 0,46 |
| 311 | 0,445 | 0,434 | 0,433 | 0,434 |
| 312 | 0,423 | 0,414 | 0,41 | 0,412 |
| 313 | 0,401 | 0,393 | 0,389 | 0,39 |



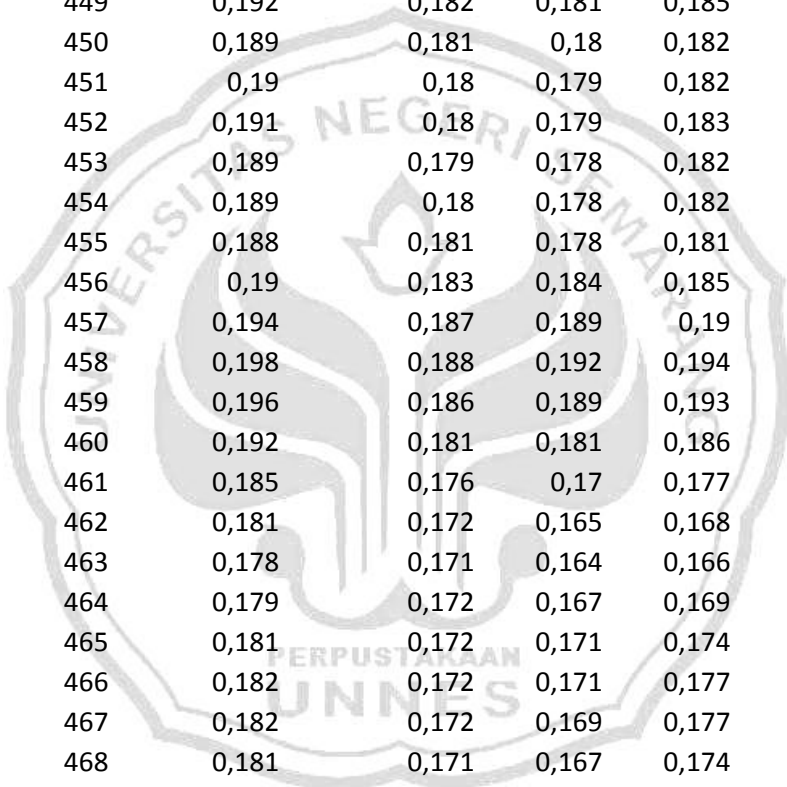
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 314 | 0,379 | 0,37 | 0,368 | 0,368 |
| 315 | 0,36 | 0,351 | 0,349 | 0,348 |
| 316 | 0,344 | 0,335 | 0,333 | 0,329 |
| 317 | 0,328 | 0,319 | 0,316 | 0,312 |
| 318 | 0,315 | 0,307 | 0,301 | 0,299 |
| 319 | 0,303 | 0,296 | 0,289 | 0,288 |
| 320 | 0,292 | 0,284 | 0,278 | 0,278 |
| 321 | 0,281 | 0,274 | 0,271 | 0,268 |
| 322 | 0,273 | 0,265 | 0,265 | 0,258 |
| 323 | 0,264 | 0,256 | 0,259 | 0,25 |
| 324 | 0,256 | 0,248 | 0,248 | 0,241 |
| 325 | 0,247 | 0,239 | 0,236 | 0,232 |
| 326 | 0,238 | 0,231 | 0,224 | 0,221 |
| 327 | 0,229 | 0,222 | 0,215 | 0,211 |
| 328 | 0,223 | 0,216 | 0,209 | 0,202 |
| 329 | 0,219 | 0,211 | 0,205 | 0,198 |
| 330 | 0,216 | 0,209 | 0,203 | 0,195 |
| 331 | 0,213 | 0,207 | 0,201 | 0,194 |
| 332 | 0,208 | 0,203 | 0,198 | 0,193 |
| 333 | 0,205 | 0,2 | 0,195 | 0,192 |
| 334 | 0,201 | 0,195 | 0,191 | 0,187 |
| 335 | 0,198 | 0,192 | 0,187 | 0,183 |
| 336 | 0,194 | 0,189 | 0,184 | 0,18 |
| 337 | 0,193 | 0,187 | 0,182 | 0,178 |
| 338 | 0,192 | 0,187 | 0,18 | 0,176 |
| 339 | 0,192 | 0,186 | 0,178 | 0,175 |
| 340 | 0,189 | 0,185 | 0,177 | 0,173 |
| 341 | 0,189 | 0,186 | 0,178 | 0,172 |
| 342 | 0,187 | 0,185 | 0,178 | 0,172 |
| 343 | 0,188 | 0,185 | 0,179 | 0,174 |
| 344 | 0,19 | 0,185 | 0,178 | 0,175 |
| 345 | 0,189 | 0,182 | 0,177 | 0,175 |
| 346 | 0,187 | 0,181 | 0,174 | 0,171 |
| 347 | 0,186 | 0,179 | 0,172 | 0,167 |
| 348 | 0,186 | 0,178 | 0,171 | 0,164 |
| 349 | 0,186 | 0,18 | 0,173 | 0,165 |
| 350 | 0,187 | 0,181 | 0,174 | 0,168 |
| 351 | 0,188 | 0,183 | 0,178 | 0,173 |
| 352 | 0,189 | 0,185 | 0,179 | 0,174 |
| 353 | 0,191 | 0,186 | 0,18 | 0,175 |
| 354 | 0,195 | 0,186 | 0,182 | 0,177 |
| 355 | 0,196 | 0,188 | 0,183 | 0,177 |



| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 356 | 0,195 | 0,189 | 0,183 | 0,178 |
| 357 | 0,195 | 0,188 | 0,182 | 0,178 |
| 358 | 0,196 | 0,188 | 0,181 | 0,178 |
| 359 | 0,196 | 0,189 | 0,181 | 0,178 |
| 360 | 0,199 | 0,189 | 0,184 | 0,181 |
| 361 | 0,199 | 0,19 | 0,183 | 0,179 |
| 362 | 0,196 | 0,188 | 0,18 | 0,175 |
| 363 | 0,191 | 0,184 | 0,172 | 0,167 |
| 364 | 0,189 | 0,182 | 0,167 | 0,162 |
| 365 | 0,188 | 0,183 | 0,168 | 0,162 |
| 366 | 0,192 | 0,185 | 0,172 | 0,166 |
| 367 | 0,194 | 0,187 | 0,175 | 0,17 |
| 368 | 0,196 | 0,189 | 0,178 | 0,172 |
| 369 | 0,197 | 0,191 | 0,18 | 0,175 |
| 370 | 0,2 | 0,192 | 0,186 | 0,182 |
| 371 | 0,202 | 0,195 | 0,194 | 0,191 |
| 372 | 0,205 | 0,196 | 0,198 | 0,197 |
| 373 | 0,206 | 0,196 | 0,202 | 0,202 |
| 374 | 0,209 | 0,199 | 0,203 | 0,204 |
| 375 | 0,213 | 0,202 | 0,206 | 0,209 |
| 376 | 0,216 | 0,202 | 0,209 | 0,212 |
| 377 | 0,214 | 0,202 | 0,209 | 0,211 |
| 378 | 0,212 | 0,199 | 0,205 | 0,206 |
| 379 | 0,209 | 0,198 | 0,201 | 0,201 |
| 380 | 0,208 | 0,198 | 0,198 | 0,199 |
| 381 | 0,211 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 382 | 0,213 | 0,201 | 0,205 | 0,204 |
| 383 | 0,214 | 0,201 | 0,209 | 0,207 |
| 384 | 0,215 | 0,201 | 0,211 | 0,209 |
| 385 | 0,214 | 0,2 | 0,209 | 0,209 |
| 386 | 0,214 | 0,201 | 0,206 | 0,207 |
| 387 | 0,214 | 0,2 | 0,203 | 0,204 |
| 388 | 0,213 | 0,201 | 0,203 | 0,204 |
| 389 | 0,214 | 0,201 | 0,204 | 0,205 |
| 390 | 0,214 | 0,202 | 0,208 | 0,208 |
| 391 | 0,214 | 0,202 | 0,21 | 0,211 |
| 392 | 0,213 | 0,201 | 0,209 | 0,21 |
| 393 | 0,211 | 0,199 | 0,206 | 0,207 |
| 394 | 0,209 | 0,198 | 0,203 | 0,202 |
| 395 | 0,208 | 0,198 | 0,199 | 0,199 |
| 396 | 0,208 | 0,198 | 0,2 | 0,198 |
| 397 | 0,208 | 0,198 | 0,201 | 0,201 |

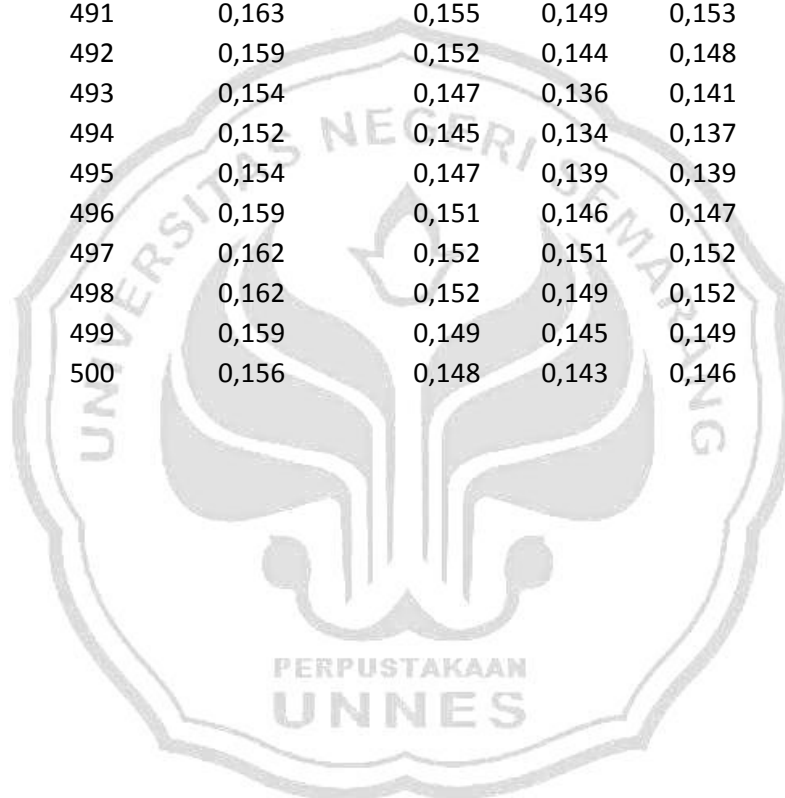


| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 398 | 0,21 | 0,2 | 0,204 | 0,204 |
| 399 | 0,213 | 0,2 | 0,207 | 0,207 |
| 400 | 0,214 | 0,201 | 0,207 | 0,208 |
| 401 | 0,215 | 0,202 | 0,209 | 0,21 |
| 402 | 0,216 | 0,204 | 0,211 | 0,211 |
| 403 | 0,216 | 0,204 | 0,212 | 0,213 |
| 404 | 0,216 | 0,203 | 0,212 | 0,213 |
| 405 | 0,215 | 0,201 | 0,207 | 0,21 |
| 406 | 0,211 | 0,199 | 0,204 | 0,206 |
| 407 | 0,21 | 0,198 | 0,203 | 0,203 |
| 408 | 0,211 | 0,2 | 0,203 | 0,202 |
| 409 | 0,211 | 0,2 | 0,204 | 0,203 |
| 410 | 0,211 | 0,199 | 0,203 | 0,204 |
| 411 | 0,21 | 0,198 | 0,202 | 0,203 |
| 412 | 0,209 | 0,197 | 0,201 | 0,201 |
| 413 | 0,209 | 0,198 | 0,202 | 0,202 |
| 414 | 0,211 | 0,2 | 0,205 | 0,204 |
| 415 | 0,211 | 0,202 | 0,208 | 0,208 |
| 416 | 0,213 | 0,203 | 0,211 | 0,212 |
| 417 | 0,215 | 0,205 | 0,213 | 0,215 |
| 418 | 0,217 | 0,206 | 0,214 | 0,216 |
| 419 | 0,218 | 0,206 | 0,215 | 0,218 |
| 420 | 0,216 | 0,204 | 0,212 | 0,216 |
| 421 | 0,213 | 0,201 | 0,207 | 0,213 |
| 422 | 0,209 | 0,199 | 0,203 | 0,208 |
| 423 | 0,207 | 0,197 | 0,2 | 0,203 |
| 424 | 0,205 | 0,194 | 0,199 | 0,2 |
| 425 | 0,203 | 0,193 | 0,196 | 0,197 |
| 426 | 0,201 | 0,191 | 0,192 | 0,193 |
| 427 | 0,199 | 0,19 | 0,19 | 0,191 |
| 428 | 0,199 | 0,191 | 0,188 | 0,19 |
| 429 | 0,201 | 0,191 | 0,189 | 0,191 |
| 430 | 0,202 | 0,193 | 0,191 | 0,195 |
| 431 | 0,204 | 0,194 | 0,193 | 0,198 |
| 432 | 0,204 | 0,194 | 0,196 | 0,2 |
| 433 | 0,203 | 0,194 | 0,197 | 0,2 |
| 434 | 0,203 | 0,193 | 0,195 | 0,198 |
| 435 | 0,204 | 0,192 | 0,194 | 0,197 |
| 436 | 0,203 | 0,192 | 0,194 | 0,197 |
| 437 | 0,203 | 0,193 | 0,195 | 0,199 |
| 438 | 0,204 | 0,193 | 0,197 | 0,203 |
| 439 | 0,204 | 0,194 | 0,199 | 0,203 |



| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 440 | 0,204 | 0,192 | 0,198 | 0,201 |
| 441 | 0,203 | 0,191 | 0,194 | 0,198 |
| 442 | 0,201 | 0,189 | 0,191 | 0,194 |
| 443 | 0,198 | 0,188 | 0,189 | 0,192 |
| 444 | 0,199 | 0,189 | 0,19 | 0,194 |
| 445 | 0,2 | 0,19 | 0,192 | 0,195 |
| 446 | 0,201 | 0,19 | 0,192 | 0,196 |
| 447 | 0,198 | 0,188 | 0,189 | 0,194 |
| 448 | 0,195 | 0,185 | 0,185 | 0,19 |
| 449 | 0,192 | 0,182 | 0,181 | 0,185 |
| 450 | 0,189 | 0,181 | 0,18 | 0,182 |
| 451 | 0,19 | 0,18 | 0,179 | 0,182 |
| 452 | 0,191 | 0,18 | 0,179 | 0,183 |
| 453 | 0,189 | 0,179 | 0,178 | 0,182 |
| 454 | 0,189 | 0,18 | 0,178 | 0,182 |
| 455 | 0,188 | 0,181 | 0,178 | 0,181 |
| 456 | 0,19 | 0,183 | 0,184 | 0,185 |
| 457 | 0,194 | 0,187 | 0,189 | 0,19 |
| 458 | 0,198 | 0,188 | 0,192 | 0,194 |
| 459 | 0,196 | 0,186 | 0,189 | 0,193 |
| 460 | 0,192 | 0,181 | 0,181 | 0,186 |
| 461 | 0,185 | 0,176 | 0,17 | 0,177 |
| 462 | 0,181 | 0,172 | 0,165 | 0,168 |
| 463 | 0,178 | 0,171 | 0,164 | 0,166 |
| 464 | 0,179 | 0,172 | 0,167 | 0,169 |
| 465 | 0,181 | 0,172 | 0,171 | 0,174 |
| 466 | 0,182 | 0,172 | 0,171 | 0,177 |
| 467 | 0,182 | 0,172 | 0,169 | 0,177 |
| 468 | 0,181 | 0,171 | 0,167 | 0,174 |
| 469 | 0,177 | 0,17 | 0,166 | 0,172 |
| 470 | 0,178 | 0,17 | 0,166 | 0,171 |
| 471 | 0,178 | 0,171 | 0,168 | 0,173 |
| 472 | 0,18 | 0,172 | 0,168 | 0,172 |
| 473 | 0,182 | 0,172 | 0,17 | 0,171 |
| 474 | 0,182 | 0,171 | 0,17 | 0,172 |
| 475 | 0,181 | 0,17 | 0,169 | 0,173 |
| 476 | 0,182 | 0,171 | 0,169 | 0,174 |
| 477 | 0,18 | 0,17 | 0,169 | 0,175 |
| 478 | 0,179 | 0,171 | 0,168 | 0,174 |
| 479 | 0,181 | 0,171 | 0,17 | 0,174 |
| 480 | 0,185 | 0,175 | 0,177 | 0,181 |
| 481 | 0,193 | 0,181 | 0,187 | 0,193 |

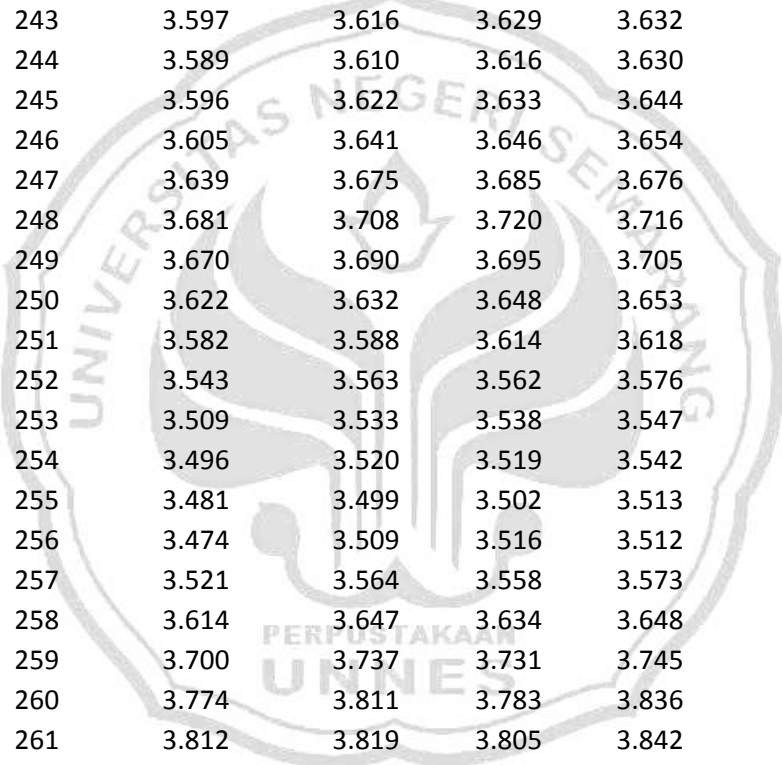
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 482 | 0,199 | 0,184 | 0,195 | 0,202 |
| 483 | 0,196 | 0,182 | 0,19 | 0,2 |
| 484 | 0,186 | 0,173 | 0,176 | 0,187 |
| 485 | 0,174 | 0,164 | 0,161 | 0,169 |
| 486 | 0,164 | 0,16 | 0,153 | 0,158 |
| 487 | 0,163 | 0,158 | 0,151 | 0,155 |
| 488 | 0,164 | 0,158 | 0,153 | 0,155 |
| 489 | 0,166 | 0,157 | 0,153 | 0,156 |
| 490 | 0,166 | 0,157 | 0,152 | 0,156 |
| 491 | 0,163 | 0,155 | 0,149 | 0,153 |
| 492 | 0,159 | 0,152 | 0,144 | 0,148 |
| 493 | 0,154 | 0,147 | 0,136 | 0,141 |
| 494 | 0,152 | 0,145 | 0,134 | 0,137 |
| 495 | 0,154 | 0,147 | 0,139 | 0,139 |
| 496 | 0,159 | 0,151 | 0,146 | 0,147 |
| 497 | 0,162 | 0,152 | 0,151 | 0,152 |
| 498 | 0,162 | 0,152 | 0,149 | 0,152 |
| 499 | 0,159 | 0,149 | 0,145 | 0,149 |
| 500 | 0,156 | 0,148 | 0,143 | 0,146 |



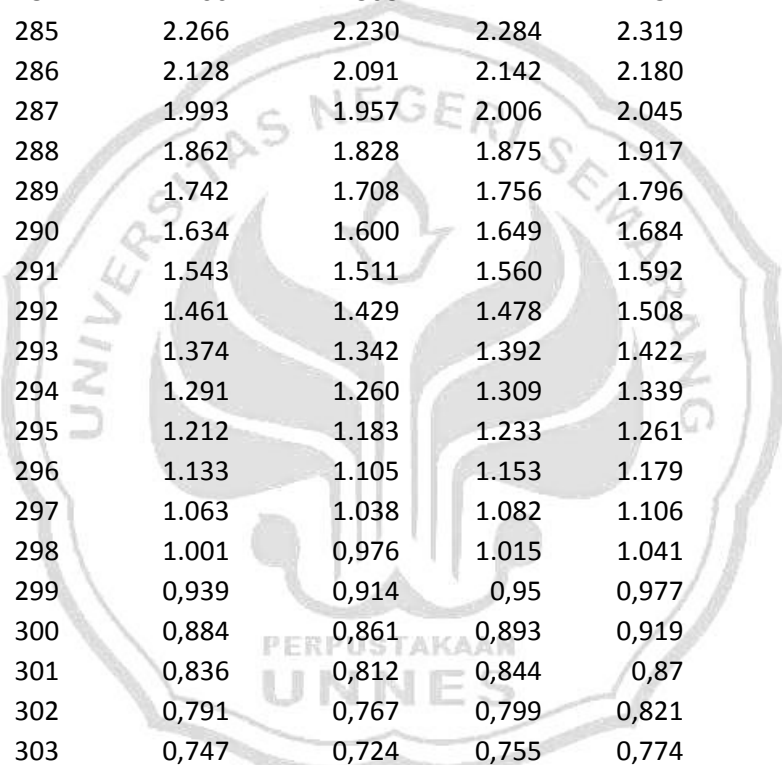
photoLab 6600 1,35-WTW-
 UV-VIS 94820944 1,65 huda
 huda
 1,04E+09 Absorbance Smoothing
 ##### Absorbance Smoothing

#Data (visible)

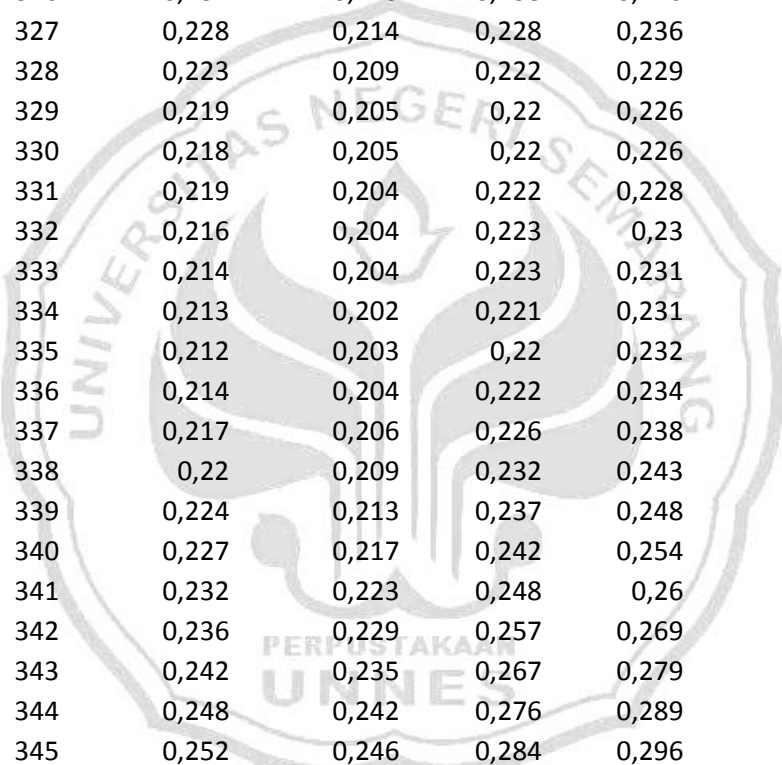
| | Y3-1 | Y3-2 | Y3-5 | Y3-7 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 200 | 2.914 | 2.954 | 2.989 | 3.018 |
| 201 | 2.956 | 3.006 | 3.029 | 3.035 |
| 202 | 3.000 | 3.045 | 3.056 | 3.072 |
| 203 | 3.071 | 3.107 | 3.122 | 3.109 |
| 204 | 3.106 | 3.165 | 3.195 | 3.180 |
| 205 | 3.174 | 3.207 | 3.216 | 3.226 |
| 206 | 3.184 | 3.247 | 3.244 | 3.246 |
| 207 | 3.224 | 3.263 | 3.270 | 3.269 |
| 208 | 3.217 | 3.272 | 3.268 | 3.288 |
| 209 | 3.264 | 3.279 | 3.282 | 3.294 |
| 210 | 3.259 | 3.293 | 3.321 | 3.324 |
| 211 | 3.320 | 3.304 | 3.332 | 3.347 |
| 212 | 3.319 | 3.350 | 3.378 | 3.373 |
| 213 | 3.375 | 3.356 | 3.384 | 3.405 |
| 214 | 3.364 | 3.397 | 3.422 | 3.417 |
| 215 | 3.415 | 3.434 | 3.418 | 3.447 |
| 216 | 3.402 | 3.441 | 3.463 | 3.445 |
| 217 | 3.454 | 3.476 | 3.460 | 3.490 |
| 218 | 3.447 | 3.492 | 3.514 | 3.489 |
| 219 | 3.512 | 3.520 | 3.521 | 3.557 |
| 220 | 3.520 | 3.543 | 3.588 | 3.569 |
| 221 | 3.591 | 3.605 | 3.601 | 3.641 |
| 222 | 3.604 | 3.625 | 3.675 | 3.653 |
| 223 | 3.668 | 3.676 | 3.682 | 3.715 |
| 224 | 3.679 | 3.695 | 3.747 | 3.719 |
| 225 | 3.751 | 3.753 | 3.770 | 3.790 |
| 226 | 3.791 | 3.809 | 3.863 | 3.837 |
| 227 | 3.890 | 3.897 | 3.918 | 3.932 |
| 228 | 3.947 | 3.956 | 4.018 | 4.002 |
| 229 | 4.020 | 4.013 | 4.039 | 4.058 |
| 230 | 4.011 | 4.001 | 4.052 | 4.061 |
| 231 | 3.993 | 3.969 | 3.988 | 4.018 |
| 232 | 3.902 | 3.886 | 3.916 | 3.950 |



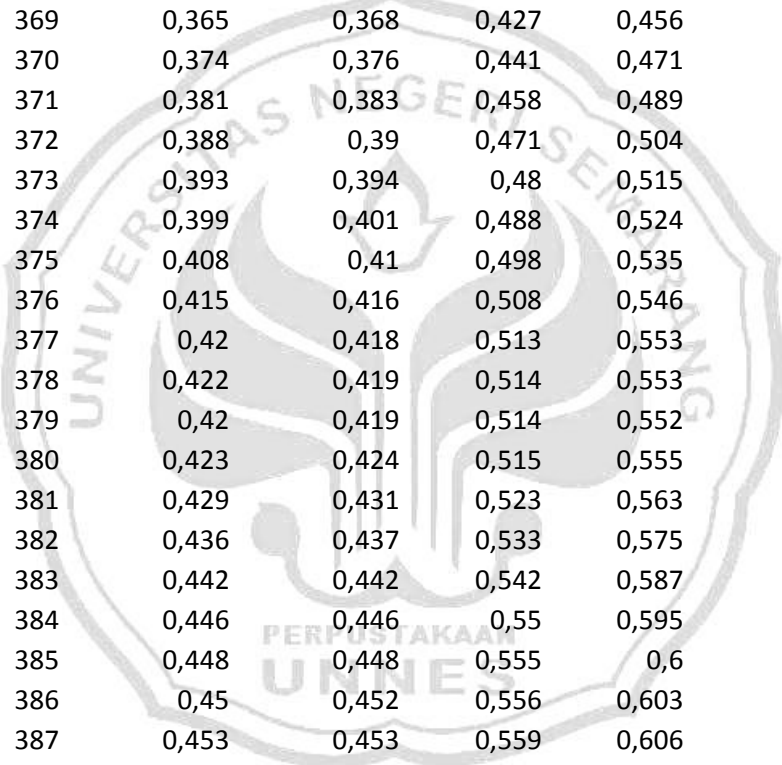
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 233 | 3.826 | 3.807 | 3.816 | 3.851 |
| 234 | 3.726 | 3.712 | 3.737 | 3.775 |
| 235 | 3.670 | 3.662 | 3.672 | 3.694 |
| 236 | 3.597 | 3.595 | 3.616 | 3.642 |
| 237 | 3.562 | 3.559 | 3.574 | 3.584 |
| 238 | 3.503 | 3.504 | 3.523 | 3.544 |
| 239 | 3.484 | 3.489 | 3.506 | 3.513 |
| 240 | 3.475 | 3.488 | 3.507 | 3.518 |
| 241 | 3.518 | 3.537 | 3.553 | 3.541 |
| 242 | 3.565 | 3.585 | 3.599 | 3.593 |
| 243 | 3.597 | 3.616 | 3.629 | 3.632 |
| 244 | 3.589 | 3.610 | 3.616 | 3.630 |
| 245 | 3.596 | 3.622 | 3.633 | 3.644 |
| 246 | 3.605 | 3.641 | 3.646 | 3.654 |
| 247 | 3.639 | 3.675 | 3.685 | 3.676 |
| 248 | 3.681 | 3.708 | 3.720 | 3.716 |
| 249 | 3.670 | 3.690 | 3.695 | 3.705 |
| 250 | 3.622 | 3.632 | 3.648 | 3.653 |
| 251 | 3.582 | 3.588 | 3.614 | 3.618 |
| 252 | 3.543 | 3.563 | 3.562 | 3.576 |
| 253 | 3.509 | 3.533 | 3.538 | 3.547 |
| 254 | 3.496 | 3.520 | 3.519 | 3.542 |
| 255 | 3.481 | 3.499 | 3.502 | 3.513 |
| 256 | 3.474 | 3.509 | 3.516 | 3.512 |
| 257 | 3.521 | 3.564 | 3.558 | 3.573 |
| 258 | 3.614 | 3.647 | 3.634 | 3.648 |
| 259 | 3.700 | 3.737 | 3.731 | 3.745 |
| 260 | 3.774 | 3.811 | 3.783 | 3.836 |
| 261 | 3.812 | 3.819 | 3.805 | 3.842 |
| 262 | 3.766 | 3.779 | 3.768 | 3.810 |
| 263 | 3.695 | 3.700 | 3.687 | 3.768 |
| 264 | 3.651 | 3.627 | 3.646 | 3.706 |
| 265 | 3.626 | 3.621 | 3.648 | 3.659 |
| 266 | 3.627 | 3.649 | 3.656 | 3.652 |
| 267 | 3.631 | 3.673 | 3.666 | 3.665 |
| 268 | 3.630 | 3.664 | 3.677 | 3.672 |
| 269 | 3.631 | 3.636 | 3.669 | 3.690 |
| 270 | 3.632 | 3.640 | 3.657 | 3.717 |
| 271 | 3.650 | 3.652 | 3.683 | 3.704 |
| 272 | 3.663 | 3.649 | 3.688 | 3.694 |
| 273 | 3.628 | 3.623 | 3.636 | 3.693 |
| 274 | 3.567 | 3.563 | 3.586 | 3.624 |



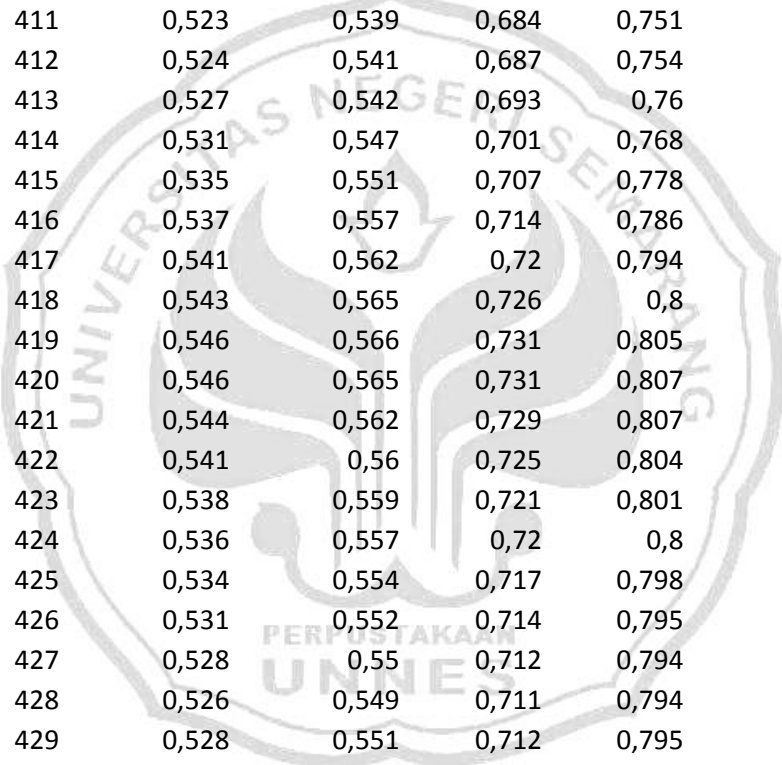
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 275 | 3.497 | 3.475 | 3.510 | 3.548 |
| 276 | 3.398 | 3.396 | 3.402 | 3.481 |
| 277 | 3.299 | 3.299 | 3.320 | 3.370 |
| 278 | 3.217 | 3.191 | 3.229 | 3.267 |
| 279 | 3.104 | 3.070 | 3.111 | 3.159 |
| 280 | 2.960 | 2.937 | 2.982 | 3.021 |
| 281 | 2.829 | 2.794 | 2.849 | 2.886 |
| 282 | 2.690 | 2.651 | 2.705 | 2.751 |
| 283 | 2.539 | 2.506 | 2.561 | 2.599 |
| 284 | 2.406 | 2.368 | 2.422 | 2.457 |
| 285 | 2.266 | 2.230 | 2.284 | 2.319 |
| 286 | 2.128 | 2.091 | 2.142 | 2.180 |
| 287 | 1.993 | 1.957 | 2.006 | 2.045 |
| 288 | 1.862 | 1.828 | 1.875 | 1.917 |
| 289 | 1.742 | 1.708 | 1.756 | 1.796 |
| 290 | 1.634 | 1.600 | 1.649 | 1.684 |
| 291 | 1.543 | 1.511 | 1.560 | 1.592 |
| 292 | 1.461 | 1.429 | 1.478 | 1.508 |
| 293 | 1.374 | 1.342 | 1.392 | 1.422 |
| 294 | 1.291 | 1.260 | 1.309 | 1.339 |
| 295 | 1.212 | 1.183 | 1.233 | 1.261 |
| 296 | 1.133 | 1.105 | 1.153 | 1.179 |
| 297 | 1.063 | 1.038 | 1.082 | 1.106 |
| 298 | 1.001 | 0,976 | 1.015 | 1.041 |
| 299 | 0,939 | 0,914 | 0,95 | 0,977 |
| 300 | 0,884 | 0,861 | 0,893 | 0,919 |
| 301 | 0,836 | 0,812 | 0,844 | 0,87 |
| 302 | 0,791 | 0,767 | 0,799 | 0,821 |
| 303 | 0,747 | 0,724 | 0,755 | 0,774 |
| 304 | 0,704 | 0,68 | 0,712 | 0,729 |
| 305 | 0,659 | 0,638 | 0,668 | 0,686 |
| 306 | 0,617 | 0,599 | 0,629 | 0,645 |
| 307 | 0,581 | 0,561 | 0,592 | 0,607 |
| 308 | 0,546 | 0,526 | 0,557 | 0,573 |
| 309 | 0,516 | 0,496 | 0,525 | 0,539 |
| 310 | 0,487 | 0,468 | 0,494 | 0,507 |
| 311 | 0,46 | 0,443 | 0,465 | 0,478 |
| 312 | 0,436 | 0,42 | 0,44 | 0,453 |
| 313 | 0,412 | 0,396 | 0,415 | 0,428 |
| 314 | 0,388 | 0,37 | 0,391 | 0,405 |
| 315 | 0,367 | 0,349 | 0,369 | 0,383 |
| 316 | 0,349 | 0,331 | 0,35 | 0,361 |



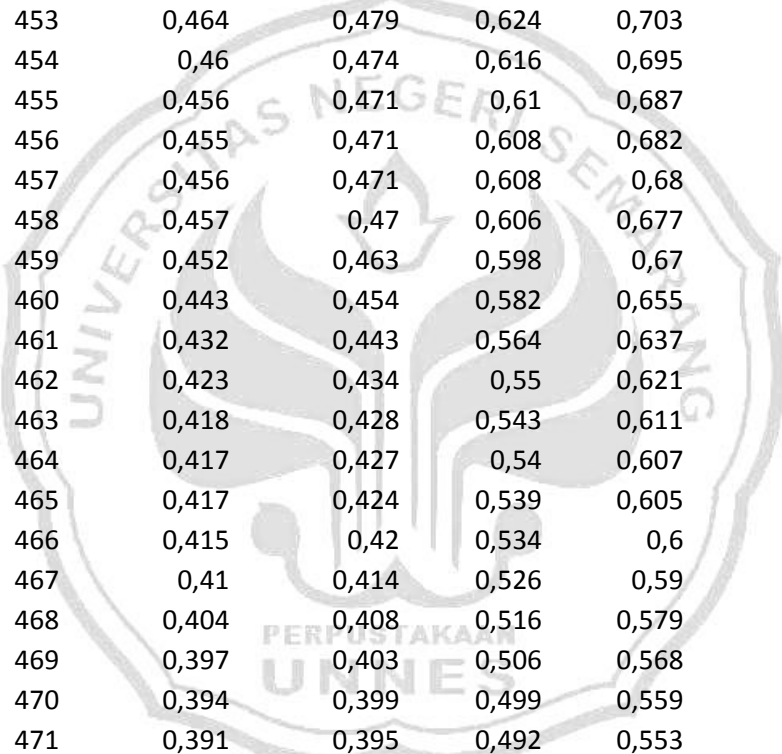
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 317 | 0,333 | 0,314 | 0,333 | 0,341 |
| 318 | 0,318 | 0,302 | 0,318 | 0,326 |
| 319 | 0,305 | 0,29 | 0,305 | 0,314 |
| 320 | 0,293 | 0,278 | 0,293 | 0,302 |
| 321 | 0,282 | 0,268 | 0,284 | 0,292 |
| 322 | 0,273 | 0,259 | 0,278 | 0,284 |
| 323 | 0,264 | 0,25 | 0,273 | 0,276 |
| 324 | 0,255 | 0,242 | 0,262 | 0,268 |
| 325 | 0,246 | 0,232 | 0,251 | 0,258 |
| 326 | 0,237 | 0,223 | 0,238 | 0,246 |
| 327 | 0,228 | 0,214 | 0,228 | 0,236 |
| 328 | 0,223 | 0,209 | 0,222 | 0,229 |
| 329 | 0,219 | 0,205 | 0,22 | 0,226 |
| 330 | 0,218 | 0,205 | 0,22 | 0,226 |
| 331 | 0,219 | 0,204 | 0,222 | 0,228 |
| 332 | 0,216 | 0,204 | 0,223 | 0,23 |
| 333 | 0,214 | 0,204 | 0,223 | 0,231 |
| 334 | 0,213 | 0,202 | 0,221 | 0,231 |
| 335 | 0,212 | 0,203 | 0,22 | 0,232 |
| 336 | 0,214 | 0,204 | 0,222 | 0,234 |
| 337 | 0,217 | 0,206 | 0,226 | 0,238 |
| 338 | 0,22 | 0,209 | 0,232 | 0,243 |
| 339 | 0,224 | 0,213 | 0,237 | 0,248 |
| 340 | 0,227 | 0,217 | 0,242 | 0,254 |
| 341 | 0,232 | 0,223 | 0,248 | 0,26 |
| 342 | 0,236 | 0,229 | 0,257 | 0,269 |
| 343 | 0,242 | 0,235 | 0,267 | 0,279 |
| 344 | 0,248 | 0,242 | 0,276 | 0,289 |
| 345 | 0,252 | 0,246 | 0,284 | 0,296 |
| 346 | 0,256 | 0,251 | 0,286 | 0,3 |
| 347 | 0,259 | 0,254 | 0,288 | 0,304 |
| 348 | 0,263 | 0,258 | 0,294 | 0,311 |
| 349 | 0,269 | 0,266 | 0,303 | 0,32 |
| 350 | 0,277 | 0,273 | 0,313 | 0,331 |
| 351 | 0,284 | 0,28 | 0,323 | 0,342 |
| 352 | 0,291 | 0,287 | 0,332 | 0,351 |
| 353 | 0,297 | 0,293 | 0,338 | 0,359 |
| 354 | 0,304 | 0,298 | 0,347 | 0,368 |
| 355 | 0,309 | 0,304 | 0,355 | 0,375 |
| 356 | 0,314 | 0,309 | 0,361 | 0,383 |
| 357 | 0,317 | 0,312 | 0,365 | 0,388 |
| 358 | 0,321 | 0,317 | 0,37 | 0,394 |



| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 359 | 0,325 | 0,324 | 0,375 | 0,398 |
| 360 | 0,332 | 0,33 | 0,384 | 0,406 |
| 361 | 0,335 | 0,334 | 0,388 | 0,41 |
| 362 | 0,336 | 0,334 | 0,389 | 0,412 |
| 363 | 0,334 | 0,332 | 0,383 | 0,408 |
| 364 | 0,334 | 0,334 | 0,381 | 0,408 |
| 365 | 0,338 | 0,339 | 0,386 | 0,413 |
| 366 | 0,345 | 0,347 | 0,396 | 0,425 |
| 367 | 0,352 | 0,355 | 0,407 | 0,436 |
| 368 | 0,358 | 0,361 | 0,417 | 0,445 |
| 369 | 0,365 | 0,368 | 0,427 | 0,456 |
| 370 | 0,374 | 0,376 | 0,441 | 0,471 |
| 371 | 0,381 | 0,383 | 0,458 | 0,489 |
| 372 | 0,388 | 0,39 | 0,471 | 0,504 |
| 373 | 0,393 | 0,394 | 0,48 | 0,515 |
| 374 | 0,399 | 0,401 | 0,488 | 0,524 |
| 375 | 0,408 | 0,41 | 0,498 | 0,535 |
| 376 | 0,415 | 0,416 | 0,508 | 0,546 |
| 377 | 0,42 | 0,418 | 0,513 | 0,553 |
| 378 | 0,422 | 0,419 | 0,514 | 0,553 |
| 379 | 0,42 | 0,419 | 0,514 | 0,552 |
| 380 | 0,423 | 0,424 | 0,515 | 0,555 |
| 381 | 0,429 | 0,431 | 0,523 | 0,563 |
| 382 | 0,436 | 0,437 | 0,533 | 0,575 |
| 383 | 0,442 | 0,442 | 0,542 | 0,587 |
| 384 | 0,446 | 0,446 | 0,55 | 0,595 |
| 385 | 0,448 | 0,448 | 0,555 | 0,6 |
| 386 | 0,45 | 0,452 | 0,556 | 0,603 |
| 387 | 0,453 | 0,453 | 0,559 | 0,606 |
| 388 | 0,456 | 0,457 | 0,564 | 0,611 |
| 389 | 0,46 | 0,463 | 0,57 | 0,62 |
| 390 | 0,465 | 0,469 | 0,58 | 0,629 |
| 391 | 0,468 | 0,473 | 0,587 | 0,638 |
| 392 | 0,47 | 0,475 | 0,591 | 0,643 |
| 393 | 0,471 | 0,475 | 0,593 | 0,645 |
| 394 | 0,472 | 0,476 | 0,595 | 0,645 |
| 395 | 0,475 | 0,479 | 0,595 | 0,648 |
| 396 | 0,476 | 0,482 | 0,6 | 0,652 |
| 397 | 0,479 | 0,488 | 0,606 | 0,661 |
| 398 | 0,485 | 0,493 | 0,616 | 0,671 |
| 399 | 0,491 | 0,499 | 0,624 | 0,68 |
| 400 | 0,496 | 0,504 | 0,632 | 0,689 |

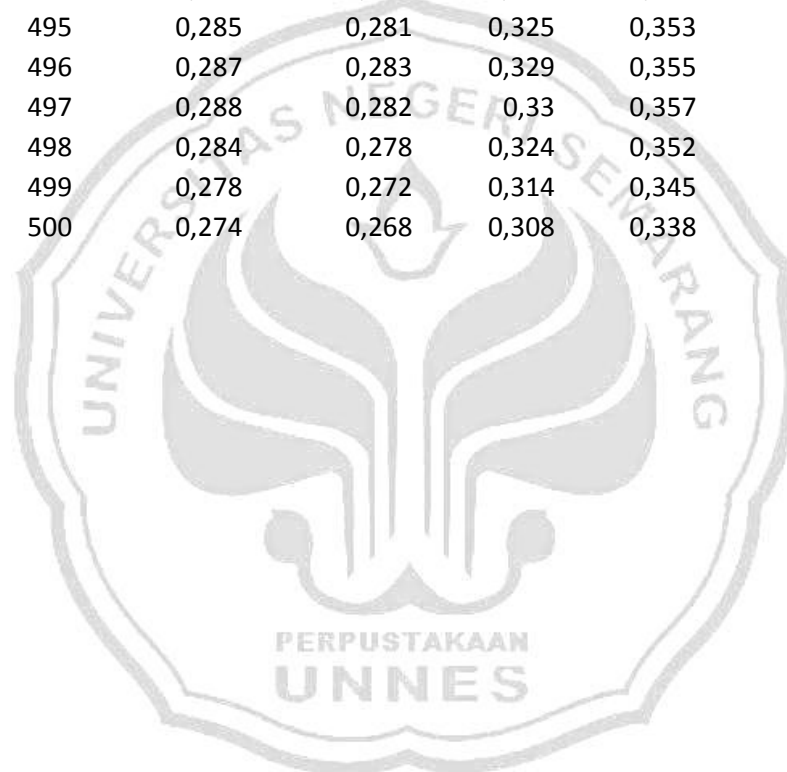


| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 401 | 0,502 | 0,51 | 0,64 | 0,697 |
| 402 | 0,506 | 0,516 | 0,648 | 0,704 |
| 403 | 0,509 | 0,521 | 0,655 | 0,713 |
| 404 | 0,511 | 0,523 | 0,661 | 0,719 |
| 405 | 0,513 | 0,523 | 0,66 | 0,722 |
| 406 | 0,511 | 0,523 | 0,66 | 0,725 |
| 407 | 0,512 | 0,524 | 0,663 | 0,728 |
| 408 | 0,514 | 0,529 | 0,67 | 0,733 |
| 409 | 0,518 | 0,534 | 0,675 | 0,74 |
| 410 | 0,52 | 0,537 | 0,681 | 0,747 |
| 411 | 0,523 | 0,539 | 0,684 | 0,751 |
| 412 | 0,524 | 0,541 | 0,687 | 0,754 |
| 413 | 0,527 | 0,542 | 0,693 | 0,76 |
| 414 | 0,531 | 0,547 | 0,701 | 0,768 |
| 415 | 0,535 | 0,551 | 0,707 | 0,778 |
| 416 | 0,537 | 0,557 | 0,714 | 0,786 |
| 417 | 0,541 | 0,562 | 0,72 | 0,794 |
| 418 | 0,543 | 0,565 | 0,726 | 0,8 |
| 419 | 0,546 | 0,566 | 0,731 | 0,805 |
| 420 | 0,546 | 0,565 | 0,731 | 0,807 |
| 421 | 0,544 | 0,562 | 0,729 | 0,807 |
| 422 | 0,541 | 0,56 | 0,725 | 0,804 |
| 423 | 0,538 | 0,559 | 0,721 | 0,801 |
| 424 | 0,536 | 0,557 | 0,72 | 0,8 |
| 425 | 0,534 | 0,554 | 0,717 | 0,798 |
| 426 | 0,531 | 0,552 | 0,714 | 0,795 |
| 427 | 0,528 | 0,55 | 0,712 | 0,794 |
| 428 | 0,526 | 0,549 | 0,711 | 0,794 |
| 429 | 0,528 | 0,551 | 0,712 | 0,795 |
| 430 | 0,528 | 0,552 | 0,716 | 0,799 |
| 431 | 0,528 | 0,552 | 0,717 | 0,803 |
| 432 | 0,529 | 0,551 | 0,72 | 0,805 |
| 433 | 0,527 | 0,551 | 0,72 | 0,805 |
| 434 | 0,526 | 0,548 | 0,718 | 0,802 |
| 435 | 0,526 | 0,546 | 0,714 | 0,799 |
| 436 | 0,522 | 0,545 | 0,712 | 0,797 |
| 437 | 0,52 | 0,544 | 0,71 | 0,795 |
| 438 | 0,519 | 0,542 | 0,71 | 0,796 |
| 439 | 0,518 | 0,54 | 0,71 | 0,794 |
| 440 | 0,517 | 0,536 | 0,706 | 0,79 |
| 441 | 0,513 | 0,532 | 0,698 | 0,783 |
| 442 | 0,507 | 0,527 | 0,69 | 0,775 |



| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 443 | 0,501 | 0,524 | 0,683 | 0,768 |
| 444 | 0,499 | 0,521 | 0,681 | 0,765 |
| 445 | 0,498 | 0,519 | 0,68 | 0,763 |
| 446 | 0,497 | 0,516 | 0,677 | 0,76 |
| 447 | 0,493 | 0,511 | 0,67 | 0,753 |
| 448 | 0,487 | 0,504 | 0,658 | 0,742 |
| 449 | 0,481 | 0,496 | 0,648 | 0,73 |
| 450 | 0,476 | 0,491 | 0,64 | 0,722 |
| 451 | 0,472 | 0,487 | 0,635 | 0,716 |
| 452 | 0,469 | 0,483 | 0,63 | 0,71 |
| 453 | 0,464 | 0,479 | 0,624 | 0,703 |
| 454 | 0,46 | 0,474 | 0,616 | 0,695 |
| 455 | 0,456 | 0,471 | 0,61 | 0,687 |
| 456 | 0,455 | 0,471 | 0,608 | 0,682 |
| 457 | 0,456 | 0,471 | 0,608 | 0,68 |
| 458 | 0,457 | 0,47 | 0,606 | 0,677 |
| 459 | 0,452 | 0,463 | 0,598 | 0,67 |
| 460 | 0,443 | 0,454 | 0,582 | 0,655 |
| 461 | 0,432 | 0,443 | 0,564 | 0,637 |
| 462 | 0,423 | 0,434 | 0,55 | 0,621 |
| 463 | 0,418 | 0,428 | 0,543 | 0,611 |
| 464 | 0,417 | 0,427 | 0,54 | 0,607 |
| 465 | 0,417 | 0,424 | 0,539 | 0,605 |
| 466 | 0,415 | 0,42 | 0,534 | 0,6 |
| 467 | 0,41 | 0,414 | 0,526 | 0,59 |
| 468 | 0,404 | 0,408 | 0,516 | 0,579 |
| 469 | 0,397 | 0,403 | 0,506 | 0,568 |
| 470 | 0,394 | 0,399 | 0,499 | 0,559 |
| 471 | 0,391 | 0,395 | 0,492 | 0,553 |
| 472 | 0,388 | 0,392 | 0,487 | 0,545 |
| 473 | 0,384 | 0,387 | 0,481 | 0,537 |
| 474 | 0,381 | 0,383 | 0,474 | 0,529 |
| 475 | 0,377 | 0,379 | 0,468 | 0,522 |
| 476 | 0,374 | 0,375 | 0,462 | 0,515 |
| 477 | 0,371 | 0,372 | 0,456 | 0,507 |
| 478 | 0,367 | 0,368 | 0,449 | 0,498 |
| 479 | 0,365 | 0,365 | 0,446 | 0,491 |
| 480 | 0,367 | 0,367 | 0,447 | 0,491 |
| 481 | 0,373 | 0,371 | 0,455 | 0,496 |
| 482 | 0,375 | 0,372 | 0,458 | 0,499 |
| 483 | 0,368 | 0,366 | 0,448 | 0,492 |
| 484 | 0,354 | 0,35 | 0,427 | 0,471 |

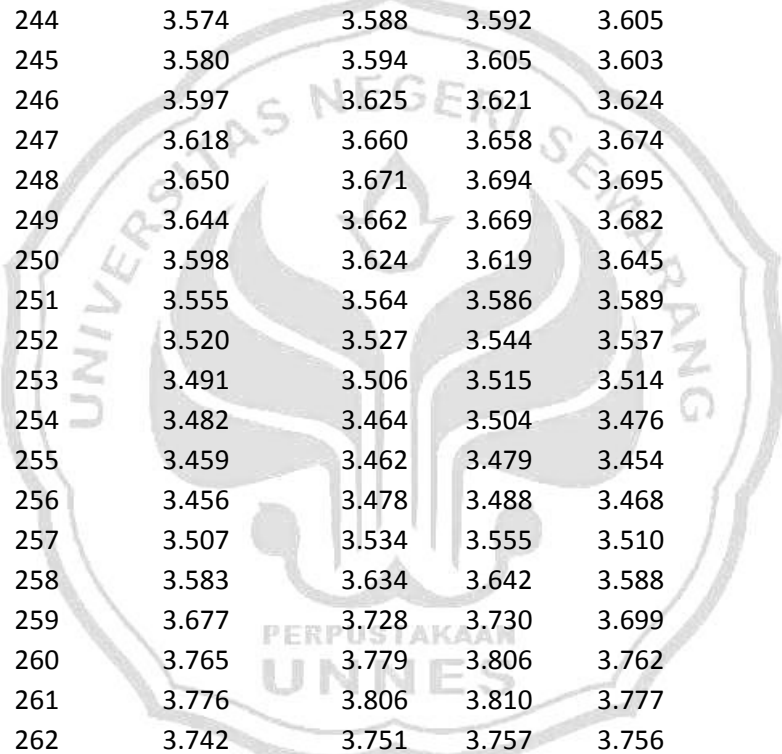
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 485 | 0,337 | 0,335 | 0,404 | 0,446 |
| 486 | 0,326 | 0,325 | 0,388 | 0,429 |
| 487 | 0,321 | 0,319 | 0,38 | 0,418 |
| 488 | 0,319 | 0,315 | 0,375 | 0,412 |
| 489 | 0,317 | 0,311 | 0,371 | 0,407 |
| 490 | 0,313 | 0,307 | 0,364 | 0,4 |
| 491 | 0,307 | 0,302 | 0,355 | 0,391 |
| 492 | 0,299 | 0,295 | 0,344 | 0,379 |
| 493 | 0,29 | 0,286 | 0,33 | 0,366 |
| 494 | 0,285 | 0,281 | 0,324 | 0,355 |
| 495 | 0,285 | 0,281 | 0,325 | 0,353 |
| 496 | 0,287 | 0,283 | 0,329 | 0,355 |
| 497 | 0,288 | 0,282 | 0,33 | 0,357 |
| 498 | 0,284 | 0,278 | 0,324 | 0,352 |
| 499 | 0,278 | 0,272 | 0,314 | 0,345 |
| 500 | 0,274 | 0,268 | 0,308 | 0,338 |



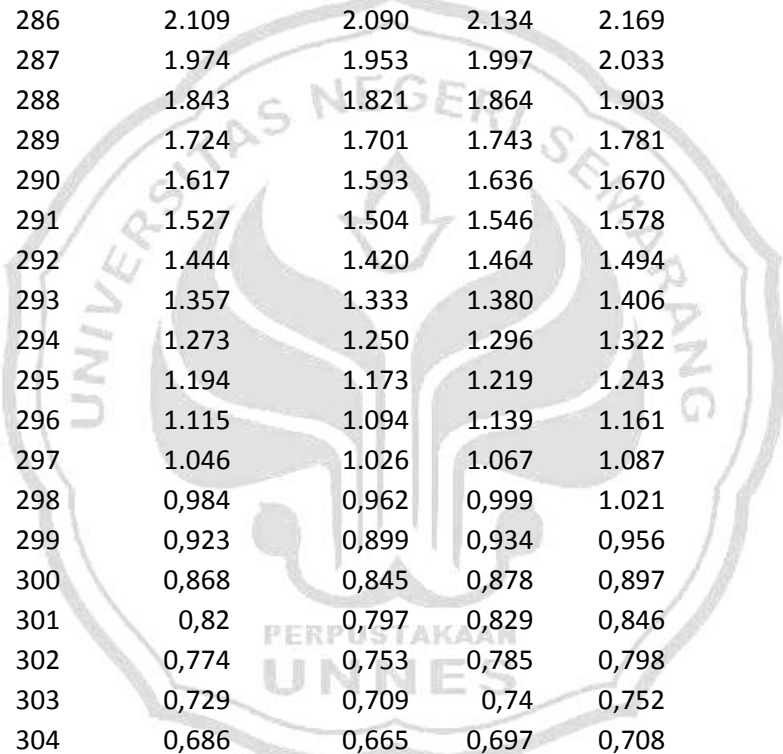
photoLab 6600
 UV-VIS 94820944 1,35-WTW-
 1,65 huda
 huda
 1,04E+09 Absorbance Smoothing
 ##### Absorbance Smoothing

#Data (visible)

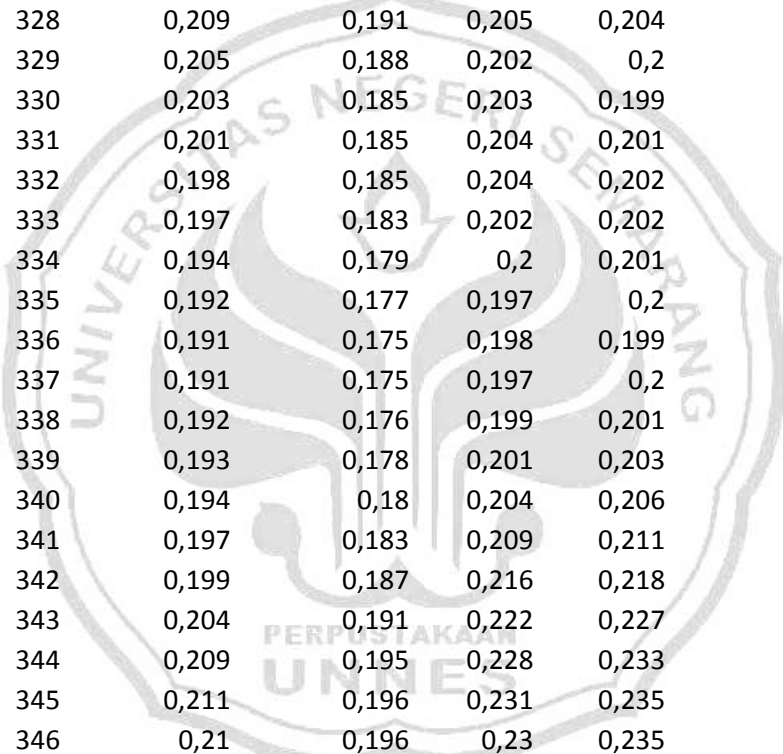
| | Z3-1 | Z3-2 | Z3-5 | Z3-7 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 200 | 2.925 | 2.914 | 2.964 | 2.975 |
| 201 | 2.937 | 2.955 | 2.996 | 2.995 |
| 202 | 2.975 | 3.003 | 3.029 | 3.034 |
| 203 | 3.029 | 3.056 | 3.095 | 3.073 |
| 204 | 3.088 | 3.121 | 3.144 | 3.147 |
| 205 | 3.133 | 3.171 | 3.175 | 3.193 |
| 206 | 3.167 | 3.209 | 3.195 | 3.216 |
| 207 | 3.191 | 3.216 | 3.237 | 3.229 |
| 208 | 3.204 | 3.233 | 3.238 | 3.256 |
| 209 | 3.231 | 3.230 | 3.270 | 3.250 |
| 210 | 3.240 | 3.283 | 3.277 | 3.299 |
| 211 | 3.282 | 3.288 | 3.317 | 3.303 |
| 212 | 3.297 | 3.339 | 3.330 | 3.347 |
| 213 | 3.343 | 3.340 | 3.368 | 3.351 |
| 214 | 3.346 | 3.379 | 3.378 | 3.392 |
| 215 | 3.388 | 3.376 | 3.403 | 3.394 |
| 216 | 3.379 | 3.412 | 3.416 | 3.429 |
| 217 | 3.424 | 3.417 | 3.440 | 3.436 |
| 218 | 3.423 | 3.460 | 3.464 | 3.471 |
| 219 | 3.488 | 3.466 | 3.503 | 3.498 |
| 220 | 3.500 | 3.525 | 3.544 | 3.545 |
| 221 | 3.571 | 3.549 | 3.587 | 3.582 |
| 222 | 3.585 | 3.612 | 3.630 | 3.628 |
| 223 | 3.647 | 3.635 | 3.664 | 3.661 |
| 224 | 3.655 | 3.690 | 3.701 | 3.695 |
| 225 | 3.724 | 3.713 | 3.752 | 3.748 |
| 226 | 3.767 | 3.800 | 3.823 | 3.810 |
| 227 | 3.861 | 3.857 | 3.904 | 3.897 |
| 228 | 3.926 | 3.953 | 3.982 | 3.970 |
| 229 | 3.989 | 3.978 | 4.027 | 4.031 |
| 230 | 3.990 | 3.995 | 4.016 | 4.022 |
| 231 | 3.959 | 3.932 | 3.970 | 3.996 |
| 232 | 3.889 | 3.869 | 3.882 | 3.906 |
| 233 | 3.796 | 3.765 | 3.798 | 3.826 |



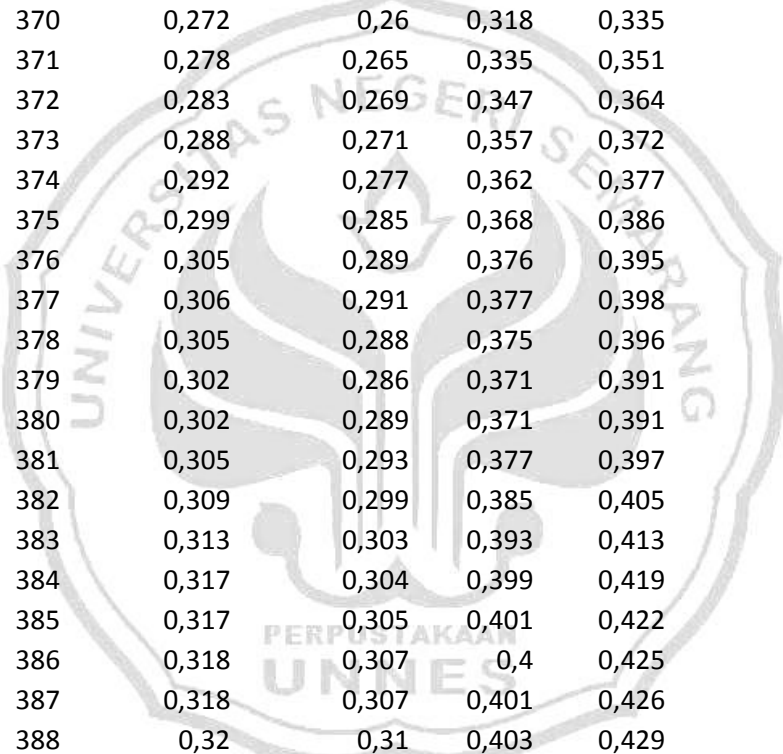
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 234 | 3.718 | 3.695 | 3.709 | 3.730 |
| 235 | 3.641 | 3.622 | 3.657 | 3.671 |
| 236 | 3.592 | 3.579 | 3.592 | 3.604 |
| 237 | 3.536 | 3.525 | 3.555 | 3.564 |
| 238 | 3.496 | 3.488 | 3.500 | 3.513 |
| 239 | 3.461 | 3.460 | 3.487 | 3.485 |
| 240 | 3.469 | 3.472 | 3.486 | 3.481 |
| 241 | 3.488 | 3.501 | 3.536 | 3.526 |
| 242 | 3.538 | 3.545 | 3.579 | 3.569 |
| 243 | 3.570 | 3.576 | 3.605 | 3.595 |
| 244 | 3.574 | 3.588 | 3.592 | 3.605 |
| 245 | 3.580 | 3.594 | 3.605 | 3.603 |
| 246 | 3.597 | 3.625 | 3.621 | 3.624 |
| 247 | 3.618 | 3.660 | 3.658 | 3.674 |
| 248 | 3.650 | 3.671 | 3.694 | 3.695 |
| 249 | 3.644 | 3.662 | 3.669 | 3.682 |
| 250 | 3.598 | 3.624 | 3.619 | 3.645 |
| 251 | 3.555 | 3.564 | 3.586 | 3.589 |
| 252 | 3.520 | 3.527 | 3.544 | 3.537 |
| 253 | 3.491 | 3.506 | 3.515 | 3.514 |
| 254 | 3.482 | 3.464 | 3.504 | 3.476 |
| 255 | 3.459 | 3.462 | 3.479 | 3.454 |
| 256 | 3.456 | 3.478 | 3.488 | 3.468 |
| 257 | 3.507 | 3.534 | 3.555 | 3.510 |
| 258 | 3.583 | 3.634 | 3.642 | 3.588 |
| 259 | 3.677 | 3.728 | 3.730 | 3.699 |
| 260 | 3.765 | 3.779 | 3.806 | 3.762 |
| 261 | 3.776 | 3.806 | 3.810 | 3.777 |
| 262 | 3.742 | 3.751 | 3.757 | 3.756 |
| 263 | 3.695 | 3.681 | 3.703 | 3.687 |
| 264 | 3.635 | 3.639 | 3.660 | 3.621 |
| 265 | 3.590 | 3.614 | 3.630 | 3.609 |
| 266 | 3.581 | 3.615 | 3.621 | 3.622 |
| 267 | 3.592 | 3.616 | 3.625 | 3.633 |
| 268 | 3.595 | 3.610 | 3.618 | 3.657 |
| 269 | 3.610 | 3.609 | 3.614 | 3.668 |
| 270 | 3.635 | 3.614 | 3.632 | 3.658 |
| 271 | 3.625 | 3.634 | 3.644 | 3.667 |
| 272 | 3.621 | 3.646 | 3.627 | 3.683 |
| 273 | 3.614 | 3.610 | 3.604 | 3.649 |
| 274 | 3.544 | 3.545 | 3.560 | 3.584 |
| 275 | 3.469 | 3.470 | 3.479 | 3.517 |



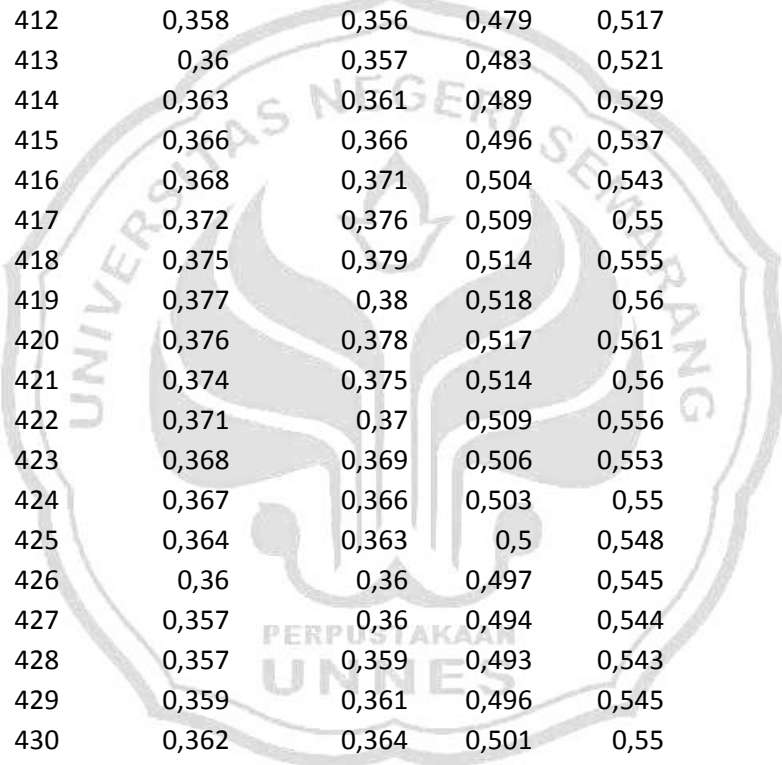
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 276 | 3.397 | 3.372 | 3.402 | 3.423 |
| 277 | 3.291 | 3.273 | 3.321 | 3.327 |
| 278 | 3.198 | 3.188 | 3.221 | 3.243 |
| 279 | 3.087 | 3.072 | 3.107 | 3.135 |
| 280 | 2.946 | 2.928 | 2.984 | 3.002 |
| 281 | 2.811 | 2.795 | 2.844 | 2.879 |
| 282 | 2.673 | 2.657 | 2.700 | 2.746 |
| 283 | 2.524 | 2.506 | 2.554 | 2.599 |
| 284 | 2.390 | 2.372 | 2.414 | 2.455 |
| 285 | 2.249 | 2.230 | 2.275 | 2.311 |
| 286 | 2.109 | 2.090 | 2.134 | 2.169 |
| 287 | 1.974 | 1.953 | 1.997 | 2.033 |
| 288 | 1.843 | 1.821 | 1.864 | 1.903 |
| 289 | 1.724 | 1.701 | 1.743 | 1.781 |
| 290 | 1.617 | 1.593 | 1.636 | 1.670 |
| 291 | 1.527 | 1.504 | 1.546 | 1.578 |
| 292 | 1.444 | 1.420 | 1.464 | 1.494 |
| 293 | 1.357 | 1.333 | 1.380 | 1.406 |
| 294 | 1.273 | 1.250 | 1.296 | 1.322 |
| 295 | 1.194 | 1.173 | 1.219 | 1.243 |
| 296 | 1.115 | 1.094 | 1.139 | 1.161 |
| 297 | 1.046 | 1.026 | 1.067 | 1.087 |
| 298 | 0,984 | 0,962 | 0,999 | 1.021 |
| 299 | 0,923 | 0,899 | 0,934 | 0,956 |
| 300 | 0,868 | 0,845 | 0,878 | 0,897 |
| 301 | 0,82 | 0,797 | 0,829 | 0,846 |
| 302 | 0,774 | 0,753 | 0,785 | 0,798 |
| 303 | 0,729 | 0,709 | 0,74 | 0,752 |
| 304 | 0,686 | 0,665 | 0,697 | 0,708 |
| 305 | 0,642 | 0,624 | 0,654 | 0,665 |
| 306 | 0,603 | 0,585 | 0,615 | 0,624 |
| 307 | 0,568 | 0,549 | 0,579 | 0,587 |
| 308 | 0,535 | 0,515 | 0,545 | 0,553 |
| 309 | 0,505 | 0,485 | 0,513 | 0,522 |
| 310 | 0,476 | 0,457 | 0,482 | 0,491 |
| 311 | 0,449 | 0,43 | 0,453 | 0,461 |
| 312 | 0,424 | 0,406 | 0,427 | 0,434 |
| 313 | 0,4 | 0,382 | 0,404 | 0,409 |
| 314 | 0,376 | 0,358 | 0,38 | 0,385 |
| 315 | 0,354 | 0,337 | 0,357 | 0,363 |
| 316 | 0,336 | 0,319 | 0,338 | 0,342 |
| 317 | 0,321 | 0,302 | 0,321 | 0,324 |



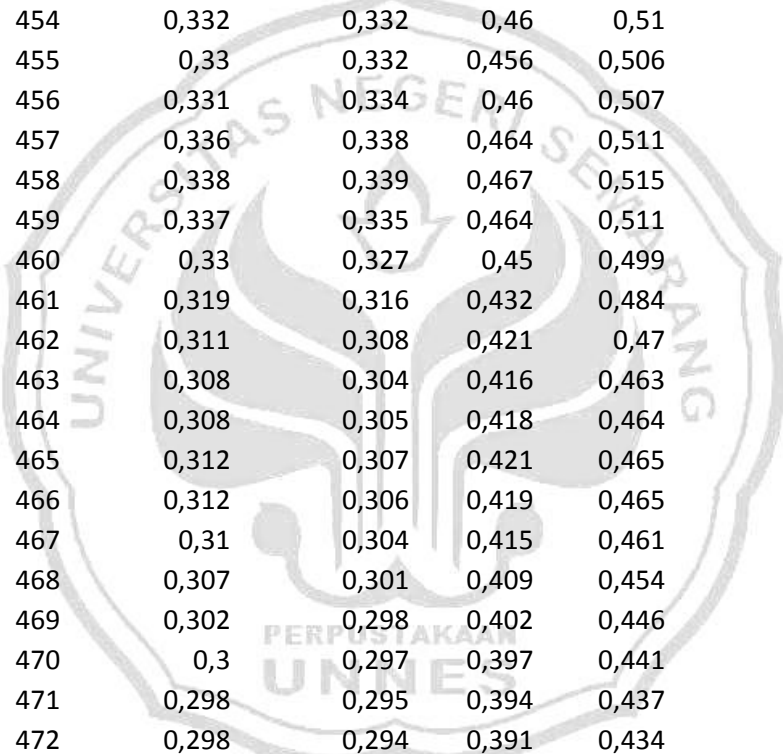
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 318 | 0,306 | 0,287 | 0,306 | 0,309 |
| 319 | 0,294 | 0,275 | 0,294 | 0,296 |
| 320 | 0,281 | 0,264 | 0,281 | 0,285 |
| 321 | 0,269 | 0,254 | 0,271 | 0,274 |
| 322 | 0,261 | 0,246 | 0,265 | 0,265 |
| 323 | 0,253 | 0,238 | 0,259 | 0,257 |
| 324 | 0,244 | 0,227 | 0,249 | 0,249 |
| 325 | 0,235 | 0,217 | 0,238 | 0,239 |
| 326 | 0,224 | 0,208 | 0,223 | 0,226 |
| 327 | 0,215 | 0,198 | 0,212 | 0,213 |
| 328 | 0,209 | 0,191 | 0,205 | 0,204 |
| 329 | 0,205 | 0,188 | 0,202 | 0,2 |
| 330 | 0,203 | 0,185 | 0,203 | 0,199 |
| 331 | 0,201 | 0,185 | 0,204 | 0,201 |
| 332 | 0,198 | 0,185 | 0,204 | 0,202 |
| 333 | 0,197 | 0,183 | 0,202 | 0,202 |
| 334 | 0,194 | 0,179 | 0,2 | 0,201 |
| 335 | 0,192 | 0,177 | 0,197 | 0,2 |
| 336 | 0,191 | 0,175 | 0,198 | 0,199 |
| 337 | 0,191 | 0,175 | 0,197 | 0,2 |
| 338 | 0,192 | 0,176 | 0,199 | 0,201 |
| 339 | 0,193 | 0,178 | 0,201 | 0,203 |
| 340 | 0,194 | 0,18 | 0,204 | 0,206 |
| 341 | 0,197 | 0,183 | 0,209 | 0,211 |
| 342 | 0,199 | 0,187 | 0,216 | 0,218 |
| 343 | 0,204 | 0,191 | 0,222 | 0,227 |
| 344 | 0,209 | 0,195 | 0,228 | 0,233 |
| 345 | 0,211 | 0,196 | 0,231 | 0,235 |
| 346 | 0,21 | 0,196 | 0,23 | 0,235 |
| 347 | 0,21 | 0,196 | 0,228 | 0,235 |
| 348 | 0,211 | 0,197 | 0,23 | 0,237 |
| 349 | 0,214 | 0,202 | 0,235 | 0,244 |
| 350 | 0,219 | 0,207 | 0,243 | 0,252 |
| 351 | 0,224 | 0,212 | 0,25 | 0,259 |
| 352 | 0,228 | 0,216 | 0,256 | 0,265 |
| 353 | 0,232 | 0,22 | 0,26 | 0,269 |
| 354 | 0,237 | 0,223 | 0,265 | 0,274 |
| 355 | 0,239 | 0,226 | 0,27 | 0,279 |
| 356 | 0,241 | 0,229 | 0,273 | 0,284 |
| 357 | 0,242 | 0,23 | 0,275 | 0,287 |
| 358 | 0,244 | 0,232 | 0,277 | 0,289 |
| 359 | 0,248 | 0,235 | 0,281 | 0,29 |



| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 360 | 0,252 | 0,238 | 0,286 | 0,296 |
| 361 | 0,253 | 0,241 | 0,286 | 0,298 |
| 362 | 0,252 | 0,238 | 0,283 | 0,297 |
| 363 | 0,246 | 0,234 | 0,275 | 0,291 |
| 364 | 0,244 | 0,231 | 0,269 | 0,286 |
| 365 | 0,245 | 0,233 | 0,272 | 0,287 |
| 366 | 0,25 | 0,239 | 0,28 | 0,296 |
| 367 | 0,256 | 0,244 | 0,289 | 0,305 |
| 368 | 0,26 | 0,248 | 0,296 | 0,311 |
| 369 | 0,265 | 0,255 | 0,305 | 0,321 |
| 370 | 0,272 | 0,26 | 0,318 | 0,335 |
| 371 | 0,278 | 0,265 | 0,335 | 0,351 |
| 372 | 0,283 | 0,269 | 0,347 | 0,364 |
| 373 | 0,288 | 0,271 | 0,357 | 0,372 |
| 374 | 0,292 | 0,277 | 0,362 | 0,377 |
| 375 | 0,299 | 0,285 | 0,368 | 0,386 |
| 376 | 0,305 | 0,289 | 0,376 | 0,395 |
| 377 | 0,306 | 0,291 | 0,377 | 0,398 |
| 378 | 0,305 | 0,288 | 0,375 | 0,396 |
| 379 | 0,302 | 0,286 | 0,371 | 0,391 |
| 380 | 0,302 | 0,289 | 0,371 | 0,391 |
| 381 | 0,305 | 0,293 | 0,377 | 0,397 |
| 382 | 0,309 | 0,299 | 0,385 | 0,405 |
| 383 | 0,313 | 0,303 | 0,393 | 0,413 |
| 384 | 0,317 | 0,304 | 0,399 | 0,419 |
| 385 | 0,317 | 0,305 | 0,401 | 0,422 |
| 386 | 0,318 | 0,307 | 0,4 | 0,425 |
| 387 | 0,318 | 0,307 | 0,401 | 0,426 |
| 388 | 0,32 | 0,31 | 0,403 | 0,429 |
| 389 | 0,323 | 0,314 | 0,407 | 0,434 |
| 390 | 0,327 | 0,317 | 0,415 | 0,442 |
| 391 | 0,33 | 0,32 | 0,42 | 0,449 |
| 392 | 0,33 | 0,321 | 0,423 | 0,453 |
| 393 | 0,33 | 0,319 | 0,423 | 0,451 |
| 394 | 0,329 | 0,318 | 0,423 | 0,449 |
| 395 | 0,328 | 0,318 | 0,421 | 0,449 |
| 396 | 0,33 | 0,319 | 0,422 | 0,451 |
| 397 | 0,332 | 0,323 | 0,426 | 0,457 |
| 398 | 0,336 | 0,328 | 0,433 | 0,463 |
| 399 | 0,34 | 0,333 | 0,44 | 0,47 |
| 400 | 0,344 | 0,338 | 0,446 | 0,477 |
| 401 | 0,348 | 0,343 | 0,453 | 0,485 |

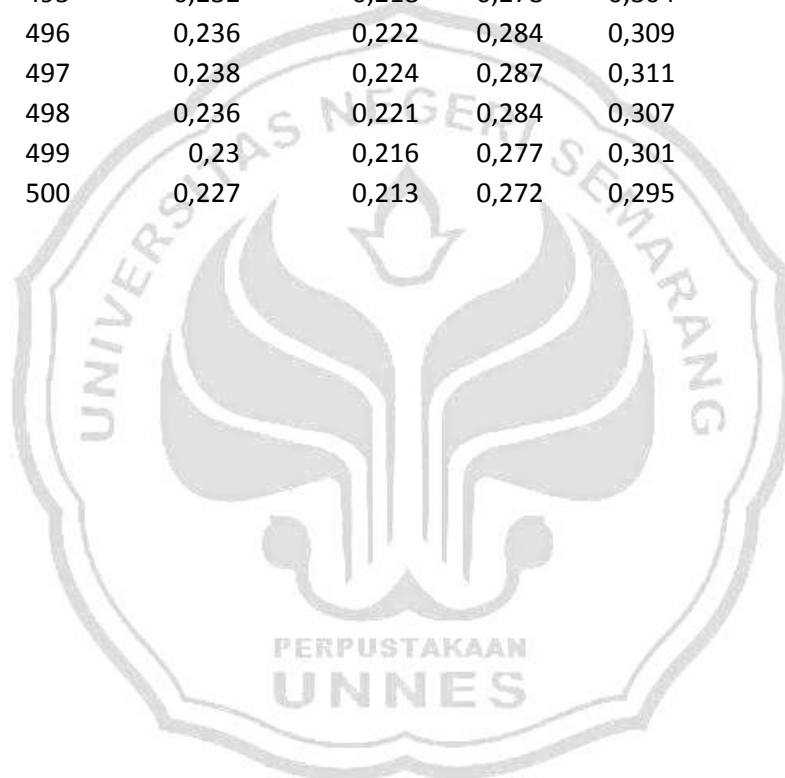


| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 402 | 0,353 | 0,346 | 0,459 | 0,491 |
| 403 | 0,355 | 0,349 | 0,464 | 0,499 |
| 404 | 0,355 | 0,35 | 0,467 | 0,501 |
| 405 | 0,354 | 0,348 | 0,465 | 0,501 |
| 406 | 0,351 | 0,345 | 0,462 | 0,5 |
| 407 | 0,351 | 0,345 | 0,464 | 0,5 |
| 408 | 0,352 | 0,349 | 0,467 | 0,503 |
| 409 | 0,354 | 0,353 | 0,473 | 0,509 |
| 410 | 0,355 | 0,356 | 0,477 | 0,513 |
| 411 | 0,357 | 0,356 | 0,478 | 0,515 |
| 412 | 0,358 | 0,356 | 0,479 | 0,517 |
| 413 | 0,36 | 0,357 | 0,483 | 0,521 |
| 414 | 0,363 | 0,361 | 0,489 | 0,529 |
| 415 | 0,366 | 0,366 | 0,496 | 0,537 |
| 416 | 0,368 | 0,371 | 0,504 | 0,543 |
| 417 | 0,372 | 0,376 | 0,509 | 0,55 |
| 418 | 0,375 | 0,379 | 0,514 | 0,555 |
| 419 | 0,377 | 0,38 | 0,518 | 0,56 |
| 420 | 0,376 | 0,378 | 0,517 | 0,561 |
| 421 | 0,374 | 0,375 | 0,514 | 0,56 |
| 422 | 0,371 | 0,37 | 0,509 | 0,556 |
| 423 | 0,368 | 0,369 | 0,506 | 0,553 |
| 424 | 0,367 | 0,366 | 0,503 | 0,55 |
| 425 | 0,364 | 0,363 | 0,5 | 0,548 |
| 426 | 0,36 | 0,36 | 0,497 | 0,545 |
| 427 | 0,357 | 0,36 | 0,494 | 0,544 |
| 428 | 0,357 | 0,359 | 0,493 | 0,543 |
| 429 | 0,359 | 0,361 | 0,496 | 0,545 |
| 430 | 0,362 | 0,364 | 0,501 | 0,55 |
| 431 | 0,363 | 0,366 | 0,505 | 0,556 |
| 432 | 0,365 | 0,367 | 0,51 | 0,56 |
| 433 | 0,365 | 0,368 | 0,51 | 0,562 |
| 434 | 0,365 | 0,366 | 0,508 | 0,56 |
| 435 | 0,366 | 0,366 | 0,506 | 0,559 |
| 436 | 0,364 | 0,365 | 0,507 | 0,558 |
| 437 | 0,362 | 0,366 | 0,507 | 0,559 |
| 438 | 0,363 | 0,367 | 0,51 | 0,562 |
| 439 | 0,364 | 0,368 | 0,511 | 0,563 |
| 440 | 0,363 | 0,366 | 0,509 | 0,561 |
| 441 | 0,361 | 0,362 | 0,504 | 0,556 |
| 442 | 0,356 | 0,358 | 0,498 | 0,55 |
| 443 | 0,352 | 0,355 | 0,493 | 0,546 |



| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 444 | 0,352 | 0,355 | 0,492 | 0,545 |
| 445 | 0,353 | 0,357 | 0,494 | 0,547 |
| 446 | 0,354 | 0,356 | 0,493 | 0,547 |
| 447 | 0,351 | 0,352 | 0,489 | 0,543 |
| 448 | 0,346 | 0,346 | 0,481 | 0,536 |
| 449 | 0,341 | 0,341 | 0,474 | 0,526 |
| 450 | 0,337 | 0,338 | 0,47 | 0,521 |
| 451 | 0,337 | 0,337 | 0,468 | 0,519 |
| 452 | 0,337 | 0,336 | 0,467 | 0,518 |
| 453 | 0,334 | 0,334 | 0,464 | 0,515 |
| 454 | 0,332 | 0,332 | 0,46 | 0,51 |
| 455 | 0,33 | 0,332 | 0,456 | 0,506 |
| 456 | 0,331 | 0,334 | 0,46 | 0,507 |
| 457 | 0,336 | 0,338 | 0,464 | 0,511 |
| 458 | 0,338 | 0,339 | 0,467 | 0,515 |
| 459 | 0,337 | 0,335 | 0,464 | 0,511 |
| 460 | 0,33 | 0,327 | 0,45 | 0,499 |
| 461 | 0,319 | 0,316 | 0,432 | 0,484 |
| 462 | 0,311 | 0,308 | 0,421 | 0,47 |
| 463 | 0,308 | 0,304 | 0,416 | 0,463 |
| 464 | 0,308 | 0,305 | 0,418 | 0,464 |
| 465 | 0,312 | 0,307 | 0,421 | 0,465 |
| 466 | 0,312 | 0,306 | 0,419 | 0,465 |
| 467 | 0,31 | 0,304 | 0,415 | 0,461 |
| 468 | 0,307 | 0,301 | 0,409 | 0,454 |
| 469 | 0,302 | 0,298 | 0,402 | 0,446 |
| 470 | 0,3 | 0,297 | 0,397 | 0,441 |
| 471 | 0,298 | 0,295 | 0,394 | 0,437 |
| 472 | 0,298 | 0,294 | 0,391 | 0,434 |
| 473 | 0,297 | 0,293 | 0,389 | 0,43 |
| 474 | 0,296 | 0,291 | 0,386 | 0,426 |
| 475 | 0,295 | 0,29 | 0,383 | 0,423 |
| 476 | 0,295 | 0,288 | 0,381 | 0,42 |
| 477 | 0,291 | 0,284 | 0,377 | 0,417 |
| 478 | 0,289 | 0,282 | 0,374 | 0,412 |
| 479 | 0,288 | 0,281 | 0,372 | 0,408 |
| 480 | 0,292 | 0,286 | 0,377 | 0,411 |
| 481 | 0,3 | 0,294 | 0,388 | 0,42 |
| 482 | 0,306 | 0,299 | 0,396 | 0,427 |
| 483 | 0,303 | 0,294 | 0,388 | 0,424 |
| 484 | 0,29 | 0,279 | 0,368 | 0,405 |
| 485 | 0,274 | 0,262 | 0,344 | 0,38 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 486 | 0,261 | 0,253 | 0,327 | 0,362 |
| 487 | 0,257 | 0,248 | 0,32 | 0,352 |
| 488 | 0,256 | 0,246 | 0,318 | 0,349 |
| 489 | 0,255 | 0,244 | 0,315 | 0,346 |
| 490 | 0,253 | 0,241 | 0,312 | 0,343 |
| 491 | 0,248 | 0,237 | 0,305 | 0,336 |
| 492 | 0,241 | 0,231 | 0,295 | 0,326 |
| 493 | 0,233 | 0,221 | 0,283 | 0,315 |
| 494 | 0,23 | 0,217 | 0,276 | 0,306 |
| 495 | 0,232 | 0,218 | 0,278 | 0,304 |
| 496 | 0,236 | 0,222 | 0,284 | 0,309 |
| 497 | 0,238 | 0,224 | 0,287 | 0,311 |
| 498 | 0,236 | 0,221 | 0,284 | 0,307 |
| 499 | 0,23 | 0,216 | 0,277 | 0,301 |
| 500 | 0,227 | 0,213 | 0,272 | 0,295 |



Lampiran 6

Data Hasil Karakterisasi Menggunakan PSA

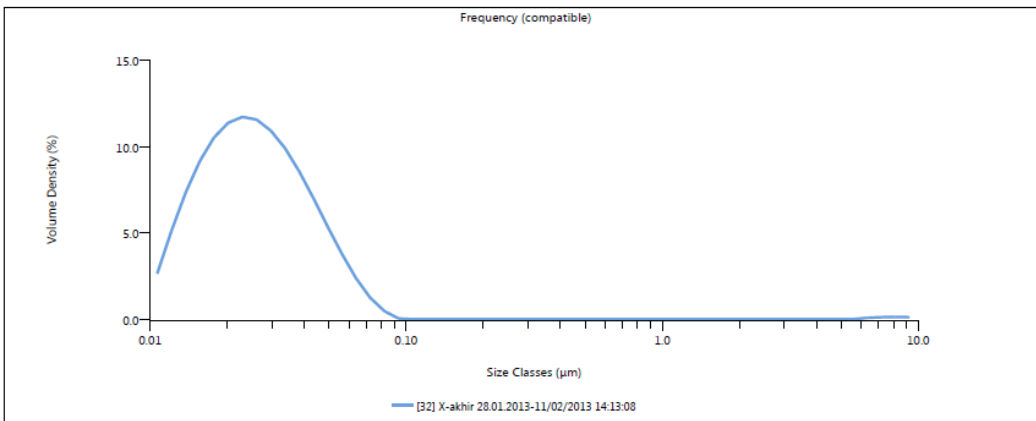
Analysis-ori

Created by: Ethernal
Last edited: 11/02/2013 14:47:03



| Measurement Details | |
|--------------------------------|--|
| Sample Name X-akhir 28.01.2013 | Measurement Date 11/02/2013 14:13:08 |
| OPERATOR Ina Ristian | Analysis Date Time 11/02/2013 14:13:08 |

| Result | |
|---|---------------------|
| Concentration 0.0025 % | Span 1.375 |
| Uniformity 1.647 | Result Units Volume |
| Specific Surface Area 260600 m ² /kg | Dv 10 0.0139 μm |
| D [3,2] 0.0230 μm | Dv 50 0.0249 μm |
| D [4,3] 0.0589 μm | Dv 90 0.0481 μm |



| Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.0100 | 2.22 | 0.0679 | 1.02 | 0.460 | 0.00 | 3.12 | 0.00 | 21.2 | 0.00 | 144 | 0.00 | 976 | 0.00 |
| 0.0114 | 4.30 | 0.0771 | 0.38 | 0.523 | 0.00 | 3.55 | 0.00 | 24.1 | 0.00 | 162 | 0.00 | 1110 | 0.00 |
| 0.0129 | 6.15 | 0.0876 | 0.00 | 0.594 | 0.00 | 4.03 | 0.00 | 27.4 | 0.00 | 186 | 0.00 | 1260 | 0.00 |
| 0.0147 | 7.67 | 0.0995 | 0.00 | 0.675 | 0.00 | 4.58 | 0.00 | 31.1 | 0.00 | 211 | 0.00 | 1430 | 0.00 |
| 0.0167 | 8.81 | 0.113 | 0.00 | 0.767 | 0.00 | 5.21 | 0.00 | 35.3 | 0.00 | 240 | 0.00 | 1630 | 0.00 |
| 0.0189 | 9.52 | 0.128 | 0.00 | 0.872 | 0.00 | 5.92 | 0.07 | 40.1 | 0.00 | 272 | 0.00 | 1850 | 0.00 |
| 0.0215 | 9.81 | 0.146 | 0.00 | 0.991 | 0.00 | 6.72 | 0.10 | 45.6 | 0.00 | 310 | 0.00 | 2100 | 0.00 |
| 0.0244 | 9.67 | 0.166 | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 7.64 | 0.11 | 51.8 | 0.00 | 352 | 0.00 | 2390 | 0.00 |
| 0.0278 | 9.14 | 0.188 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 8.68 | 0.11 | 58.9 | 0.00 | 400 | 0.00 | 2710 | 0.00 |
| 0.0315 | 8.28 | 0.214 | 0.00 | 1.45 | 0.00 | 9.86 | 0.00 | 66.9 | 0.00 | 454 | 0.00 | 3080 | 0.00 |
| 0.0358 | 7.16 | 0.243 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 11.2 | 0.00 | 76.0 | 0.00 | 516 | 0.00 | 3500 | 0.00 |
| 0.0407 | 5.86 | 0.276 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 12.7 | 0.00 | 86.4 | 0.00 | 586 | 0.00 | | |
| 0.0463 | 4.49 | 0.314 | 0.00 | 2.13 | 0.00 | 14.5 | 0.00 | 98.1 | 0.00 | 666 | 0.00 | | |
| 0.0526 | 3.16 | 0.357 | 0.00 | 2.42 | 0.00 | 16.4 | 0.00 | 111 | 0.00 | 756 | 0.00 | | |
| 0.0597 | 1.97 | 0.405 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 18.7 | 0.00 | 127 | 0.00 | 859 | 0.00 | | |

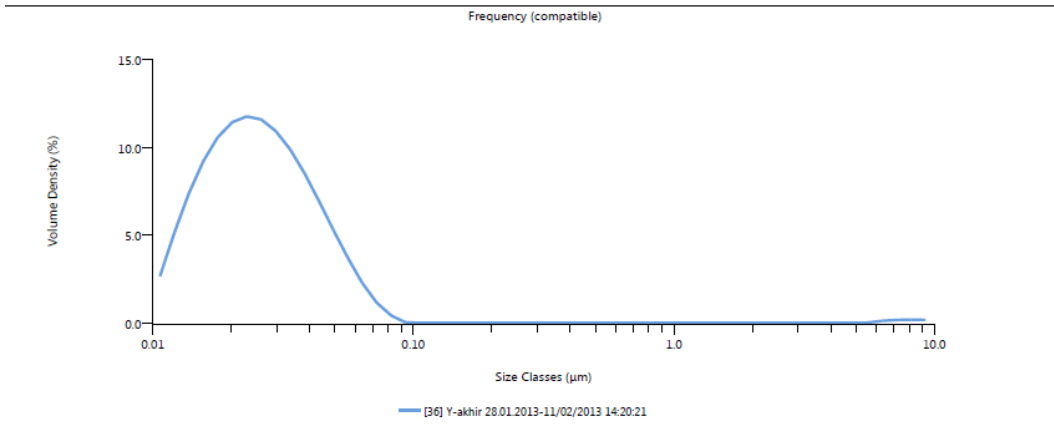
Analysis-ori

Created by: Ethernal
Last edited: 11/02/2013 14:47:03



| Measurement Details | |
|--------------------------------|--|
| Sample Name Y-akhir 28.01.2013 | Measurement Date 11/02/2013 14:20:21 |
| OPERATOR Ina Ristian | Analysis Date Time 11/02/2013 14:20:21 |

| Result | |
|---|---------------------|
| Concentration 0.0040 % | Span 1.372 |
| Uniformity 2.245 | Result Units Volume |
| Specific Surface Area 261100 m ² /kg | Dv 10 0.0139 μm |
| D [3,2] 0.0230 μm | Dv 50 0.0248 μm |
| D [4,3] 0.0736 μm | Dv 90 0.0479 μm |



| Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.0100 | 2.23 | 0.0679 | 0.94 | 0.460 | 0.00 | 3.12 | 0.00 | 21.2 | 0.00 | 144 | 0.00 | 976 | 0.00 |
| 0.0114 | 4.33 | 0.0771 | 0.32 | 0.523 | 0.00 | 3.55 | 0.00 | 24.1 | 0.00 | 162 | 0.00 | 1110 | 0.00 |
| 0.0129 | 6.19 | 0.0876 | 0.00 | 0.594 | 0.00 | 4.03 | 0.00 | 27.4 | 0.00 | 186 | 0.00 | 1260 | 0.00 |
| 0.0147 | 7.72 | 0.0995 | 0.00 | 0.675 | 0.00 | 4.58 | 0.00 | 31.1 | 0.00 | 211 | 0.00 | 1430 | 0.00 |
| 0.0167 | 8.85 | 0.113 | 0.00 | 0.767 | 0.00 | 5.21 | 0.00 | 35.2 | 0.00 | 240 | 0.00 | 1620 | 0.00 |
| 0.0189 | 9.57 | 0.128 | 0.00 | 0.872 | 0.00 | 5.92 | 0.11 | 40.1 | 0.00 | 272 | 0.00 | 1850 | 0.00 |
| 0.0215 | 9.84 | 0.146 | 0.00 | 0.991 | 0.00 | 6.72 | 0.15 | 45.6 | 0.00 | 310 | 0.00 | 2100 | 0.00 |
| 0.0244 | 9.69 | 0.166 | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 7.64 | 0.16 | 51.8 | 0.00 | 352 | 0.00 | 2390 | 0.00 |
| 0.0278 | 9.15 | 0.188 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 8.68 | 0.16 | 58.9 | 0.00 | 400 | 0.00 | 2710 | 0.00 |
| 0.0315 | 8.27 | 0.214 | 0.00 | 1.45 | 0.00 | 9.86 | 0.00 | 66.9 | 0.00 | 454 | 0.00 | 3080 | 0.00 |
| 0.0358 | 7.12 | 0.243 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 11.2 | 0.00 | 76.0 | 0.00 | 516 | 0.00 | 3500 | 0.00 |
| 0.0407 | 5.80 | 0.276 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 12.7 | 0.00 | 86.4 | 0.00 | 586 | 0.00 | | |
| 0.0463 | 4.42 | 0.314 | 0.00 | 2.13 | 0.00 | 14.5 | 0.00 | 98.1 | 0.00 | 666 | 0.00 | | |
| 0.0526 | 3.07 | 0.357 | 0.00 | 2.42 | 0.00 | 16.4 | 0.00 | 111 | 0.00 | 756 | 0.00 | | |
| 0.0597 | 1.88 | 0.405 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 18.7 | 0.00 | 127 | 0.00 | 859 | 0.00 | | |

Analysis-ori

Created by: Eternal
Last edited: 11/02/2013 14:47:03

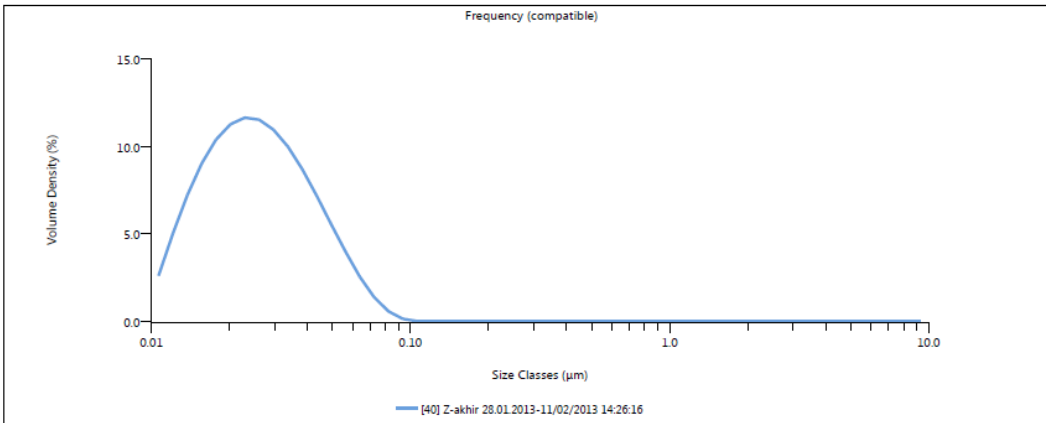


Measurement Details

| | |
|---------------------------------------|---|
| Sample Name Z-akhir 28.01.2013 | Measurement Date 11/02/2013 14:26:16 |
| OPERATOR Ina Ristian | Analysis Date Time 11/02/2013 14:26:16 |

Result

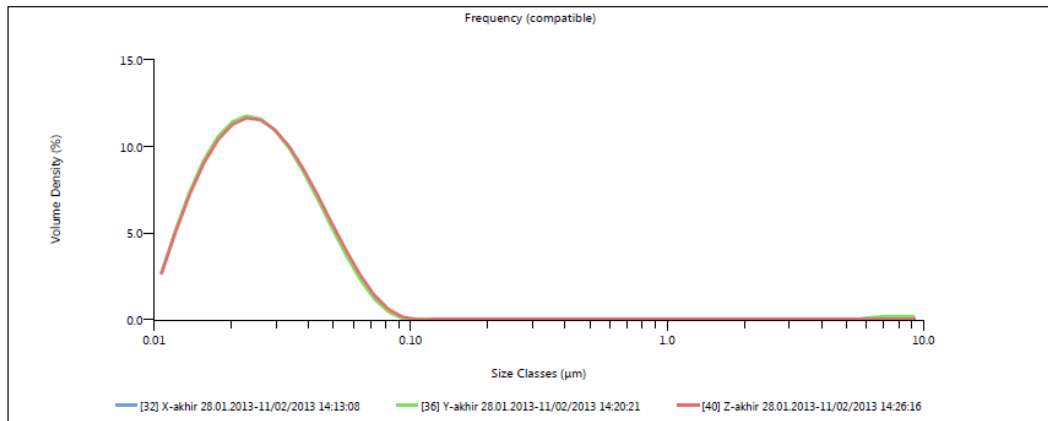
| | |
|--|----------------------------|
| Concentration 0.0101 % | Span 1.376 |
| Uniformity 0.424 | Result Units Volume |
| Specific Surface Area 259300 m ² /kg | Dv 10 0.0139 μm |
| D [3,2] 0.0231 μm | Dv 50 0.0251 μm |
| D [4,3] 0.0286 μm | Dv 90 0.0485 μm |



| Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.0100 | 2.18 | 0.0679 | 1.13 | 0.460 | 0.00 | 3.12 | 0.00 | 21.2 | 0.00 | 144 | 0.00 | 976 | 0.00 |
| 0.0114 | 4.23 | 0.0771 | 0.45 | 0.523 | 0.00 | 3.55 | 0.00 | 24.1 | 0.00 | 162 | 0.00 | 1110 | 0.00 |
| 0.0129 | 6.04 | 0.0876 | 0.09 | 0.594 | 0.00 | 4.03 | 0.00 | 27.4 | 0.00 | 186 | 0.00 | 1260 | 0.00 |
| 0.0147 | 7.55 | 0.0995 | 0.00 | 0.675 | 0.00 | 4.58 | 0.00 | 31.1 | 0.00 | 211 | 0.00 | 1430 | 0.00 |
| 0.0167 | 8.89 | 0.113 | 0.00 | 0.767 | 0.00 | 5.21 | 0.00 | 35.2 | 0.00 | 240 | 0.00 | 1620 | 0.00 |
| 0.0189 | 9.42 | 0.128 | 0.00 | 0.872 | 0.00 | 5.92 | 0.00 | 40.1 | 0.00 | 272 | 0.00 | 1850 | 0.00 |
| 0.0215 | 9.74 | 0.146 | 0.00 | 0.991 | 0.00 | 6.72 | 0.00 | 45.6 | 0.00 | 310 | 0.00 | 2100 | 0.00 |
| 0.0244 | 9.64 | 0.166 | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 7.64 | 0.00 | 51.8 | 0.00 | 352 | 0.00 | 2390 | 0.00 |
| 0.0278 | 9.16 | 0.188 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 8.68 | 0.00 | 58.9 | 0.00 | 400 | 0.00 | 2710 | 0.00 |
| 0.0315 | 8.34 | 0.214 | 0.00 | 1.45 | 0.00 | 9.86 | 0.00 | 66.9 | 0.00 | 454 | 0.00 | 3080 | 0.00 |
| 0.0358 | 7.26 | 0.243 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 11.2 | 0.00 | 76.0 | 0.00 | 516 | 0.00 | 3500 | 0.00 |
| 0.0407 | 6.00 | 0.276 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 12.7 | 0.00 | 86.4 | 0.00 | 586 | 0.00 | | |
| 0.0463 | 4.65 | 0.314 | 0.00 | 2.13 | 0.00 | 14.5 | 0.00 | 98.1 | 0.00 | 666 | 0.00 | | |
| 0.0526 | 3.32 | 0.357 | 0.00 | 2.42 | 0.00 | 16.4 | 0.00 | 111 | 0.00 | 756 | 0.00 | | |
| 0.0597 | 2.11 | 0.405 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 18.7 | 0.00 | 127 | 0.00 | 858 | 0.00 | | |

Result overlay

Created by: Malvern Instruments Ltd
Last edited: 28/09/2011 08:08:23



| | Record Number | Sample Name | Dx 10 (μm) | Dx 50 (μm) | Dx 90 (μm) | D [4,3] (μm) |
|------------------|---------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | 32 | X-akhir 28.01.2013 | 0.0139 | 0.0249 | 0.0481 | 0.0589 |
| | 36 | Y-akhir 28.01.2013 | 0.0139 | 0.0248 | 0.0479 | 0.0736 |
| | 40 | Z-akhir 28.01.2013 | 0.0139 | 0.0251 | 0.0485 | 0.0286 |
| Mean | | | 0.0139 | 0.0250 | 0.0482 | 0.0537 |
| 1xStd Dev | | | 0.0000375 | 0.000153 | 0.000305 | 0.0229 |
| 1xRSD (%) | | | 0.270 | 0.611 | 0.632 | 42.7 |



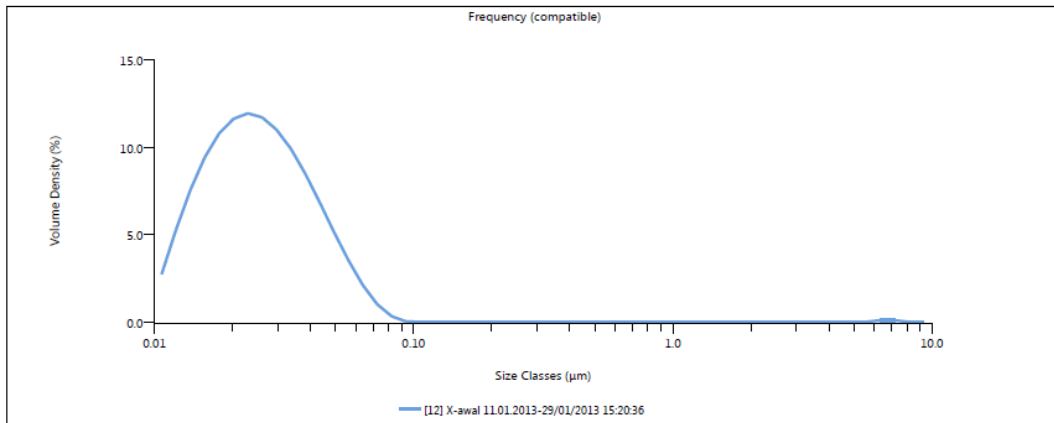
Analysis-ori

Created by: Eternal
Last edited: 11/02/2013 14:47:03



| Measurement Details | |
|--------------------------------------|---|
| Sample Name X-awal 11.01.2013 | Measurement Date 29/01/2013 15:20:36 |
| OPERATOR Ina Ristian | Analysis Date Time 11/02/2013 11:55:23 |

| Result | |
|--|----------------------------|
| Concentration 0.0030 % | Span 1.336 |
| Uniformity 0.913 | Result Units Volume |
| Specific Surface Area 264300 m ² /kg | Dv 10 0.0138 μm |
| D [3,2] 0.0227 μm | Dv 50 0.0245 μm |
| D [4,3] 0.0400 μm | Dv 90 0.0466 μm |



| Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.0100 | 2.29 | 0.0679 | 0.82 | 0.460 | 0.00 | 3.12 | 0.00 | 21.2 | 0.00 | 144 | 0.00 | 876 | 0.00 |
| 0.0114 | 4.44 | 0.0771 | 0.24 | 0.523 | 0.00 | 3.55 | 0.00 | 24.1 | 0.00 | 163 | 0.00 | 1110 | 0.00 |
| 0.0129 | 6.34 | 0.0876 | 0.00 | 0.594 | 0.00 | 4.03 | 0.00 | 27.4 | 0.00 | 186 | 0.00 | 1260 | 0.00 |
| 0.0147 | 7.89 | 0.0995 | 0.00 | 0.675 | 0.00 | 4.58 | 0.00 | 31.1 | 0.00 | 211 | 0.00 | 1420 | 0.00 |
| 0.0167 | 9.03 | 0.113 | 0.00 | 0.767 | 0.00 | 5.21 | 0.00 | 35.2 | 0.00 | 240 | 0.00 | 1620 | 0.00 |
| 0.0189 | 9.74 | 0.128 | 0.00 | 0.872 | 0.00 | 5.92 | 0.09 | 40.1 | 0.00 | 272 | 0.00 | 1850 | 0.00 |
| 0.0215 | 9.99 | 0.146 | 0.00 | 0.991 | 0.00 | 6.72 | 0.09 | 45.6 | 0.00 | 310 | 0.00 | 2100 | 0.00 |
| 0.0244 | 9.80 | 0.166 | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 7.64 | 0.00 | 51.9 | 0.00 | 352 | 0.00 | 2390 | 0.00 |
| 0.0278 | 9.21 | 0.188 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 8.68 | 0.00 | 58.9 | 0.00 | 400 | 0.00 | 2710 | 0.00 |
| 0.0315 | 8.27 | 0.214 | 0.00 | 1.45 | 0.00 | 9.86 | 0.00 | 66.9 | 0.00 | 454 | 0.00 | 3080 | 0.00 |
| 0.0358 | 7.08 | 0.243 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 11.2 | 0.00 | 76.0 | 0.00 | 516 | 0.00 | 3500 | 0.00 |
| 0.0407 | 5.71 | 0.276 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 12.7 | 0.00 | 86.4 | 0.00 | 586 | 0.00 | | |
| 0.0463 | 4.29 | 0.314 | 0.00 | 2.13 | 0.00 | 14.5 | 0.00 | 98.1 | 0.00 | 666 | 0.00 | | |
| 0.0526 | 2.93 | 0.357 | 0.00 | 2.42 | 0.00 | 16.4 | 0.00 | 111 | 0.00 | 756 | 0.00 | | |
| 0.0597 | 1.74 | 0.405 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 18.7 | 0.00 | 127 | 0.00 | 859 | 0.00 | | |

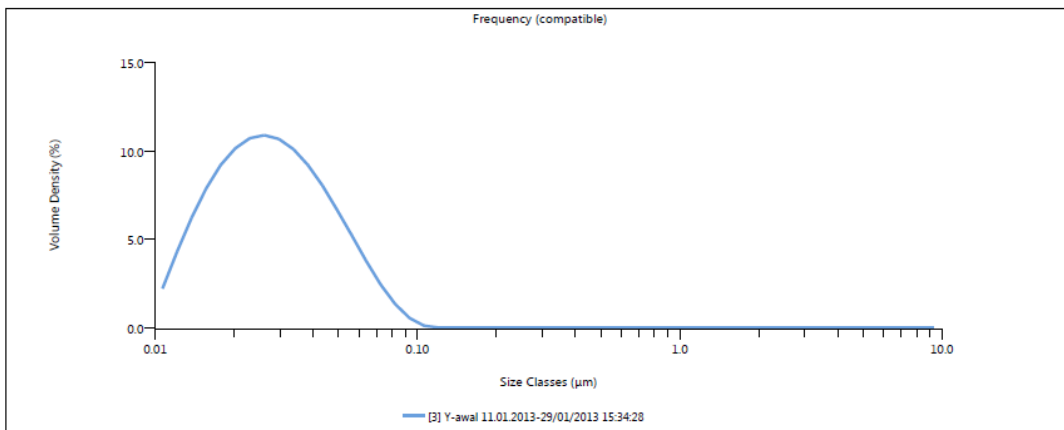
Analysis-ori

Created by: Ethernal
Last edited: 11/02/2013 14:47:03



| Measurement Details | |
|--------------------------------------|---|
| Sample Name Y-awal 11.01.2013 | Measurement Date 29/01/2013 15:34:28 |
| OPERATOR Ina Ristian | Analysis Date Time 29/01/2013 15:34:28 |

| Result | |
|--|----------------------------|
| Concentration 0.0080 % | Span 1.468 |
| Uniformity 0.453 | Result Units Volume |
| Specific Surface Area 243700 m ² /kg | Dv 10 0.0144 μm |
| D [3,2] 0.0246 μm | Dv 50 0.0272 μm |
| D [4,3] 0.0313 μm | Dv 90 0.0543 μm |



| Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.0100 | 1.85 | 0.0679 | 2.02 | 0.460 | 0.00 | 3.12 | 0.00 | 21.2 | 0.00 | 144 | 0.00 | 976 | 0.00 |
| 0.0114 | 3.61 | 0.0771 | 1.09 | 0.523 | 0.00 | 3.55 | 0.00 | 24.1 | 0.00 | 162 | 0.00 | 1110 | 0.00 |
| 0.0129 | 5.21 | 0.0876 | 0.42 | 0.594 | 0.00 | 4.03 | 0.00 | 27.4 | 0.00 | 186 | 0.00 | 1260 | 0.00 |
| 0.0147 | 6.59 | 0.0995 | 0.07 | 0.675 | 0.00 | 4.58 | 0.00 | 31.1 | 0.00 | 211 | 0.00 | 1430 | 0.00 |
| 0.0167 | 7.69 | 0.113 | 0.00 | 0.767 | 0.00 | 5.21 | 0.00 | 35.3 | 0.00 | 240 | 0.00 | 1620 | 0.00 |
| 0.0189 | 8.49 | 0.128 | 0.00 | 0.872 | 0.00 | 5.92 | 0.00 | 40.1 | 0.00 | 272 | 0.00 | 1850 | 0.00 |
| 0.0215 | 8.97 | 0.146 | 0.00 | 0.991 | 0.00 | 6.72 | 0.00 | 45.6 | 0.00 | 310 | 0.00 | 2100 | 0.00 |
| 0.0244 | 9.11 | 0.166 | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 7.64 | 0.00 | 51.8 | 0.00 | 352 | 0.00 | 2390 | 0.00 |
| 0.0278 | 8.93 | 0.188 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 8.68 | 0.00 | 58.9 | 0.00 | 400 | 0.00 | 2710 | 0.00 |
| 0.0315 | 8.44 | 0.214 | 0.00 | 1.45 | 0.00 | 9.86 | 0.00 | 66.9 | 0.00 | 454 | 0.00 | 3080 | 0.00 |
| 0.0358 | 7.69 | 0.243 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 11.2 | 0.00 | 76.0 | 0.00 | 516 | 0.00 | 3500 | 0.00 |
| 0.0407 | 6.72 | 0.276 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 12.7 | 0.00 | 86.4 | 0.00 | 586 | 0.00 | | |
| 0.0463 | 5.58 | 0.314 | 0.00 | 2.13 | 0.00 | 14.5 | 0.00 | 98.1 | 0.00 | 666 | 0.00 | | |
| 0.0526 | 4.36 | 0.357 | 0.00 | 2.42 | 0.00 | 16.4 | 0.00 | 111 | 0.00 | 756 | 0.00 | | |
| 0.0597 | 3.15 | 0.405 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 18.7 | 0.00 | 127 | 0.00 | 859 | 0.00 | | |

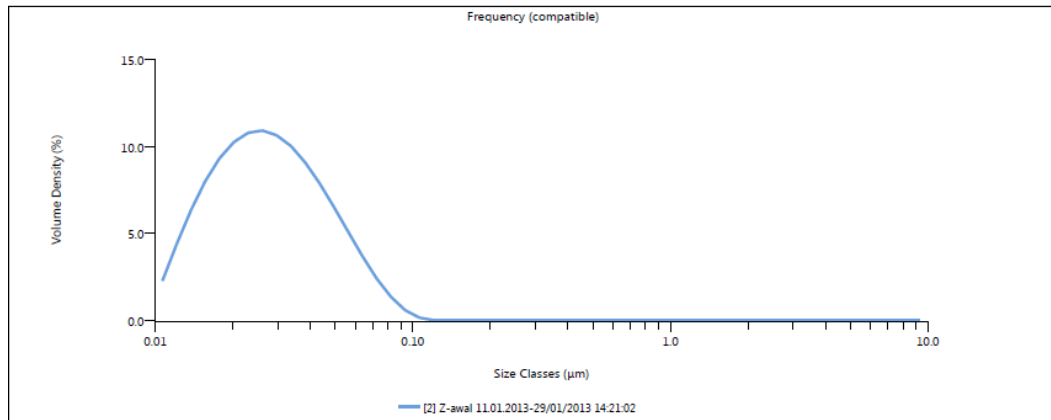
Analysis-ori

Created by: Ethernal
Last edited: 11/02/2013 14:47:03



| Measurement Details | |
|-------------------------------|--|
| Sample Name Z-awal 11.01.2013 | Measurement Date 29/01/2013 14:21:02 |
| OPERATOR Ina Ristian | Analysis Date Time 29/01/2013 15:26:29 |

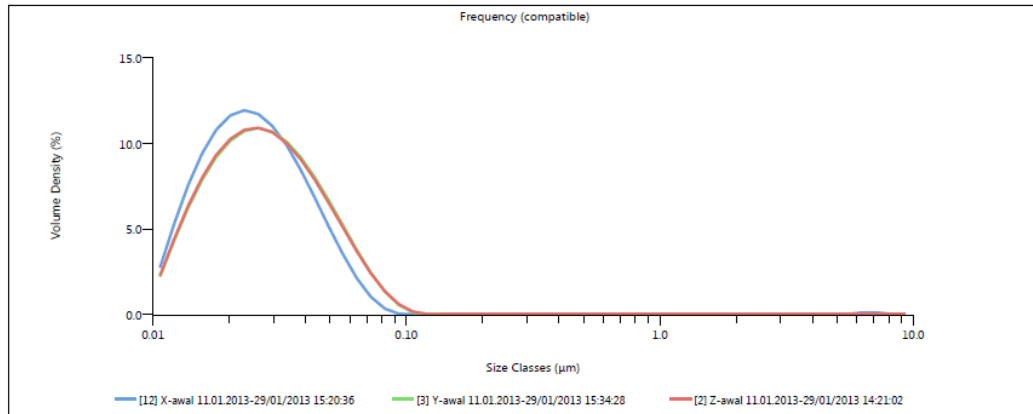
| Result | |
|---|---------------------|
| Concentration 0.0075 % | Span 1.476 |
| Uniformity 0.455 | Result Units Volume |
| Specific Surface Area 245200 m ² /kg | Dv 10 0.0144 μm |
| D [3,2] 0.0245 μm | Dv 50 0.0270 μm |
| D [4,3] 0.0311 μm | Dv 90 0.0541 μm |



| Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In | Size (μm) | % Volume In |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.0100 | 1.89 | 0.0679 | 1.99 | 0.460 | 0.00 | 3.12 | 0.00 | 21.2 | 0.00 | 144 | 0.00 | 976 | 0.00 |
| 0.0114 | 3.69 | 0.0771 | 1.10 | 0.523 | 0.00 | 3.55 | 0.00 | 24.1 | 0.00 | 163 | 0.00 | 1110 | 0.00 |
| 0.0129 | 5.31 | 0.0876 | 0.46 | 0.594 | 0.00 | 4.03 | 0.00 | 27.4 | 0.00 | 186 | 0.00 | 1260 | 0.00 |
| 0.0147 | 6.70 | 0.0995 | 0.10 | 0.675 | 0.00 | 4.58 | 0.00 | 31.1 | 0.00 | 211 | 0.00 | 1420 | 0.00 |
| 0.0167 | 7.80 | 0.113 | 0.00 | 0.767 | 0.00 | 5.21 | 0.00 | 35.3 | 0.00 | 240 | 0.00 | 1620 | 0.00 |
| 0.0189 | 8.58 | 0.128 | 0.00 | 0.872 | 0.00 | 5.92 | 0.00 | 40.1 | 0.00 | 272 | 0.00 | 1850 | 0.00 |
| 0.0215 | 9.02 | 0.146 | 0.00 | 0.991 | 0.00 | 6.72 | 0.00 | 45.6 | 0.00 | 310 | 0.00 | 2100 | 0.00 |
| 0.0244 | 9.13 | 0.166 | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 7.64 | 0.00 | 51.8 | 0.00 | 352 | 0.00 | 2390 | 0.00 |
| 0.0278 | 8.90 | 0.188 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 8.68 | 0.00 | 58.9 | 0.00 | 400 | 0.00 | 2710 | 0.00 |
| 0.0315 | 8.37 | 0.214 | 0.00 | 1.45 | 0.00 | 9.86 | 0.00 | 66.9 | 0.00 | 454 | 0.00 | 3080 | 0.00 |
| 0.0358 | 7.59 | 0.243 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 11.2 | 0.00 | 76.0 | 0.00 | 516 | 0.00 | 3500 | 0.00 |
| 0.0407 | 6.59 | 0.276 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 12.7 | 0.00 | 86.4 | 0.00 | 586 | 0.00 | | |
| 0.0463 | 5.45 | 0.314 | 0.00 | 2.13 | 0.00 | 14.5 | 0.00 | 98.1 | 0.00 | 666 | 0.00 | | |
| 0.0526 | 4.25 | 0.357 | 0.00 | 2.42 | 0.00 | 16.4 | 0.00 | 111 | 0.00 | 756 | 0.00 | | |
| 0.0597 | 3.07 | 0.405 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 18.7 | 0.00 | 127 | 0.00 | 859 | 0.00 | | |

Result overlay

Created by: Malvern Instruments Ltd
Last edited: 28/09/2011 08:08:23



| | Record Number | Sample Name | Dx 10 (μm) | Dx 50 (μm) | Dx 90 (μm) | D [4.3] (μm) |
|------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | 12 | X-awal 11.01.2013 | 0.0138 | 0.0245 | 0.0466 | 0.0400 |
| | 3 | Y-awal 11.01.2013 | 0.0144 | 0.0272 | 0.0543 | 0.0313 |
| | 2 | Z-awal 11.01.2013 | 0.0144 | 0.0270 | 0.0541 | 0.0311 |
| Mean | | | 0.0142 | 0.0262 | 0.0517 | 0.0341 |
| 1xStd Dev | | | 0.000350 | 0.00147 | 0.00442 | 0.00510 |
| 1xRSD (%) | | | 2.47 | 5.61 | 8.56 | 15.0 |



Lampiran 7

Gambar Hasil Karakterisasi Menggunakan TEM

