

LAPORAN PELAKSANAAN
MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)
BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
SEMESTER GANJIL 2024/2025

Pembuatan substrat SERS berbasis Nanopartikel Au
Berbentuk nanostars

MAGANG

Disusun oleh:

Nama : GALIH RIDHO UTOMO
NIM : 4211421036
Prodi/Jurusan : Fisika/Fisika Murni
Fakultas : Falkutas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas : Universitas Negeri Semarang
Pembimbing : 1. Dr. Affi Nur Hidayah, S.Si., M.Si
2. Dr. Ian Yulianti, M.Eng

PUSAT RISET FOTONIKA MBKM
BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
GEDUNG 442, LABORATORIUM KARAKTERISASI FISIKA
MAJU, KST BRIN, SERPONG, DESEMBER 2024

**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PELAKSANAAN
MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM)
BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
SEMESTER GANJIL 2024/2025**

**Pembuatan substrat SERS berbasis Nanopartikel Au
Berbentuk nanostars**

MAGANG

Disusun oleh:

Nama : GALIH RIDHO UTOMO
NIM : 4211421036
Prodi/Jurusan : Fisika/Fisika Murni
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas : Universitas Negeri Semarang
Unit Kerja BRIN : Pusat Riset Fotonika BRIN

Tangerang Selatan, 12 Desember 2024

**Menyetujui,
Pembimbing BRIN**

**Mengetahui,
Pembimbing Perguruan Tinggi**



TT ELEKTRONIK

Dr. Affi Nurhidayah, S.Si., M.Si.
NIP 198704172009122001



Dr. Ian Yulianti, M.Eng.
NIP 197707012005012001

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
DATAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Kegiatan MBKM	3
1.3 Sasaran Kegiatan MBKM	3
1.4 Uraian Umum Kegiatan MBKM	3
1.5 Pembelajaran Hal Baru yang Diperoleh	4
BAB 2 PROFIL MITRA KEGIATAN MBKM	8
2.1 Sejarah Badan Riset dan Inovasi Nasional	8
2.2 Struktur Organisasi Badan Riset dan Inovasi Nasional.....	9
2.3 Visi, Misi, Tujuan dan Sasaran Strategis Badan Riset dan Inovasi Nasional.	12
2.4 Profil Unit Kerja Tempat Pelaksanaan MBKM	13
2.5 Profil Kelompok Penelitian/Fungsi Kerja Tempat Pelaksanaan MBKM.....	13
BAB 3 METODE DAN TINJAUAN PUSTAKA	18
3.1 Nanopartikel Emas Bentuk Nanostar	14
3.2 <i>Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR)</i>	25
3.3 Sintesis Nanopartikel Emas Nanostar	27
3.4 Analisis Fluorescence Intensitas	29
3.5 Analisis Absorbansi Spectrofotometer.....	32
3.6 Analisis Raman Spectroscopy Intensitas.....	32
3.7 Analisis Stabilitas AuNP	35
3.8 Transmission Electron Microscope (TEM)	35
3.9 Analit.....	35
BAB 4 HASIL DAN DISKUSI	38
4.1 Substrat Silikon Wafer Analit Paraquat.....	38
4.2 Substrat Silikon Wafer Analit CAP	39

4.3 Substrat LIG Analit CAP	39
4.4 Substrat Polimit Analit CAP	40
4.5 Substrat Kaca Fungsionalisasi Siline Analit MG	45
4.6 Substrat Silikon Rubber Fungsionalisasi APTES Analit MG.....	46
4.7 Substrat Silikon Wafer Analit MG	47
4.8 Stabilitas AuNP	50
4.9 EF Kaca Fungsionalisasi Siline Analit MG.....	50
4.10 EF Silikon Rubber Fungsionalisasi APTES Analit MG	52
4.11 EF Preparat Kaca Fungsionalisasi Siline Analit MG	53
4.12 EF Analit CAP.....	54
4.13 Size AuNP	54
BAB 5 PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Formulasi yang telah digunakan pada Experiment	20
Tabel 2 Jenis Substrat dan Metode Deposisi yang dilakukan	21
Tabel 3 Jenis Substrat dengan Deposisi Berbagai Jenis Analit.....	22
Tabel 4 Perbandingan Bahan Au dan Ag dalam Nanopartikel	27
Tabel 5 Jabaran rincian ukuran, bentuk dan Aplikasi AuNP	31
Tabel 6 Informasi Analit CAP	36
Tabel 7 Sifat fisiko-kimia MG	37
Tabel 8 Penetapan peak spektrum MG dan Ikatan Molekul.	43
Tabel 9 Penetapan puncak utama untuk metilen biru (MB).	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema Pengoperasian UV-Vis Spectra Suite.....	4
Gambar 2 Device Raman Portable (Ocean Maya Estianti).....	5
Gambar 3 Tampilan Aplikasi Ocean Spectra Suite.....	6
Gambar 4 Gambar Aplikasi Origin	6
Gambar 5 Struktur Organisasi BRIN pada tahun 2024.....	9
Gambar 6 Stuktural Organisasi Pusat Riset Fotonika BRIN	13
Gambar 7 Flowchart kegiatan MBKM	19
Gambar 8 Sebaran bentuk Nanopartikel berdasarkan nilai absorbansi UV-Vis...	25
Gambar 9 Representasi pemilihan emisi dari fluorofofor spesifik di dekatnya AuNP. AuNP secara skematis berwarna kuning dengan daerah peningkatan plasmonik berwarna hijau (A) Pada bagian A, arah polarisasi linier sinar laser adalah horizontal: partikel 1 tidak berada di wilayah peningkatan tetapi partikel 2 adalah Oleh karena itu, sebagian besar fluoresensi akan muncul dari partikel 2.(B) Jika polarisasi sinar laser vertikal, hanya fluoresensi dari partikel 1 yang akan ditingkatkan.....	31
Gambar 10 Skema Proses Raman Spectroscopy deteksi analit dan substrat	34
Gambar 11 Struktur kimia dan spektrum Raman MB.	35
Gambar 12 Spektrum SERS dengan Analit Paraquat dan Substrat Silikon Wafer	38
Gambar 13 Spektrum SERS dengan Analit CAP dan Substrat LIG	39
Gambar 14 Spektrum SERS dengan Analit CAP dan Substrat Polimit.....	40
Gambar 15 Perbandingan waktu Irradiasi UVC selama proses terbentuknya NS's	41
Gambar 16 Perbandingan Konsentrasi AgNO ₃ dalam Formulasi AuNP NS's.....	44
Gambar 17 A Spektrum SERS dari Analit MG, B plot kalibrasi hubungan antara intensitas puncak Raman Analit MG dan konsentrasi logaritma dari (A) MG.....	46
Gambar 18 A Spektrum SERS dari Analit MG, B plot kalibrasi hubungan antara intensitas puncak Raman Analit MG dan konsentrasi logaritma dari (A) MG.....	47
Gambar 19 Spektrum SERS dengan Analit MG dan Substrat Silikon Wafer	47
Gambar 20 Spektrum SERS dengan Analit MB dan Substrat Silikon Wafer	48

Gambar 21 Hasil Pengukuran Stabilitas berdasarkan Hasil Absorbansi UV-VIs Spectrometer	50
Gambar 22 Enhancement Factor (EF) pada Spektrum 1178,11 dan 1397,58.....	51
Gambar 23 Enhancement Factor (EF) pada Spectrum 1179,45 dan 711,6.....	52
Gambar 24 Enhancement Factor (EF) pada Spectrum 1179,45 dan 1381,02.....	53
Gambar 25 Enhancement Factor (EF) pada Spectrum 1356,3 dan 1017,14.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surface-enhanced Raman scattering (SERS) spectroscopy adalah sebuah teknik ultrasensitif yang bergantung pada hamburan raman spektroskopi dari analit yang telah dikembangkan pada struktur plasmonik (Becerril-Castro et al., 2022). Pada teknik tersebut bergantung pada persiapan substrat SERS, yaitu menjadi salah satu cara terpenting untuk mencapai peningkatan sinyal raman yang kuat (Fu et al., 2024; C. Li et al., 2021). Plasmonik adalah bidang IPTEK yang sedang dikembangkan dimana perambatan cahaya dapat di kontrol menggunakan panjang gelombang dan struktur subwavelength.

Aplikasi plasmonik yang berfokus pada hamburan raman spektroskopi salah satunya, yaitu aplikasi SERS. Komposisi plasmonik yang dikembangkan yaitu plasmonik koloid sebab memiliki sifat yang unik pada struktur nanopartikel (NP)(C. Li et al., 2021) yang dapat memperkuat medan elektromagnetik (EM) contohnya *localized surface plasmon resonances (LSPRs)*(Hang et al., 2024a). Selain komposisi NP koloid, panjang gelombang dan intensitas medan bergantung pada tiga faktor yaitu ukuran partikel, intercoupling plasmon antara partikel yang berdekatan, dan bentuk partikel. Untuk tiga faktor tersebut yang dapat dimodifikasi yaitu ukuran dan bentuk partikel. Namun, berdampak pada perubahan panjang gelombang dan intensitas partikel tersebut.

Penelitian tentang nanopartikel (NP) telah dimanfaatkan berbagai bidang diantaranya sains, medis, teknik bahkan industri. Menurut Hubbs et al., (2013), ukuran partikel disebut NP apabila berukuran 1 hingga 100 nm dalam skala nanometrik. NP dimanfaatkan sebagai biosensor karena memiliki karakteristik seperti biokompatibilitas yang baik, dapat dimodifikasikan sederhana dan EM yang konsisten. Salah satu aplikasi dari biosensor yaitu pembuatan sensor antibiotik. Antibiotik banyak digunakan berbagai tujuan, diantaranya pencegahan infeksi bakteri pada manusia dan hewan, meningkatkan efisiensi imunitas tubuh, dan perkembangan serta pertumbuhan pada ternak seperti ikan dalam industri perikanan (Cardoso et al., 2021)

Pada implementasi secara nyata sensor antibiotik yang dikembangkan saat ini yaitu pada sayap ayam (Riswana Barveen et al., 2022a). Implementasi dalam pembuatan NP pada aplikasi sensor antibiotik saat ini dengan metode photochemical sintesis (Jara et al., 2021). Metode photochemical yang digunakan yaitu memiliki kekurangan khususnya pada lingkungan yaitu dapat kontaminasi dan memiliki toksisitas yang tinggi (Ramanathan et al., 2021). Selain metode kimia, metode photodeposition sinar UV belum banyak diexplore. Metode photodeposition adalah elektro-kimia yang diinduksi oleh cahaya UV dengan persamaan umum untuk photodeposition reduktif ion $M^{n+} (aq) + ne^{-} \rightarrow M(s)$. Dalam pembuatan sintesis NP, karakteristik emas banyak digunakan sebab memiliki sifat optik dan fisik yang berbeda dari emas biasa atau emas yang berukuran mikroskopis (Sarfraz & Khan, 2021). Selain itu sifat yang dimiliki emas diantaranya mudah disintesis, biokompatibel, stabil dan memiliki toksisitas yang rendah (N. Li et al., 2014; Shanmugasundaram et al., 2017). Perbedaan antara bentuk, ukuran dan sifat permukaan pada nanopartikel emas (AuNP) banyak digunakan dalam menghasilkan atau memperoleh partikel kecil dengan cara mereduksi ion logam 5 Au^{3+} menjadi atom-atom Au (Fytory et al., 2024). Selain itu AuNP memiliki kemampuan dalam menyerap cahaya tampak yang digunakan dalam proses sintesis NP karena indikator kalorimeternya yang khas. Perubahan warna selama proses sintesis AuNP dimulai dengan warna ungu-biru berubah menjadi merah. Bentuk stuktur ukuran dan luas permukaannya bergantung pada proses sintesis AuNP diantaranya nanosphere, nanoshell, nanorod, nanocluster, nanocage, dan nanostar (Kumalasari et al., 2024).

Interaksi antara Nanostars (NS's) dan cahaya sangat menarik untuk diamati karena *intriguing* yang kuat yang terjadi pada stuktur partikel NS's. Luas dari permukaan partikel NS's (duri) akan mengakibatkan interaksi secara effeisen terhadap cahaya yaitu memusatkan EM di daerah kecil (hotspots) sebab eksitasi plasmon pada permukaan tersebut. Plasmonik NS's umumnya dibentuk dari rod, sphere, bahkan bentuk lainnya yang dimana mendukung duri terjadinya plasmonik. Dengan demikian NS's dapat meningkatkan intensitas EM saat duri muncul. Untuk membuat hotspots tunggal dengan faktor peningkatan dengan cara meningkatkan

kepadatan hotspot tersebut. Contohnya, kepadatan hotspot $6,25 \times 10^6 \text{ mm}^{-2}$ dan rata-rata faktor peningkatan yang diperoleh dapat mencapai hingga $8,51 \times 10^7$ telah direalisasikan oleh Wu et al., (2012). Pada umumnya struktur plasmonik NS's menggunakan substrat kaku, yang digunakan untuk deteksi sensitif. Pada substrat kaku dilakukan dengan metode drop-casting, spray-coating dan dip-coating untuk menempelkan larutan NP dan secara fisik ataupun kimiawi teradsorpsi pada substrat tersebut untuk deteksi.

Pada kegiatan MBKM ini dilakukan Pembuatan substrat SERS berbasis Nanopartikel Au Berbentuk nanostars. Dengan pembuatan substrat SERS dapat explore dari plasmonik NS's terhadap analit seperti Melacit Gree, Methilate Blue, dan Ciploplasin yang dapat menghasilkan peningkatan sinyal raman.

1.2 Tujuan Kegiatan MBKM

Tujuan utama MBKM adalah mahasiswa diharapkan mendapat pengalaman kerja yang relevan, sehingga mahasiswa memiliki pengetahuan, sikap dan keterampilan pada masalah-masalah analisis Fisika yang memerlukan pemecahan. Tujuan dari MBKM, meliputi:

1. Menentukan formulasi yang tepat dalam pembuatan nanopartikel Au berbentuk nanostars
2. Mengexplore pembuatan substrat sers berbasis nanopartikel Au berbentuk nanostars

1.3 Sasaran Kegiatan MBKM

Mahasiswa memiliki kompetensi di bidang sintesis kimia, penggunaan alat optik seperti UV-Vis, Raman Spektroskopi dan Analisis data riset menggunakan origin.

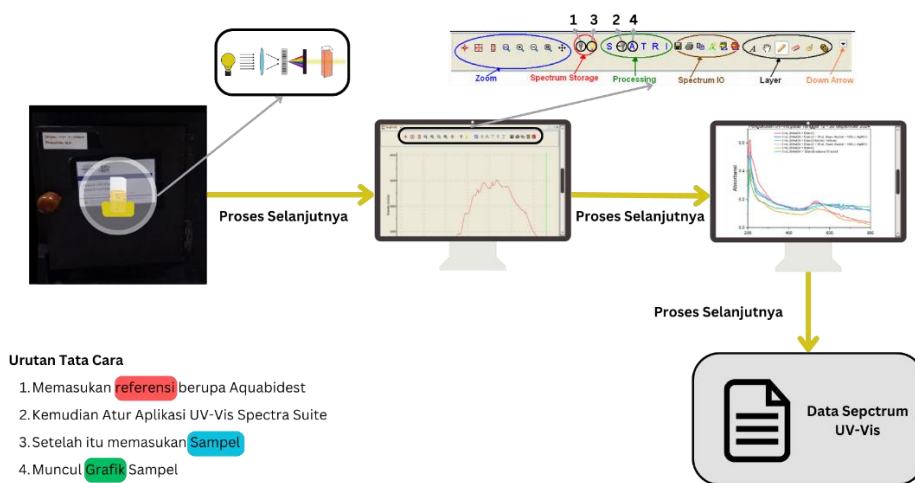
1.4 Uraian Umum Kegiatan MBKM

Kegiatan MBKM dimulai pada tanggal 3 September 2024 yaitu mengenal alat dan bahan yang dipakai saat melakukan experiment di Lab Karakterisasi Fisika Maju. Kegiatan MBKM yang dilakukan, sesuai pada Gambar 5.

1.5 Pembelajaran Hal Baru yang Diperoleh

1. Pengoperasian UV-Vis

Pengoperasian UV-Vis menggunakan aplikasi Spectra Suite. Sebelum melakukan pengukuran sampel menggunakan aplikasi Spectra Suite terlebih dahulu memasukan referensi yaitu Aquabides. Untuk skema pengujian dapat ditunjukkan pada Gambar

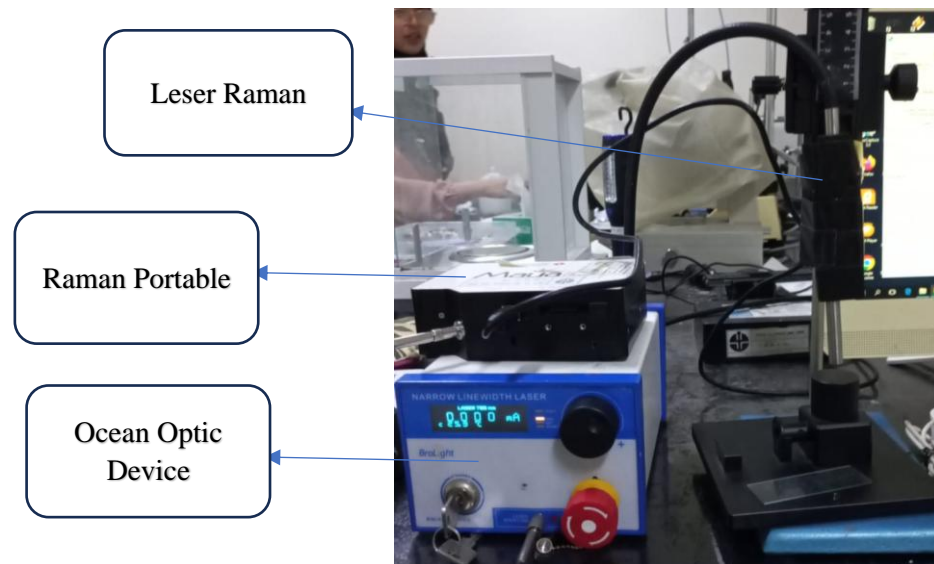


Gambar 1 Skema Pengoperasian UV-Vis Spectra Suite

Pada Gambar 1, menunjukkan langkah pengoperasian UV-Vis menggunakan Aplikasi Spectra Suite. Langkah pertama yang menutup sumber sinyal UV-Vis (sinar halogen) dengan benda warna gelap; kemudian menekan lampu hitam (lihat poin 1 pada Gambar 1) setelah itu tekan lampu hitam – (lihat poin 2 pada Gambar 13). Lampu hitam – bertujuan untuk menjadikan sinyal ke bentuk baseline. Setelah itu memasukan referensi sampel (Aquabides). Langkah selanjutnya tekan lampu kuning (lihat pada poin 3 pada Gambar 1) dan yang terakhir tekan huruf A (Arsobansi) (lihat pada poin 4 pada Gambar 1) dan masukan sampel yang diuji. Pada sampel yang diuji akan menampilkan spektrum UV yang diawali dengan peak di angka 200 (peak kuvet *Quartz*) dan peak lainnya merupakan hasil dari arsobansi sampel.

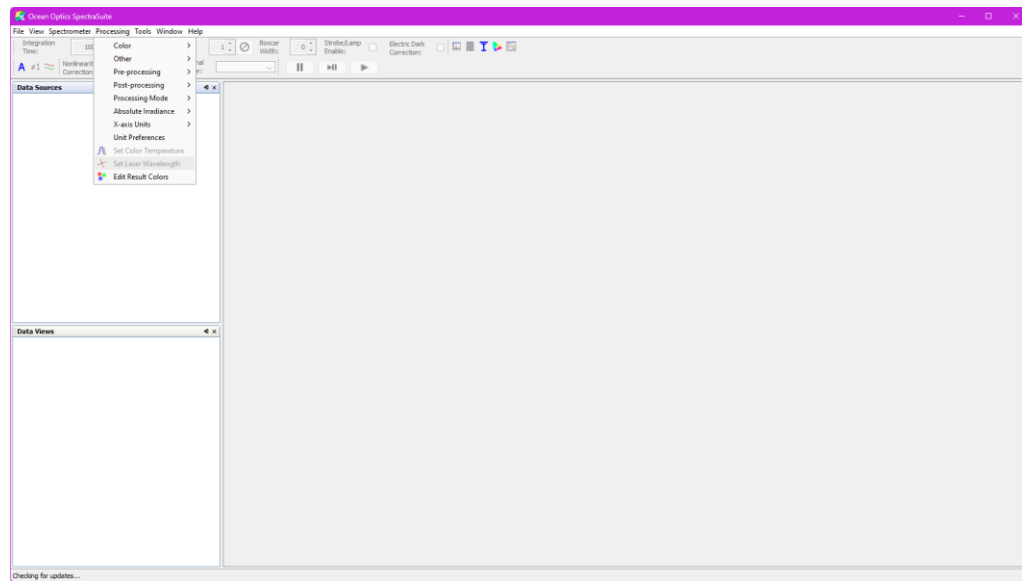
2. Pengoperasian Raman Spektrokopy

Pengoperasian raman spektrokopy diawali dengan menghidupkan Ocean Optic Raman Device seperti ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 Device Raman Portable (Ocean Maya Estianti)

Pada Gambar 2, menunjukkan langkah pengoperasian Raman Portable menggunakan Aplikasi Spectra Suite dan Device Ocean Maya Estianti. Langkah pertama menghubungkan kabel device raman dengan komputer, dan Leser. Setelah itu hidupkan Ocean Optic Device dan knock kunci. Kemudian atur arus sinyal arus raman (mA). Pada kasus pengukuran sinyal raman, experiment digunakan sinyal arus raman 1000 mA. Setelah mengatur Device Raman langkah selanjutnya membuka Aplikasi Spectra Suite pada Gambar 3. Pada Gambar 3 menunjukkan tampilan aplikasi Spectra Suite yang terdiri dari *Toolbar Menu* (TM). Pada TM ada menu Processing, klik menu tersebut dan menampilkan drop menu. Pada drop menu ada 2 menu penting yaitu Set Leser Wavelength dan X-axis Units. Langkah pertama atur wavelength sesuai wavelength Leser terdeteksi dengan memperhatikan peak yang muncul pada grafik aplikasi. Setelah itu mengubah X-axis Units ke Raman Shift. Setelah mengatur aplikasi akan menunjukkan sinyal raman sesuai sampel. Langkah terakhir yaitu menyimpan sinyal tersebut dalam bentuk file .txt

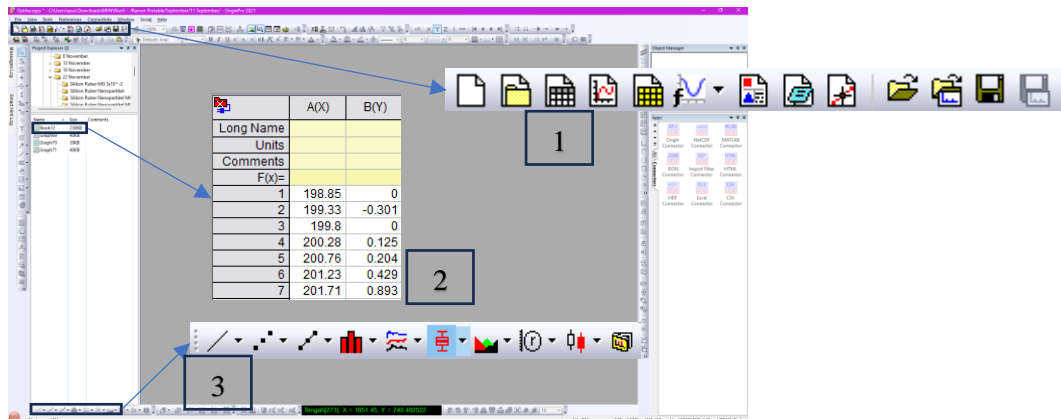


Gambar 3 Tampilan Aplikasi Ocean Spectra Suite

3. Analisis Data menggunakan Aplikasi Origin

Analisis Data UV-Vis

Analisis data UV-Vis dilakukan dengan cara menyalin isi dari file .txt hasil pengukuran sample UV-Vis. Setelah itu membuka Aplikasi Origin seperti pada Gambar 4



Gambar 4 Gambar Aplikasi Origin

Pada gambar 4 menunjukan langkah pengoperasian origin sebagai analisis data. Jabaran langkah ini terdiri langkah pertama yaitu menetapkan menu workbook (lihat poin 1 pada Gambar 4) selanjutnya “tempel” data UV-Vis yang telah disalin. Data yang telah ditempel ditunjukkan (lihat poin 2 pada

Gambar 4) dan select semua data yang di dalam workbook dan tekan menu “/” (lihat pada poin 3 pada Gambar 4) maka akan memunculkan grafik UV-Vis.

Analisis Data Raman

Analisis data Raman dilakukan dengan cara menyalin isi dari file .txt hasil pengukuran sample UV-Vis. Setelah itu membuka Aplikasi Excel untuk menghapus sinyal yang bernilai negatif (-) dan mengganti data Raman “[,]” menjadi “[.]”. Data raman yang dihasilkan bernilai , (koma) sedangkan aplikasi Origin dibuat dengan tanda . (titik) sehingga apabila tidak sesuai maka tidak bisa diolah. Selanjutnya salin dan “tempel” serta langkah terakhir yaitu plot data dengan menekan tanda “ / ” pada workbook seperti ditunjukkan Gambar 16. Dan Data raman diberi annote di peak yang dominan sebagai catatan untuk memudahkan pengolahan.

BAB II

PROFIL MITRA KEGIATAN MBKM

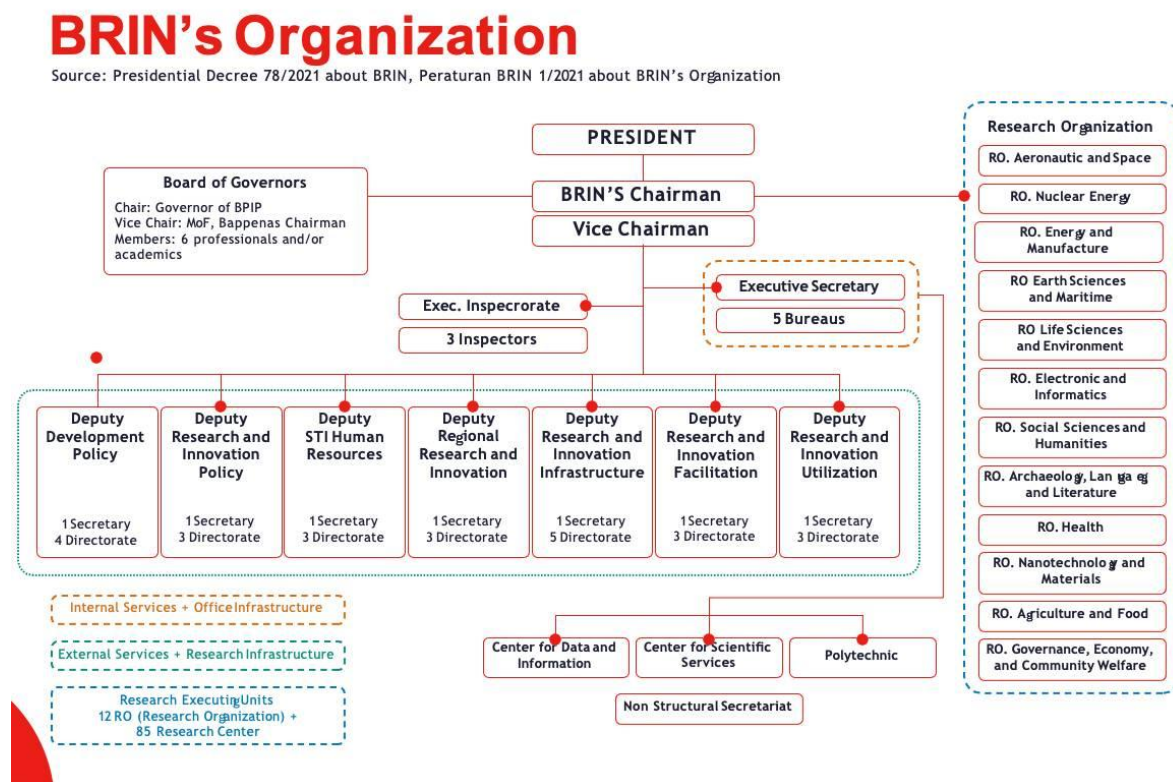
2.1 Sejarah Badan Riset dan Inovasi Nasional

Indonesia sebagai salah satu negara maju memiliki banyak institusi riset dan inovasi yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia baik yang merupakan institusi pemerintah maupun swasta. Institusi riset milik pemerintah tersebar di beberapa badan penelitian dan pengembangan (balitbang) kementerian, badan penelitian dan pengembangan daerah (balitbangda) pemerintah daerah maupun lembaga pemerintah non kementerian (LPNK) seperti Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN), Badan Tenaga Nuklir Nasional, dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Dari berbagai macam institusi riset dan inovasi tersebut, maka pada tahun 2019 diterbitkan panduan untuk memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi Indonesia dan Teknologi di Indonesia yaitu Undang-Undang No. 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Pengetahuan dan Teknologi (UU SISNAS IPTEK). UU ini lintas sektoral, dimulai dari Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti), Kementerian Keuangan (Kemenkeu), Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri), Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (Kemenpan dan RB), hingga Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). Untuk mewujudkan UU tersebut, Presiden Joko Widodo (Jokowi) pada tahun 2019 membentuk **Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)** yang melekat kepada Kemenristek dan merupakan kepala BRIN.

Setelah 2 tahun melekat kepada Kemenristek, pada tanggal 28 April 2021 BRIN terpisah dari Kemenristek dan berdiri sendiri serta bertanggung jawab secara langsung kepada presiden. Pada tanggal 5 Mei 2021, Presiden Jokowi menandatangani Peraturan Presiden Nomor 33 Tahun 2021 untuk menetapkan BRIN sebagai badan penelitian nasional. Peraturan tersebut menjadi keputusan bahwa semua badan penelitian nasional seperti LIPI, BATAN, BPPT, dan LAPAN bergabung menjadi BRIN

Sesuai dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 78 Tahun 2021 tentang BRIN. Merujuk peraturan tersebut, BRIN adalah lembaga pemerintah yang beranda dibawah dan bertanggung jawab langsung kepada presiden dalam menyelenggarakan penelitian, pengembangan, pengkajian,, dan penerapan serta investasi dan inovasi, penyelenggaraan keantariksaan yang terintegrasi. Dalam peraturan presiden tersebut BRIN terdiri dari Organisasi Riset (OR) yang merupakan organisasi nonstruktural yang menyelenggarakan teknis penelitian, pengembangan, pengkajian dan penerapan serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran dan keantariksaan. Selain OR juga terdapat Badan Riset dan Inovasi Daerah (BRIDA) yang menyelenggarakan penelitian, pengembangan, pengkajian dan penerapan serta invensi dan inovasi yang terintegrasi di daerah.

2.2 Struktur Organisasi Badan Riset dan Inovasi Nasional



Gambar 5 Struktur Organisasi BRIN pada tahun 2024

Adapun berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan, bahwa:

1. Kepala

- a. Memimpin dan bertanggung jawab atas pelaksanaan tugas dan fungsi BRIN
- b. Dalam melaksanakan tugas dan fungsi BRIN, kepala memperhatikan arahan dari dewan pengawas
- c. Kepala merupakan pengguna anggaran / pengguna barang

2. Wakil Kepala

- a. Mewakili kepala apabila kepala berhalangan
- b. Membantu kepala dalam perumusan kebijakan dan atau pelaksanaan kebijakan BRIN
- c. Membantu kepala dalam mengkoordinasikan pencapaian kebijakan strategis lintas unit organisasi jabatan pimpinan tinggi madya dan Organisasi Riset (OR) di lingkungan BRIN
- d. Melaksanakan tugas lain yang diberikan oleh kepala

3. Sekretariat Utama

- a. Pengintegrasian sistem penyusunan perencanaan, program, kelembagaan, dan sumber daya penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran dan penyelenggaraan keantariksaan.
- b. Pembinaan dan pemberian dukungan administrasi, ketatausahaan, sumber daya manusia, keuangan kerumahtangaan, arsip dan dokumentasi BRIN;
- c. Pengelolaan hubungan masyarakat, keprotokolan, dan pengamanan
- d. Pelaksanaan kerja sama dalam rangka optimalisasi tugas dan fungsi BRIN
- e. Pembinaan dan penataan organisasi dan tata laksana
- f. Pelaksanaan reformasi birokrasi di lingkungan BRIN
- g. Pelaksanaan dan pengoordinasian penyusunan produk hukum dan advokasi hukum

- h. Penyelenggaraan pengelolaan barang milik / kekayaan negara dan pengelolaan pengadaan barang/jasa
 - i. Manajemen aparatur sipil negara BRIN
 - j. Pelaksanaan fungsi lain yang diberikan oleh kepala
4. Deputi Bidang Kebijakan Pembangunan mempunyai tugas menyelenggarakan pelaksanaan penelitian, pengembangan, pengkajian dan penerapan serta invensi dan inovasi dalam rangka penyusunan rekomendasi kebijakan arah dan prinsip rancangan perencanaan pembangunan nasional dan penyelenggaraan ketenaganukliran dan keantariksaan sebagai landasan dalam pembangunan nasional di segala bidang kehidupan dengan berpedoman pada nilai Pancasila.
 5. Deputi Bidang Kebijakan Riset dan Inovasi mempunyai tugas menyelenggarakan perumusan dan penetapan kebijakan di bidang riset dan inovasi meliputi rencana induk pemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dan peta jalan penelitian, pengembangan, pengkajian dan penerapan serta invensi dan inovasi penyelenggaraan ketenaganukliran dan penyelenggaraan keantariksaan dengan berpedoman pada nilai Pancasila
 6. Deputi Bidang Sumber Daya Manusia Ilmu Pengetahuan dan Teknologi mempunyai tugas menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang pembinaan, pengembangan kompetensi, pengembangan profesi, manajemen talenta, serta pengawasan dan pengendalian sumber daya manusia ilmu pengetahuan teknologi.
 7. Deputi Bidang Infrastruktur Riset mempunyai tugas menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang infrastruktur riset dan inovasi
 8. Deputi Bidang Fasilitas Riset dan Inovasi mempunyai tugas menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang fasilitas riset dan inovasi.
 9. Deputi Bidang Pemanfaatan Riset dan Inovasi mempunyai tugas menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang

pemanfaatan riset dan inovasi

10. Deputi Bidang Riset dan Inovasi Daerah mempunyai tugas menyelenggarakan koordinasi, sinkronisasi, dan pengendalian penelitian, pengembangan, pengkajian dan penerapan serta invensi dan inovasi yang dilaksanakan BRIDA
11. Inspektorat Utama mempunyai tugas menyelenggarakan pengawasan intern di Lingkungan BRIN.
12. Pusat Pelayanan Teknologi mempunyai tugas melaksanakan manajemen pemasaran, manajemen proyek, manajemen kontrak dan lisensi, dan manajemen keuangan kontrak hasa teknologi.
13. Pusat Data dan Informasi mempunyai tugas melaksanakan penyiapan penyusunan kebijakan teknis, pelaksanaan, pemanfaatan, evaluasi dan pelaporan di bidang data dan

2.3 Visi dan Misi Tujuan dan Sasaran Strategis Badan Riset dan Inovasi Nasional

Visi BRIN

Dalam rangka melaksanakan agenda pembangunan RPJMN 2020-2024 dan menjalankan anamah sesuai tugas dan fungsinya, pada tahun 2020-2024 BRIN menetapkan visi sebagai berikut:

“Badan Riset dan Inovasi Nasional yang andal, professional, inovatif dan berintegritas dalam pelayanan kepada Presiden dan Wakil Presiden untuk mewujudkan Visi dan Misi Preseden dan Wakil Presiden: Indonesia Maju yang Berdaulat, Mandiri, dan Berkepribadian berlandaskan Gotong Royong”

Untuk mewujudkan Visi, BRIN menetapkan Misi

Misi BRIN

- a) Peningkatan Kualitas Manusia Indonesia,
- b) Peningkatan Struktur Eknomi yang Produktif, Mandiri, dan Bedaya Saing,
- c) Pembangunan yang Merata dan Berkeadilan,
- d) Mencapai Lingkungan Hidup yang Berkelanjutan,
- e) Kemampuan Budaya yang Mencerminkan Kepribadian Bangsa, dan

f) Pengelolaan Pemerintah yang Bersih, Efektif, dan Terpercaya, dengan uraian sebagai berikut:

1. Peningkatan Kapabilitas IPTEK, Budaya Riset, dan Penciptaan Inovasi melalui peningkatan Kualitas SDM IPTEK, Penguatan Transformasi Ekonomi, dan Pembangunan Berkelanjutan berlandaskan Budaya IPTEK untuk Peningkatan Daya Saing
2. Peningkatan Pengololahaan Pemerintah yang Bersih, Efektif, dan Terpercaya.

Misi ini mencakup upaya menjawab permasalahan pembangunan IPTEK dan pada tahun 2020-2024 dalam aspek kebijakan riset dan inovasi, kerjasama pembangunan dan kemitraan, peningkatan penelitian, pengembangan, pengkajian dan penerapan IPTEK pada beberapa fokus prioritas riset dan inovasi nasional, serta peningkatan tata kelola pemerintah yang baik dalam rang reformasi birokrasi.

Sasaran Strategis BRIN

Tujuan strategis dijabarkan dalam dua sasaran sesuai dengan permasalahan-permasalahan yang harus diselesaikan pada periode 2020-2024. Dengan demikian, sasaran strategis BRIN pada periode 2020-2024 diantaranya:

1. Meningkatkan produktivitas Inovasi dan Inovasi untuk Memperkuat Transformasi Ekonomi yang Berdayasaing dan Berkelanjutan.
2. Meningkatnya Tata Kelola Pemerintah yang Baik Dalam Rangka Reformasi Birokrasi.

2.4 Profil Satuan Kerja Tempat Pelaksanaan MBKM



Gambar 6 Stuktural Organisasi Pusat Riset Fotonika BRIN

Pusat Riset Fotonika adalah salah satu dari tujuh Pusat Riset di bawah Organisasi Riset Nanoteknologi dan Material. Pusat Riset Fotonika melaksanakan tugas teknis penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi di bidang fotonik. Pusat Riset Fotonika memiliki homebase di Kawasan Sains dan Teknologi BJ Habibie, Serpong, Tangerang Selatan, Banten. Riset yang dilakukan oleh periset di Pusat Riset Fotonika bersifat lintas disiplin dan lintas pusat riset / organisasi riset bahkan kolaborasi riset dengan pihak universitas dalam dan luar negeri serta industri ataupun UMKM dalam negeri. Pusat Riset Fotonika membuka peluang kerjasama riset seluas-luasnya kepada seluruh periset dan masyarakat Indonesia. Kami berharap bahwa Pusat Riset Fotonika dalam berkontribusi nyata dalam pembangunan nasional dengan cara meningkatkan kemandirian bangsa melalui riset dan inovasi. Berdasarkan PerBRIN Nomor 14 Tahun 2022, susunan organisasi pusat riset terdiri atas kelompok kegiatan. Kemudian Kepala Pusat Riset Fotonika telah menetapkan susunan internal di Pusat Riset Fotonika dapat dilihat pada Gambar 6 yang terdiri dari:

1. Kepala Pusat Riset
2. Sekretaris
3. Kelompok Riset (dipimpin oleh Kepala Kelompok Riset)
4. Periset

Dalam menjalankan tugas-tugas khusus maka dibentuk tim yang bersifat sementara dengan tugas dan waktu tertentu seperti:

1. Tim Pebgusulan Infrastruktur
2. Tim Pelaksana Seminar Berkala
3. Tim Fotonik Percepatan Publikasi Global Bereputasi
4. Tim Website

Tugas dan Fungsi Pusat Riset Fotonika

Berdasarkan Peraturan Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia No. 14 Tahun 2022, Pusat Riset Fotonika memiliki tugas melaksanakan tugas teknis penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi di bidang fotonik.

Dalam melaksanakan tugasnya, Pusat Riset Fotonika menyelenggarakan fungsi:

1. Melaksanakan tugas teknis penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi di bidang fotonik;
2. Penyiapan bahan rekomendasi ilmiah atau tanggapan ilmiah di bidang fotonik;
3. Pemberian bimbingan teknis dan supervisi di bidang fotonik;
4. Pelaksanaan kerja sama di bidang fotonik; dan
5. Pemantauan, evaluasi, dan pelaporan di bidang fotonik.

Visi Pusat Riset Fotonika

Pusat Riset Fotonika adalah menjadi pusat riset bertaraf internasional dan rujukan nasional dalam bidang laser, fotonika dan optoelektronika yang mampu menjawab permasalahan di masyarakat dan dunia industri melalui pengembangan riset dan inovasi.

Misi Pusat Riset Fotonika

- Melakukan kegiatan riset dan inovasi untuk menghasilkan publikasi internasional, paten dan purwarupa yang termanfaatkan sehingga tercipta teknologi kunci.
- Mengembangkan atmosfir dan budaya riset dan inovasi bagi kemajuan sains dan teknologi di tingkat nasional dan dunia.
- Meningkatkan kuantitas dan kualitas SDM periset.
- Meningkatkan kerjasama dengan lembaga riset dan universitas dalam/luar negeri, kementerian/lembaga pemerintah dan industri nasional.
- Meningkatkan perolehan dana riset dari sumber eksternal.

2.5 Profil Kelompok Penelitian/Fungsi Kerja Tempat Pelaksanaan MBKM

Laser Proses dan Spektroskopi

kegiatan riset dan inovasi dengan topik riset prioritas adalah sebagai berikut:

1. Laser assisted nanomaterial fabrication
2. Laser spectroscopy
3. Non-linear optics

Kerjasama riset yang berjalan saat ini meliputi pembimbingan mahasiswa S1/S2/S3 dari berbagai universitas (ITB, IPB, UI, Undip, UGM, Unibraw, UIN Jakarta, UIN Malang, Univ Hasanuddin dll); publikasi bersama dengan lembaga

riset (Maju Makmur research center, Emerich) dan dukungan bahan baku nasional untuk industri LFIA untuk perusahaan swasta nasional (PT Konimex).

Anggota Kelompok Riset



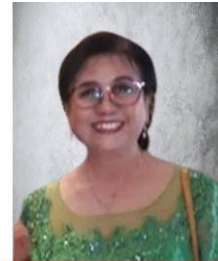
Dr. Yuliati Herbani

Peneliti Ahli Madya
(Koordinator)
Laser processing for
nanotechnology



Prof. Dr. Isnaeni, M.Sc.

Peneliti Ahli Utama
Spektroskopi nonlinear
optik



**Dr. Maria M. Suliyanti,
M.T.**

Peneliti Ahli Utama
Spektroskopi laser, Surface
modification



**Dr. Eng. Iyon T. S., S.Si.,
M.T.**

Peneliti Ahli Muda
Laser
micromaching/engraving



**Dr. Nurfina Yudasari,
M.Sc.**

Peneliti Ahli Madya
Pengembangan
nanomaterial
berbasis teknologi laser



**Dr. Kirana Y. Putri, S.T.,
M.Sc.**

Peneliti Ahli Madya
Aplikasi laser dalam
nanoteknologi



Muhandis Shiddiq, Ph.D.

Peneliti Ahli Madya
Fotonik



**Rahmat S. Mohar, S.T.,
M.Si.**

Perekayasa Ahli Muda
Fotonik



**Dr. Affi Nur H., S.Si.,
M.Si.**

Peneliti Ahli Madya
Fotonik



**Nursidik
M.Eng.**

Peneliti Ahli Madya
Laser nano/micro
patterning Coating laser
pulsed



Yulianto,

Iwan Darmadi, Ph.D.

Peneliti Ahli Madya
Material nanoplasmonik
untuk sensor, spektroskopi,
dan katalisis



**Dr. Suhandoko Dwi Isro,
S.Si., M.Si.**

Peneliti Ahli Muda
Plasmonics, mie resonance,
metasurface



**Asmida Herawati M.Sc.,
Ph.D.**

Peneliti Ahli Muda
Spectroscopic
Ellipsometry, Electric
Modulus Spectroscopy



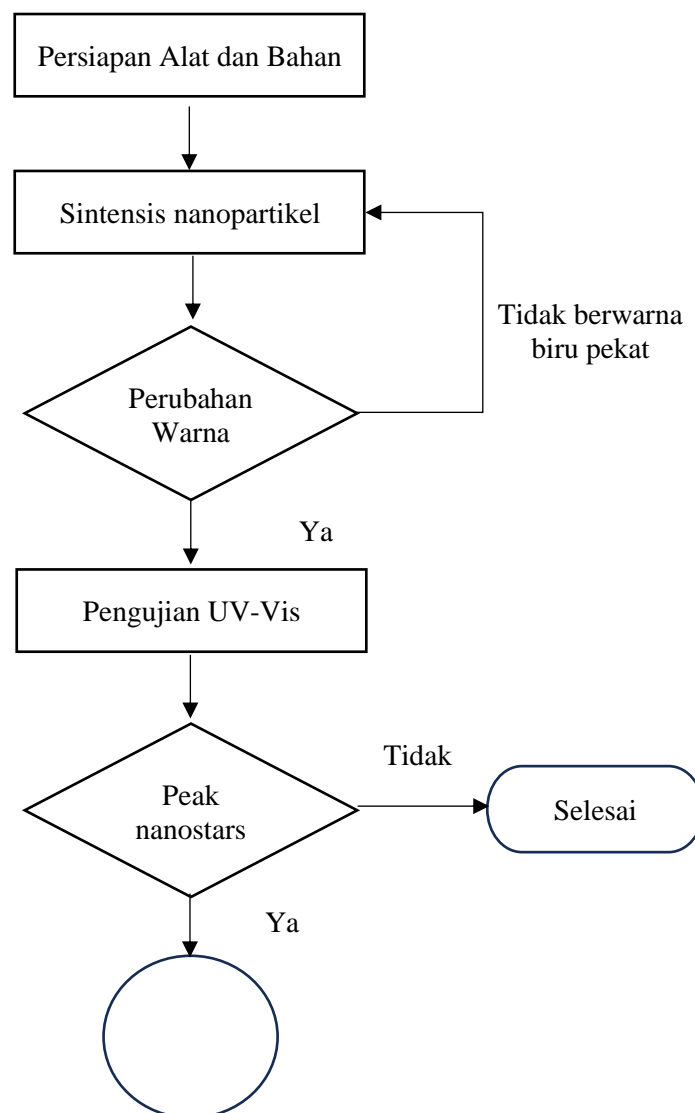
Davin Philo, Ph.D.

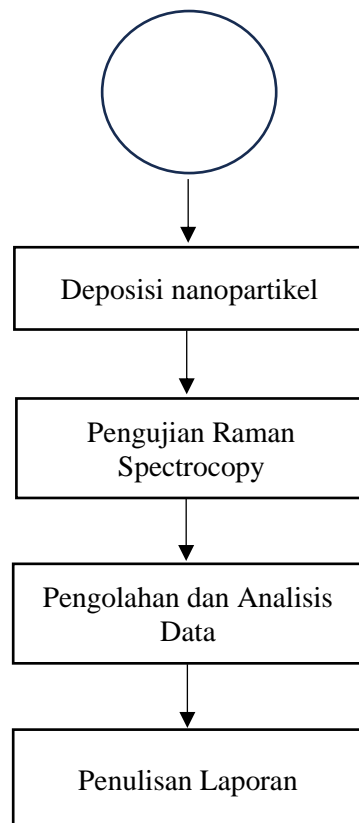
Peneliti Ahli Muda
Nanomaterial,
Fotokatalisis

BAB III

METODE DAN TINJAUAN PUSTAKA

Kegiatan MBKM dimulai pada tanggal 3 September 2024 yaitu mengenal alat dan bahan yang dipakai saat melakukan experiment di Lab Karakterisasi Fisika Maju. Kegiatan MBKM yang dilakukan, sesuai pada Gambar 7.





Gambar 7 Flowchart kegiatan MBKM

Bahan yang digunakan pada experiment pembuatan nanopartikel Au berbentuk nanostars yaitu berbagai formulasi. Formulasi yang telah digunakan pada saat experiment ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1, setiap formulasi menghasilkan rentang panjang gelombang yang bervariasi yaitu 400-700 nm. Pengukuran absorbansi setiap formulasi yang dilakukan menggunakan UV-Vis Spectrofotometer berjenis V-570 dengan rentang panjang gelombang 200-1000 nm. Pengukuran ini bertujuan untuk melihat karakteristik nanopartikel yang terbentuk dengan nilai absorbansi dan pergeseran panjang gelombang (wavelength) yang terabsorb. Sample yang dibuat kemudian diukur menggunakan kuvet kaca berjenis quartz yang telah dibersihkan menggunakan aseton/aquabides untuk menjaga tetap bersih dari kontaminasi.

Dengan melihat nilai absorbansi pada UV-Vis Spectrofotometer, formulasi yang digunakan hingga experiment berakhir yaitu

9 mL Aquabides + 10 uL HCl (1 M) + 100 uL Asam Asokorbat (0.01 M) + 1 mL HAuCl_4 (0.0026 M) + 100 uL AgNO_3 (0.01 M) + 10 mg Tri Sodium Citrate (TSC) + diaduk hingga berwarna biru cerah / merata + di iradiasi UV selama 60 menit

Tabel 1 Formulasi yang telah digunakan pada Experiment

No	Aquabidest (mL)	HAuCl ₄ (mL)	Etanol (mL)	Asam Asokorbat (uL)	HCl (uL)	AgNO ₃ (uL)	TSC (g)	Waktu Iradiasi UV
1.	-	3 (0.0001 M)	3	-	-	-	-	30 menit
2.	-	3 (0.0001 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	60 menit
3.	-	3 (0.0001 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	120 menit
4.	-	3 (0.00075 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	60 menit
5.	-	3 (0.00125 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	60 menit
6.	-	3 (0.0026 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	60 menit
7.	-	3 (0.0001 M)	3	-	-	-	-	30 menit (UV-B)
8.	-	3 (0.0001 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	60 menit (UV-B)
9.	-	3 (0.0001 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	120 menit (UV-B)
10.	-	3 (0.00075 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	60 menit (UV-B)
11.	-	3 (0.00075 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (0.01 M)	-	120 menit (UV-B)
12.	-	3 (0.00175 M)	3	50 (1 M)	-	100 (0.01 M)	-	30 menit
13.	-	3 (0.0026 M)	3	50 (0.001 M)	-	100 (0.01 M)	-	60 menit
14.	-	3 (0.0026 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (1 M)	-	60 menit
15.	-	3 (0.0026 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (1.25 M)	-	60 menit
16.	-	3 (0.0026 M)	3	50 (0.01 M)	-	100 (1.75 M)	-	60 menit
17.	-	3 (0.0026 M)	3	50 (0.001 M)	-	100 (0.001 M)	-	60 menit
18.	-	5 (0.1 M)	-	100 (0.01 M)	10 ³ (1 M)	100 (0.01 M)	-	- (metode kimia)
19.	9	1 (0.0026 M)	-	100 (0.001 M)	10 (1 M)	100 (0.001 M)	0.001	30 menit
20.	9	1 (0.0026 M)	-	100 (0.01 M)	10 (1 M)	100 (0.01 M)	0.001	30 menit
21.	9	1 (0.0026 M)	-	100 (0.01 M)	10 (1 M)	100 (0.03 M)	0.001	30 menit
22.	9	1 (0.0026 M)	-	100 (0.01 M)	10 (1 M)	100 (0.001 M)	0.001	30 menit
23.	9	1 (0.0026 M)	-	100 (0.01 M)	10 (1 M)	100 (0.01 M)	0.001	60 menit
24.	9	1 (0.0026 M)	-	100 (0.01 M)	10 (1 M)	100 (0.03 M)	0.001	60 menit
25.	9	1 (0.0026 M)	-	100 (0.01 M)	10 (1 M)	100 (0.001 M)	0.001	60 menit

Keterangan tanda (-) tidak ada bahan yang disintesis dan konsentrasi senyawa dalam satuan Molaritas (M)

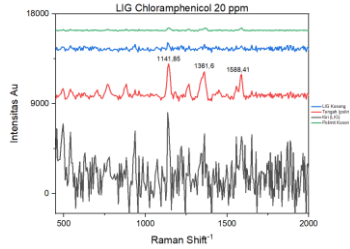
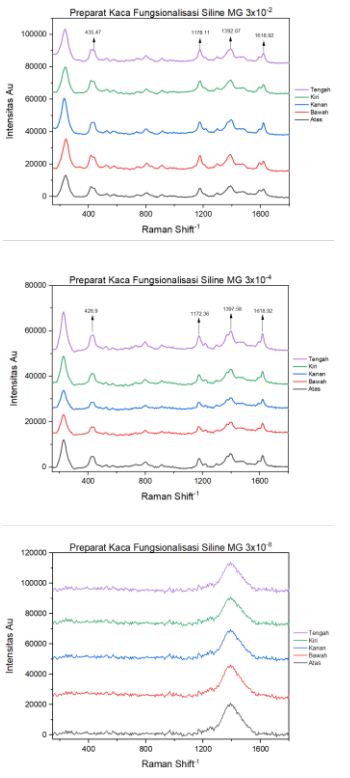
Formulasi tersebut menunjukkan nilai absorbansi yang stabil pada nilai puncak (*peak*) pada rentang panjang gelombang 600 nm. Pada nilai absorbansi panjang 600, 700, 800 mempunyai karakteristik nanopartikel berbentuk bintang (nanostars) (De Puig et al., 2015). Setelah mengukur absorbansi larutan nanopartikel, selanjutnya melakukan deposisi larutan tersebut ke substrat. Substrat SERS yang telah dilakukan deposisi larutan nanopartikel, seperti ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2 Jenis Substrat dan Metode Deposisi yang dilakukan

Jenis Substrat	Metode Deposisi Nanopartikel	Jumlah larutan yang di deposisi	Dokumentasi Sampel
Substrat kaku Silikon Wafer	Drop-Casting	1 mL; 0.1 mL dan 0.5 mL	
Substrat kaku Leser Induksi Graphene (LIG)	Drop-Casting	1 mL dan 0.1 mL	
Substrat Kaku Polimit	Drop-Casting	1 mL dan 0.1 mL	
Substrat kaku Silikon Wafer	Spray-Coating	5 mL dan 1 mL	
Substrat kaku Kaca yang difungsionalisasi Siline	Dip-Coating	Substrat direndam dengan seluruh larutan	
Substrat Flexibel Silikon Rubber yang difungsionalisasi APTES	Dip-Coating	Substrat direndam dengan seluruh larutan	

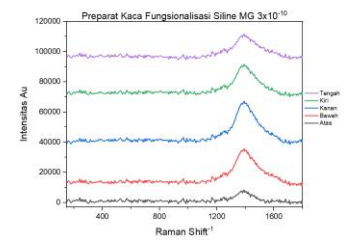
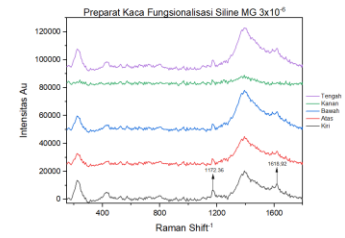
Pada tabel 2, metode yang paling banyak nanopartikel menempel pada substrat SERS yaitu metode Dip-Coating. Pada substrat SERS yang telah dididposisi larutan nanopartikel, kemudian dilakukan deposisi analit untuk mengamati apakah ada faktor penguatan (*enhancement factor* (EF)) sinyal raman. Analit yang telah dideposisi, ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3 Jenis Substrat dengan Deposisi Berbagai Jenis Analit

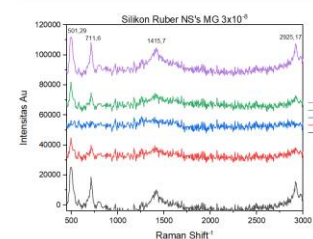
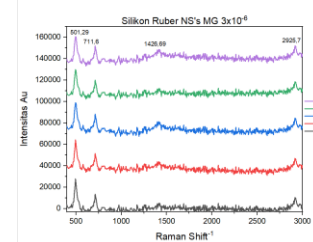
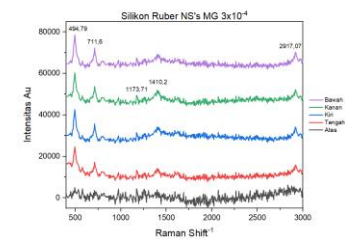
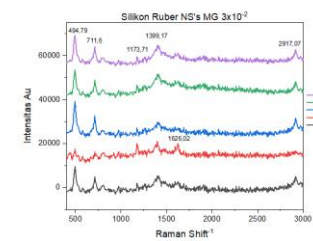
Jenis Analit	Jenis Substrat	Jumlah Deposisi	Analisis Pengukuran Analit NS's
Chloramphenicol (CAP)	Substrat kaku LIG dan Polimit	2 uL	
Malachite Green (MG), konsentrasi 1. 10^{-2} M 2. 10^{-4} M 3. 10^{-6} M 4. 10^{-7} M 5. 10^{-8} M 6. 10^{-10} M	Substrat kaku Preparat Kaca yang difungsionalisasi Siline	2 uL; 5 uL	<p>Kaca Fungsionalisasi Siline</p> 

Cont.

Substrat flexibel
Silikon Rubber
yang
difungsionalisasi
APTES

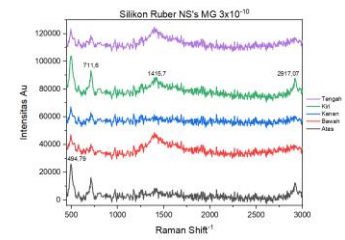


Silikon Rubber Fungsionalisasi APTES

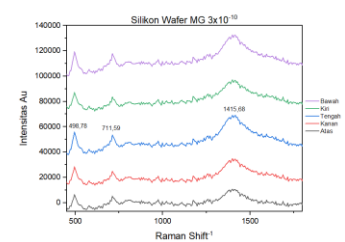
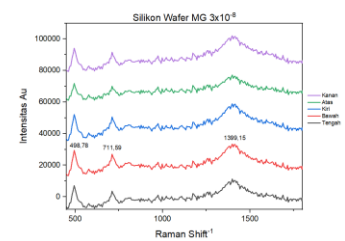
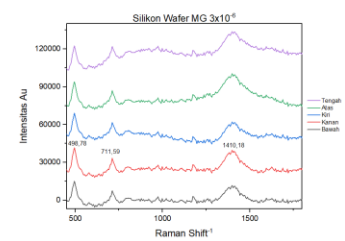
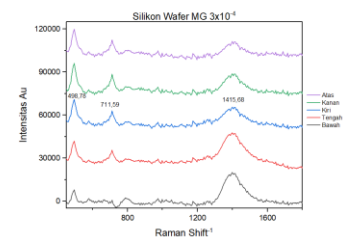


Cont.

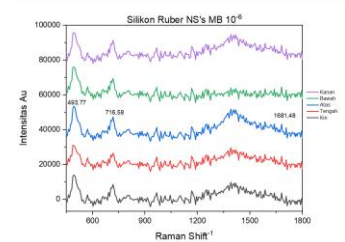
Silikon Wafer



Silikon Wafer



Methylene Blue Substrat flexibel 2 uL
(MB) Silikon Rubber
yang
difungsionalisasi
APTES



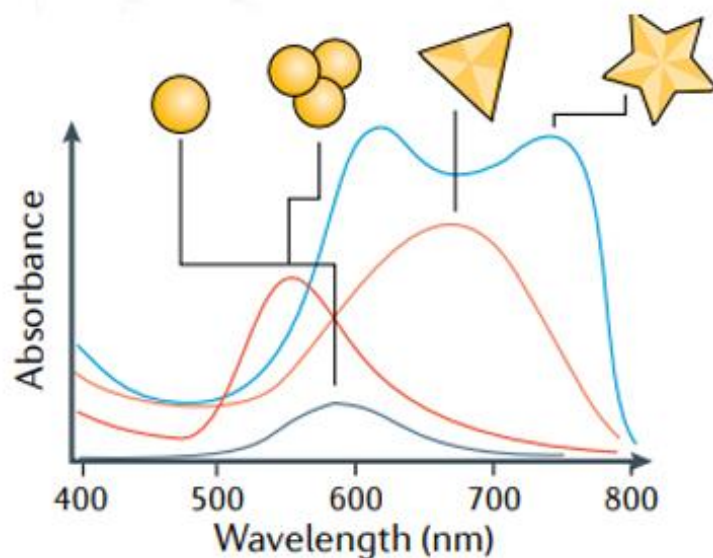
Setelah melakukan deposisi analit ke substrat SERS selanjutnya diukur menggunakan raman spectroscopy untuk melihat mengamati mode vibrasional, rotasional, dan mode frekuensi-rendah pada nanopartikel yang ter-deposisi pada substrat sers aktif. Pada pengukuran raman spectroscopy menggunakan optical berjenis maya spectroscopy dengan panjang gelombang lesar 783 nm. Selanjutnya sample diamati pada peak raman tertentu. Setiap analit yang terdeposisi pada sample mempunyai penggeseran raman (raman shift) berbeda seperti CAP (1124, 1214, 1258, 1366, 1610, 1690) (Riswana Barveen et al., 2022b); MG (400, 600, 900, 1100, 1300, 1600) (De Puig et al., 2015); dan MB (900, 1200, 1400, 1600) (Zamora-Navarro et al., 2022). Sinyal raman yang diamati kemudian diolah menggunakan Origin untuk mengetahui EF SERS, penyebaran NS's dan LoD. Untuk EF dan LoD dihitung menggunakan formulasi berikut

$$EF = \frac{\text{Intensitas SERS dengan Analit dan Nanopartikel}}{\text{Substrat tanpa Analit dan Nanopartikel}} \quad (1)$$

$$LoD = \frac{3.3 \sigma}{S} \quad (2)$$

Dimana σ adalah Stadart Deviasi dari Intensitas Raman dan S adalah slope dari kurva kaliberasi.

3.1 Nanopartikel Emas Bentuk Nanostar



Gambar 8 Sebaran bentuk Nanopartikel berdasarkan nilai absorbansi UV-Vis

AuNP telah disintesis dengan reduksi sitrat telah dikembangkan dengan rata-rata diameter $\sim 18 - 26$ nm (Rattanawongwiboon et al., 2022). Dari hasil rata-rata diameter, penggunaan emas dinilai memiliki potensi dalam ukuran makroskopis (Annadhasan et al., 2015). Emas dalam ukuran nano memiliki kestabilan yang baik yang menyebabkan ikatan dengan partikel lain tidak mudah beraksi (Bhattacharyya & Hossain, 2024).

Selain memiliki kestabilan yang baik, AuNP memiliki sifat yang unik yaitu *Localized Surface Plasmon Resonance* (LSPR) (Putri et al., 2024). Sifat tersebut menjadi kelebihan dalam sintesis AuNP sebab adanya duri-duri tajam yang membuat intensitas EM menjadi lebih besar dibandingkan dengan bentuk NP (X. Wu et al., 2024). Pada sintesis yang dilakukan AuNP menghasilkan partikel kecil emas dengan cara mereduksi ion logam 5 Au^{3+} menjadi atom-atom emas. Kemampuan penyerapan ini digunakan sebagai indikator kalorimeter yang khas. Sintesis AuNP menghasilkan perubahan warna mulai dari warna ungu-biru menjadi merah. Oleh sebab itu AuNP banyak dimanfaatkan sebagai aplikasi SERS diantaranya yang dilakukan oleh (Xia et al., 2025) untuk deteksi methylene blue. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh (Michałowska & Kudelski, 2024) untuk deteksi asam nukleat.

Intensitas cahaya yang terpancar dari Raman Spectroscopy tersebar sangat rendah disebabkan cahaya bersikulasi secara elastis. Hamburan ini mempunyai informasi yaitu bilangan gelombang suatu partikel yang datang dan keluar dan menghasilkan kuasi partikel. Berikut adalah alasan banyak dikembangkan AuNP dibandingkan AgNp ditunjukan pada Tabel 4. Selain itu AuNP memiliki karakteristik UV-Vis pada rentang panjang gelombang yang ideal yaitu pada 600 nm dan 750 nm. Sebaran peak absorpsi berbagai bentuk nanopartikel ditunjukan pada Gambar 8

Tabel 4 Perbandingan Bahan Au dan Ag dalam Nanopartikel

Bahan			
Au		Ag	
Kelebihan	Kekurangan	Kelebihan	Kekurangan
Lebih stabil	Sifat plasmon yang tidak kuat	Sifat plasmon lebih kuat	Sulit untuk di sintesis
Sederhana dalam ssintesis	Harga mahal	Harga murah	Toksik yang tinggi
Biocompatibel			Merusak analit molekul

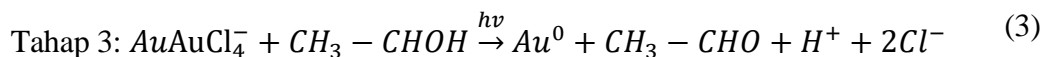
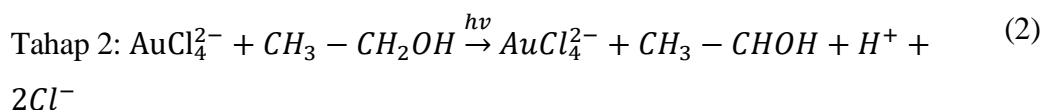
3.2 Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR)

Sifat LSPR dapat terlihat dari panjang gelombang yang terdeteksi di UV-Vis. Pada konteks AuNP maka LSPR terlihat pada puncak 500 nm hingga 600 nm. Selain itu LSPR dapat terlihat ketika nanopartikel emas terkena atau berinteraksi dengan cahaya. LSPR terjadi ketika ada cahaya atau sinar yang ditembakkan dengan frekuensi tertentu mengenai elektron pada nanopartikel sehingga elektron tersebut akan bergetar/ osilasi. Getaran ini menyebabkan terbentuknya plasmon yang memperkuat medan listrik disekitar partikel. Pada nanopartikel emas plasmon atau electron yang berosilasi tidak menyebar dan terdistribusi pada partikel sehingga disebut Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR). Pada sintesis ini cahaya yang digunakan yaitu Sinar UV. Penggunaan sinar UV termasuk ke dalam metode green synthesis jika dilihat dari segi lingkungan karena jumlah bahan kimia yang digunakan sangat sedikit. Jika dibandingkan dengan metode kimia yang membutuhkan zat pereduksi kimia berbahaya, mahal dan waktu sintesis yang lebih lama, metode ini dapat menghasilkan nanopartikel yang lebih cepat dan lebih ramah lingkungan. Metode ini dapat menghasilkan nanopartikel yang lebih cepat dibandingkan dengan metode kimia.

3.3 Sintesis Nanopartikel Emas Nanostar

3.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas Ion dan Etanol

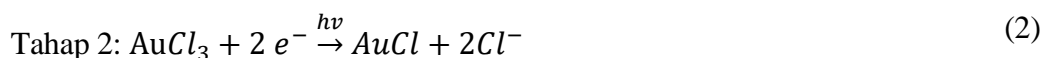
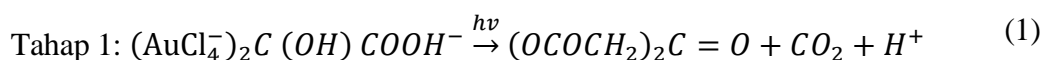
AuNP bentuk nanostar dibentuk dengan sintesis dari *Hydrogen tetrachloroaurate* ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) bersama etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Sebelum digunakan larutan prekursor Au dibuat terlebih dahulu dengan melarutkan *Hydrogen tetrachloroaurate* ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) menggunakan aquabidest. Setelah terbentuk prekursor Au kemudian proses sintesis dapat dilakukan dengan cara mereaksikan prekursor Au dengan etanol secara bersamaan di dalam sebuah wadah berupa cawan petri. Sampel yang telah disiapkan selanjutnya ditempatkan pada alat sinar UV-C untuk memulai proses sintesis. Sampel disintesis dengan waktu tertentu dan dilakukan pengamatan menggunakan UV-Vis. Pada proses pembentukan NS ditandai dengan berubahnya warna larutan menjadi biru pekat dan nilai absorbansi di peak 600 nm. Untuk mengetahui proses pembentukan NS dilakukan dengan mekanisme berikut



Pada mekanisme yang ditunjukkan mengungkapkan bahwa AuCl_4^- terbentuk adanya transfer elektron menjadi AuCl_4^{2-} dan pembentukan gugus hidroksimetil $\text{CH}_3 - \text{CHOH}$ dan proton. Kemudian pada tahap 2, ion Au (II) pada AuCl_4^{2-} tereduksi menjadi Au (I) dengan adanya abstraksi hidrogen etanol untuk memperoleh radikal hidroksimetil $\text{CH}_3 - \text{CHOH}$ serta 2 ion Cl^- . Lalu pada tahap 3 radikal hidroksimetil yang terbentuk mereduksi ion Au (I) dalam AuCl_4^{2-} menjadi atom Au (0) dengan produk asetaldehida CH_3CHO .

3.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas Ion dan HCl

Selain dengan etanol, mekanisme sintesis AuNP dapat juga dilakukan dengan HCl. Untuk mekanisme proses pembentukan NS sebagai berikut



Serangkaian mekanisme yang ditunjukkan mengungkapkan bahwa AuCl_4^- mengalami reduksi parsial menjadi AuCl_2^- dengan terpancar sinav UV ($h\nu$). Setelah penambahan HCl, ketersediaan elektron untuk mereduksi emas (III) klorida menjadi lebih rendah dan laju reaksi menjadi lebih lambat dan menjaga larutan tetap asam (Tyagi et al., 2016). Kondisi reaksi sangat mempengaruhi kinerja sensor biosensor termasuk konsentrasi TSC-HCl, waktu inkubasi AuNPs nilai pH larutan dan waktu inkubasi terbentuknya menjadi lebih optimal (Nguyen & Jang, 2022).

3.3.3 Etanol

Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) termasuk jenis zat pereduksi. Etanol dapat membantu proses pereduksian prekursor Au agar berubah menjadi nanopartikel. Selain itu karakteristik etanol seperti tidak berwarna.

3.3.4 Asam Askorbat

Asam askorbat digunakan sebagai pereduksi tambahan yang membantu proses reduksi prekursor agar lebih cepat

3.3.5 AgNO_3

Perak Nitrat digunakan untuk membantu pertumbuhan cabang yang berbentuk runcing/ jarum-jarum nanostar agar lebih tajam dan banyak (Atta et al., 2019)

3.3.6 HCl

HCl digunakan untuk mediator yang asam dan membuat proses lebih efisien dalam pertumbuhan struktur jarum-jarum pada partikel nanostars.(Vinnacombe-Willson et al., 2023)

3.3.7 Tri-Sodium Citrate

Tri-Sodium Citrate (TSC) digunakan untuk mengontrol ukuran nanopartikel sehingga tidak saling melekat satu dengan lainnya yang mengakibatkan ukuran partikel yang lebih besar dari segi morfologi partikular (agregat) (J. Li & Deepak, 2022).

3.4 Analisis Fluorescence Intensitas

Molekul fluoresen, baik endogen maupun eksogen biasanya digunakan untuk pencitraan dinamis sel dan jaringan. Namun demikian, molekul fluoresen

dipengaruhi oleh photobleaching dan kuatum dots dipengaruhi oleh blinking sehingga tidak diinginkan untuk beberapa aplikasi SERS yang dapat diilustrasikan pada Gambar 9. Analisis intensitas fluoresensi melibatkan evaluasi interaksi antara AuNP dan fluorofofor. Interaksi ini ditentukan oleh:

1. Jarak Antara Fluorofofor dan AuNP:

Peningkatan fluoresensi terjadi apabila fluorofofor berada dalam kisaran tertentu dari AuNP (biasanya 2-10 nm). Di luar kisaran ini, pemadaman fluoresensi dapat mendominasi karena mekanisme transfer energi.

2. Ukuran dan Bentuk AuNP:

AuNP yang lebih besar atau bentuk anisotropik (misalnya, nanorod) memiliki resonansi plasmonik yang lebih tinggi, yang dapat memengaruhi peningkatan fluoresensi. Untuk lebih rinci, ukuran dan bentuk dapat dilihat pada Tabel 5

3. Konsentrasi AuNP dan Fluorofofor:

AuNP yang berlebihan dapat menyebabkan agregasi, menyebabkan pemadaman fluoresensi dan bukan peningkatan.

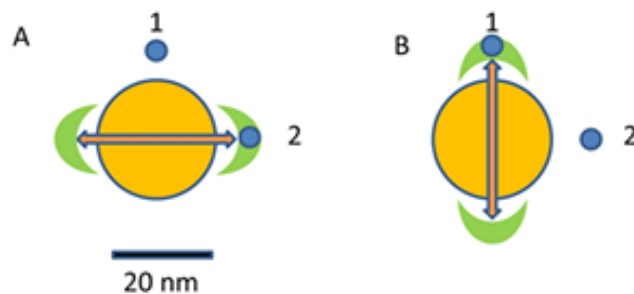
4. Panjang Gelombang Eksitasi:

Panjang gelombang eksitasi harus sesuai dengan puncak resonansi plasmon AuNP untuk peningkatan fluoresensi yang optimal.

Dengan mengetahui factor dari fluorescence, maka dapat dianalisis dengan menghitung Enhancement Factor (EF)

$$EF = \frac{I_{SERS} / C_{SERS}}{I_{Raman} / C_{Raman}} \quad (1)$$

di mana I_{SERS} dan I_{Raman} mewakili intensitas spektrum SERS, dan spektrum Raman normal dan C_{SERS} , dan C_{Raman} masing-masing mewakili konsentrasi.



Gambar 9 Representasi pemilihan emisi dari fluorofoor spesifik di dekatnya AuNP.

AuNP secara skematis berwarna kuning dengan daerah peningkatan plasmonik berwarna hijau (A) Pada bagian A, arah polarisasi linier sinar laser adalah horizontal: partikel 1 tidak berada di wilayah peningkatan tetapi partikel 2 adalah Oleh karena itu, sebagian besar fluoresensi akan muncul dari partikel 2.(B) Jika polarisasi sinar laser vertikal, hanya fluoresensi dari partikel 1 yang akan ditingkatkan.

Tabel 5 Jabaran rincian ukuran, bentuk dan Aplikasi AuNP

Shape	Size (nm)	LSPR peaks	Fluorescence Effect	Aplikasi
Nanosphere	10 – 100	520-550 nm	Fluoresensi moderat, bergantung pada ukuran.	Label fluoresensi sederhana, biosensing.
Nanorod	10x40 – 20x100	Transversal (520 nm) Longitudinal (650 – 900 nm)	Fluoresensi tinggi di mode longitudinal	Imaging NIR, terapi fototermal
Nanostar	50 – 200 (tip size)	550 – 700 nm	“Hot spots” memberikan penguatan fluoresensi besar	Biosensing, analisis molekuler

Nanotube	20 – 100	550 – 700 nm	Fluoresensi kuat yang disebabkan EM	Penghantaran obat, pencitraan
Nanoprism	50 – 200 (edge size)	650 – 100 nm	Fluorensi NIR	di Imaging, biosensor
Nanocage	50 – 100	550 – 900 nm	Fluorensi tinggi yang disebabkan struktur berorga	Terapi, imaging

3.5 Analisis Arsobansi Spectrofotometer

Uv-Visible Spectrofotometer (UV-Vis) adalah device optik yang terdiri dari lampu halogen, serat optik, maya optic dan aplikasi penampil sinyal. Untuk mengukur nilai absorbansi dari suatu sampel berupa larutan ataupun padatan dapat melihat pergeseran panjang gelombang (*wavelength*) pada setiap sampel. Sampel diukur menggunakan kuvet kaca sebagai media pengukur larutan ataupun bisa menggunakan substrat kaca. Panjang gelombang yang digunakan saat pembacaan berada di daerah 200 hingga 800nm. Alat spectrophotometer UV-Vis ini memiliki prinsip kerja yaitu ketika cahaya mengenai suatu zat maka sebagian cahaya akan dipantulkan sedangkan yang lainnya akan diserap oleh molekul cahaya tersebut.

3.6 Analisis Raman Spectroscopy Intensitas

Ada banyak sekali bentuk interaksi cahaya-materi: fluoresensi dan fosforesensi adalah contohnya penyerapan dan emisi cahaya selanjutnya oleh materi. Hamburan cahaya yang elastis, seperti hamburan Rayleigh oleh atom, molekul atau fonon, dan hamburan Mie/Tyndall oleh partikel debu adalah contoh di mana panjang gelombang cahaya tidak berubah. Hamburan tidak elastis seperti hamburan Brillouin oleh gelombang akustik dalam kristal, hamburan Compton oleh partikel bermuatan dan hamburan Raman oleh molekul atau fonon adalah contoh di mana panjang gelombang dari cahaya memang berubah. Hamburan cahaya Raman oleh molekul pertama kali diprediksi menggunakan teori kuantum

klasik oleh Smekal pada tahun 1923. Raman spectroscopy adalah teknik spektroskopi berbasis interaksi cahaya dengan molekul untuk mendapatkan informasi berubah vibrasi, rotasi, dan mode frekuensi molekul. Proses ini melibatkan hamburan, yaitu hamburan inelastis cahaya ketika berinteraksi dengan molekul.

Spontan Raman

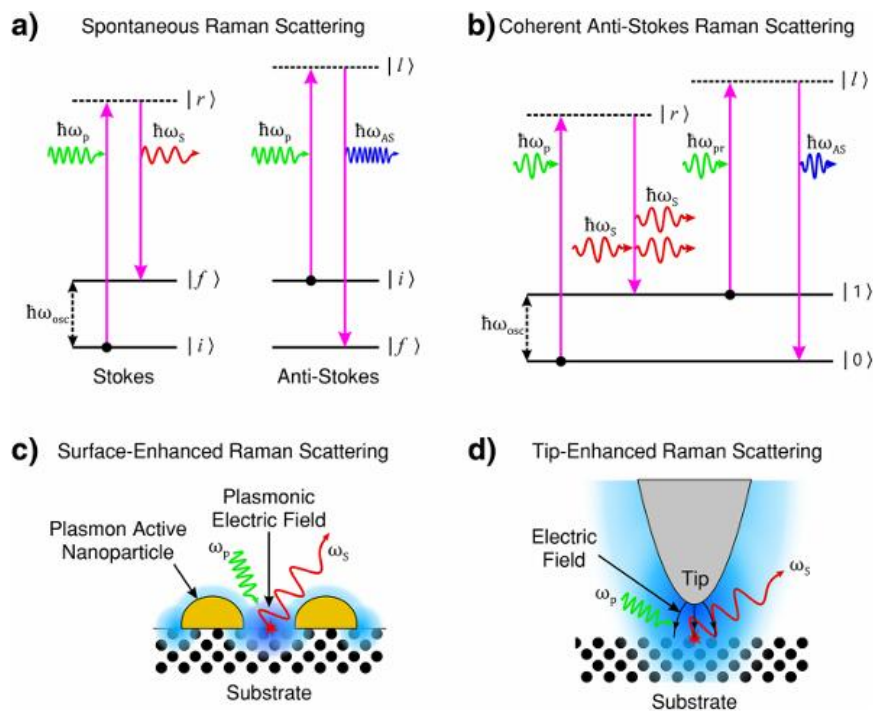
Ketika foton datang berinteraksi dengan kisi kristal atau molekul, itu dapat tersebar baik secara elastis atau dalam elastis. Pada umumnya, cahaya dihamburkan secara elastis (yaitu energi foton yang tersebar sama dengan itu dari foton yang datang). Jenis hamburan ini sering terjadi disebut sebagai hamburan Rayleigh. Hamburan inelastis cahaya oleh materi (yaitu energi foton yang dihamburkan tidak sama dengan foton yang datang) dikenal sebagai efek Raman (Camp & Cicerone, 2015; Cortés et al., 2022). Proses inelastis ini meninggalkan molekul dalam keadaan vibrasi (ro-) yang dimodifikasi. Pergeseran pergeseran frekuensi sudut dari cahaya yang tersebar dapat dijelaskan oleh persamaan berikut (Jones et al., 2019):

$$\omega_{scattering} = \omega_p \pm \omega'_{osc} \quad (1)$$

di mana subskrip osc menunjukkan kisi atau molekul vibrasi, p menunjukkan foton datang (sering disebut sebagai foton pompa) dan scat menunjukkan cahaya yang tersebar (Jones et al., 2019). Operator biner (\pm) ditentukan oleh energi konservasi. Ketika energi dari foton yang dihamburkan lebih rendah dari foton yang datang (yaitu merah bergeser), proses ini disebut sebagai hamburan Stokes Raman.scatering. Sebaliknya, ketika energi foton yang dihamburkan lebih tinggi ton lebih tinggi dari foton datang (yaitu biru bergeser), proses ini disebut sebagai anti-Stokes Raman hamburan. Berikut adalah skema gambaran Raman Scattering ditunjukan pada Gambar 10

Pada gambar 10 menunjukan bahwa proses transfer energi dalam hamburan Stokes (kiri) dan anti-Stokes (kanan) Raman, dalam kedua proses hamburan tersebut, masa hidup keadaan tereksitasi tereksitasi bersifat probabilistik dan spontan. Dalam hamburan Stokes Raman, energi getaran awal (ro-) dari bahan hamburan lebih kecil daripada dari keadaan akhir $|f\rangle$, cahaya yang dihamburkan memiliki energi yang lebih kecil daripada cahaya pompa. Dalam hamburan anti-Stokes, energi getaran awal (ro-) $|i\rangle$ dari dari medium hamburan lebih besar

daripada keadaan akhir $|f\rangle$, cahaya yang dihamburkan memiliki lebih banyak energi daripada cahaya pompa. b Hamburan anti-Stokes yang koheren Hamburan Raman (CARS). CARS adalah proses pencampuran empat gelombang pompa, Stokes, probe, dan cahaya anti-Stokes di mana emisi anti-Stokes diinduksi secara koheren melalui inversi populasi keadaan energi vibrasi menengah (ro-). c Hamburan Raman yang ditingkatkan permukaan (SERS). Cahaya pompa yang datang menginduksi resonansi plasma permukaan. Peningkatan yang dihasilkan dari medan elektro-magnetik (EM) osilasi (ditunjukkan dengan warna biru) pada permukaan mengintensifkan interaksi cahaya-materi dan akibatnya meningkatkan intensitas hamburan Raman cahaya. d Hamburan Raman yang ditingkatkan ujungnya (TERS). Cahaya pompa yang datang menginduksi resonansi plasmon ujung-permukaan yang terkait dengan ujung yang aktif secara plasmonik. Peningkatan yang dihasilkan dari kekuatan medan EM osilasi (ditunjukkan dengan warna biru) terlokalisasi di sekitar puncak ujung. Efek batang pencahayaan (diilustrasikan dengan panah hitam melengkung) mengintensifkan interaksi materi-cahaya di wilayah ujung dan memberikan resolusi tinggi (melampaui batas difraksi cahaya) pencitraan Raman (Jones et al., 2019)



Gambar 10 Skema Proses Raman Spectroscopy deteksi analit dan substrat

3.7 Analisis Stabilitas AuNP

Penelitian yang dilakukan (Hang et al., 2024b; Shiohara et al., 2020) mengungkapkan bahwa agregasi AuNP dapat menciptakan hotspot yang meningkatkan sinyal SERS hingga 10^6 kali. Namun terlalu banyak agregasi dapat menyebabkan hilangnya resonansi plasmon sehingga stabilitas agregasi perlu diatasi. Dengan menguji tingkat absorbansi suatu larutan NP pada waktu tertentu untuk melihat nilai absorbansi dan melihat warna larutan NP sudah tidak berwarna

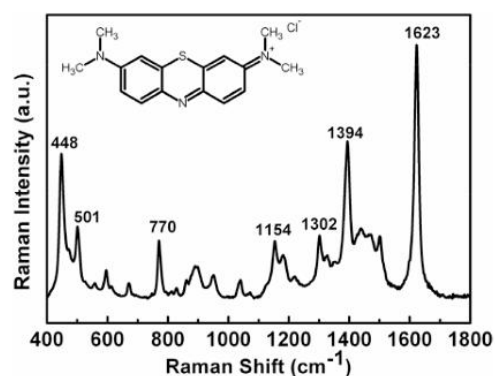
3.8 Transmission Electron Microscope (TEM)

Uji Transmission Electron Microscope (TEM) dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran dan struktur morfologi dari sampel yang dihasilkan dalam bentuk gambar pada perbesaran tertentu.

3.9 Analit

3.9.1 Methylene Blue

Methylene Blue (MB) adalah senyawa aromatik heterosiklik yang mengandung cincin tiazin, dan memiliki banyak aplikasi di bidang mikrobiologi, kedokteran dan diagnostik. MB adalah pewarna antijamur yang efektif, sama efektifnya dengan perunggu hijau dan kristal violet untuk mencegah dan menyembuhkan getah rolegniasis, penyakit mulut merah, ichthyophthiriasis dan penyakit ikan lainnya. Namun, paparan MB dapat menyebabkan efek kesehatan yang merugikan pada manusia seperti muntah, syok, dan nekrosis jaringan. Intensitas MB pada raman ditunjukkan pada Gambar 11.

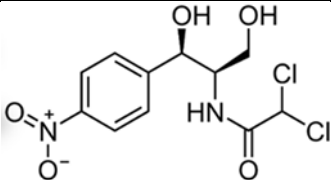


Gambar 11 Struktur kimia dan spektrum Raman MB.

3.9.2 Chloramphenicol

Chloramphenicol ((C₁₁H₁₂C₁₂N₂O₅) CAP) adalah Antibiotik spektrum luas yang bertindak terutama sebagai agen bakteriostatik. Kloramfenikol diisolasi pada tahun 1947 dari *Streptomyces venezuelae*. CAP, bagian dari kelas obat antibakteri spektrum amfenikol dan digunakan sebagai pencegahan penyakit bakteri pada hewan air karena keterjangkauan dan ketersediaannya (L. M. Nguyen et al., 2022). Selain itu CAP umumnya digunakan dalam industri peternakan sebagai agen pendorong pertumbuhan dan terapeutik. Konsumsi CAP secara terus menerus menyebabkan anemia aplastik, bayi abu-abu, disos tosis, kehilangan penglihatan, dan leukemia. CAP juga Antibiotik memiliki efek toksik pada organisme akuatik dan dapat menyebabkan toksisitas kronis, gangguan endokrin, dan perubahan komposisi genetik komunitas mikroba di lingkungan akuatik (Amen et al., 2024). Oleh karena itu diperlukan sensor untuk deteksi CAP dalam meningkatkan standar kesehatan masyarakat. Berikut adalah informasi dari CAP.

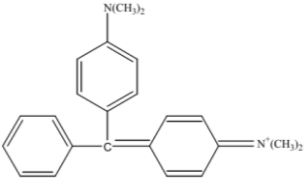
Tabel 6 Informasi Analit CAP

Empirical Formula	Chemical Strukture	Molecular Wight	λ (nm)
C ₁₁ H ₁₂ C ₁₂ N ₂ O ₅		323.13	280

3.9.3 Malacite Green

Malachite Green (MG), *triarylmethane dye* (C₂₃ H₂₅ N₂, Cl) adalah padatan hijau tua dan kristal yang dibuat dengan mengembungkan satu bagian benzaldehida dengan dua bagian diemethylaniline dengan adanya asam sulfat terkonsentrasi atau seng klorida. MG dapat dalam sejumlah bentuk, terutama sebagai *oxalate* atau *hydrochloride* dalam larutan minimal 50% sebagai campuran garam asetat dan *hydrochloride*. MG termasuk bahan toxicogenic. Paparan jumlah yang berlebihan MG dapat merusak kesehatan manusia, yang menyebabkan mutasi, kelainan, dan kanker. Oleh karena itu, perlu sensor untuk deteksi MG dari lingkungan untuk meningkatkan standar hidup masyarakat. Berikut adalah informasi dari MG

Tabel 7 Sifat fisiko-kimia MG

Empirical Formula	Chemical Structure	Molecular wight	λ (nm)
$C_{23}H_{25}ClN_2$		364,91	618

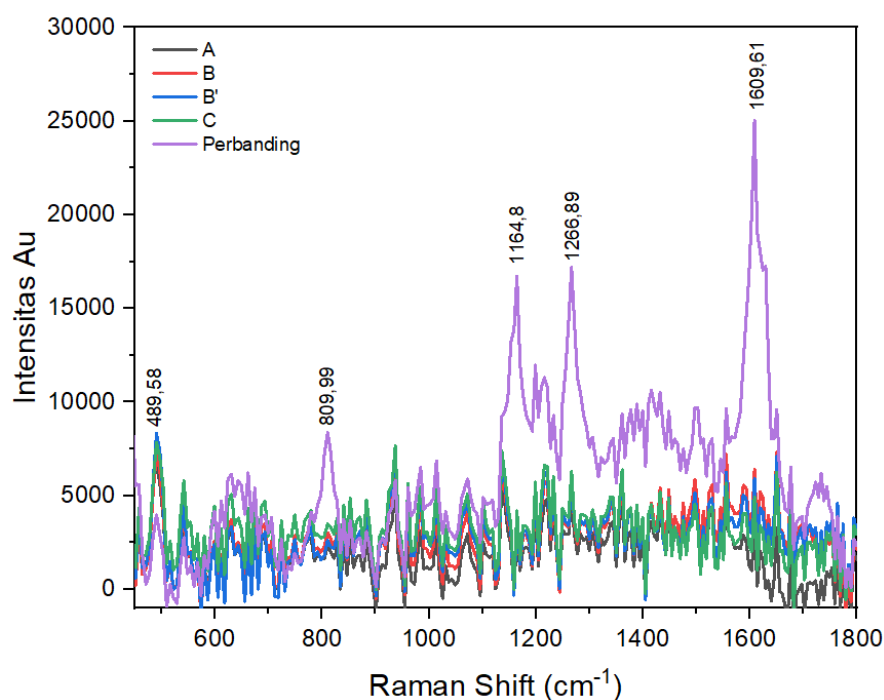
3.9.4 Paraquat

Paraquat (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridylium dichloride) adalah molekul yang telah terbukti aman digunakan, terdapat sejumlah kasus keracunan setelah menelan produk komersial secara tidak sengaja. Ciri keracunan yang paling khas adalah kerusakan paru-paru, yang menyebabkan anoksia parah dan dapat menyebabkan kematian. Toksisitas spesifik pada paru-paru dapat dijelaskan sebagian oleh akumulasi paraquat ke dalam sel epitel alveolar tipe I dan tipe II melalui proses yang telah terbukti mengakumulasi diamin dan poli amina endogen. Paraquat juga dikenal sebagai metil viologen, sering digunakan sebagai herbisida amonium kuaterner (pembunuh gulma berdaun lebar) di seluruh dunia karena efeknya yang sangat baik di dalam sel tanaman dalam perlindungan tanaman dan penggunaan hortikultura. Namun, ini telah menyebabkan banyak kasus keracunan pada manusia, dengan paru-paru sebagai organ sasaran utama.

BAB 4 HASIL DAN DISKUSI

Substrat Silikon Wafer Analit Paraquat

Pada experiment pertama dilakukan deposisi larutan nanopartikel dengan formulasi yaitu 3 mL HAuCl_4 + 3 mL Etanol + 50 uL Asam Aksorbat (0.1 M) + 100 uL AgNO_3 (0.01 M) ke Silikon Wafer dengan suhu 50°C . Setelah dilakukan deposisi larutan maka dideposisi analit Paraquat 2 uL didapat hasil, sampel yang dibuat hanya mendeteksi 1 peak yaitu di puncak 490 sedangkan di peak tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan adanya fluroensi pada sampel yang mengakibatkan hotspot yang sensitif analit tidak terbentuk. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 12



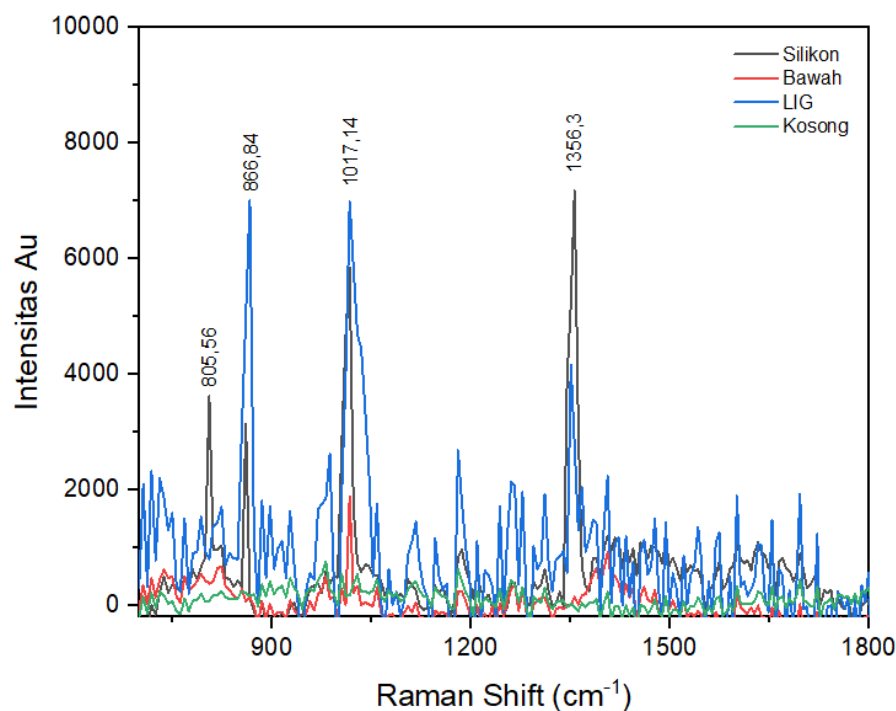
Gambar 12 Spektrum SERS dengan Analit Paraquat dan Substrat Silikon Wafer

Pada gambar 12 menunjukkan spektrum SERS yang terdeteksi analit Paraquat. Pada spectrum perbanding terdapat peak diantaranya 489,58; 809,99; 1164,8; 1266,89; 1609,61 cm^{-1} . Peak ini menyimpan informasi analit diantaranya getaran cincin aromatik dan deformasi C–H; getaran C–N; getaran C – H dan C – N; getaran C – H dan C – C; dan getaran C = C (Hermesen et al., 2024).

Substrat Silikon Wafer Analit CAP

Pada experiment pertama dilakukan deposisi larutan nanopartikel dengan formulasi yang sama dengan experiment pertama. Setelah melakukan deposisi maka dilakukan deposisi larutan CAP. Larutan CAP ini dibuat dengan konsentrasi 20 ppm. Substrat SERS yang diusulkan dalam aplikasi praktis diperiksa dengan deteksi *real-time* menggunakan Raman Portable. Pada deteksi yang dilakukan menggunakan analit antibiotik, CAP, pada permukaan Silikon Wafer. Gambar menunjukkan peak Raman khas antibiotic CAP pada $1604,24\text{ cm}^{-1}$ dikaitkan dengan gugus amida (Lai et al., 2011). Pada deteksi yang dilakukan hanya satu peak yang terdeteksi. Hal ini disebabkan karena silicon wafer terjadi fluoresensi.

Substrat LIG Analit CAP



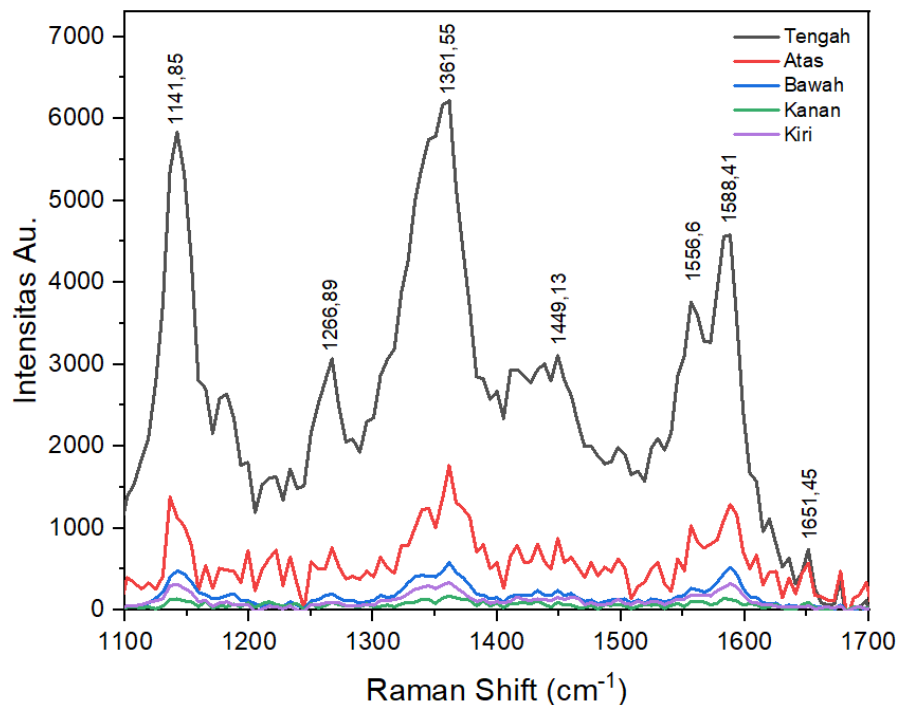
Gambar 13 Spektrum SERS dengan Analit CAP dan Substrat LIG

Substrat SERS yang diusulkan dalam aplikasi praktis diperiksa dengan deteksi *real-time* menggunakan Raman Portable. Pada deteksi yang dilakukan menggunakan analit antibiotik, CAP, pada permukaan LIG. Gambar 13 menunjukkan peak Raman khas antibiotic CAP pada $1141,85$; $1216,09$; $1272,51$; $1356,03$; $1432,82$; $1588,41$ dan $1656,67\text{ cm}^{-1}$ dikaitkan dengan getaran deformasi (in-plane bending) gugur -NH atau -CH , simetris dari gugus -NO_2 , C-O dalam

deformasi in-plane bending cincin aromatic, gugus $-\text{NO}_2$, deformasi geser gugus $-\text{CH}_2$, $\text{C}=\text{C}$ cincin aromatic, dan gugus amida (Lai et al., 2011). Karena tidak ada peak Raman CAP yang dominan dalam spektrum SERS, maka konsentrasi dari penyebaran analit tidak merata yang ditunjukkan pada bagian “Atas” pada substrat tidak mengandung CAP.

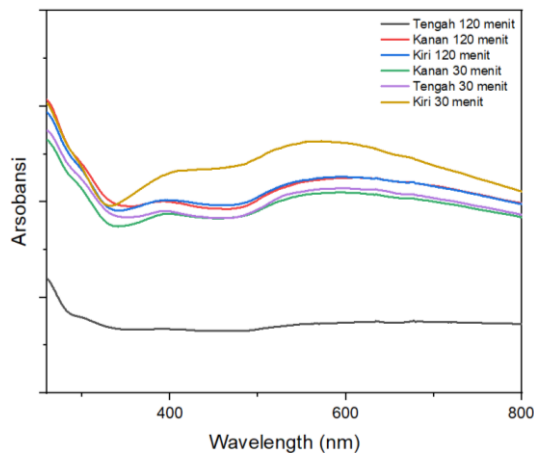
Substrat Polimit Analit CAP

Substrat SERS yang diusulkan dalam aplikasi praktis diperiksa dengan deteksi *real-time* menggunakan Raman Portable. Pada deteksi yang dilakukan menggunakan analit antibiotik, CAP, pada permukaan LIG. Gambar 14 menunjukkan peak Raman khas antibiotik CAP pada 1141,85; 1266,89; 1361,55; 1499,13; 1556,6; 1588,41 dan 1651,45 cm^{-1} dikaitkan dengan getaran deformasi (in-plane bending) gugur $-\text{NH}$ atau $-\text{CH}$, simetris dari gugus $-\text{NO}_2$, $\text{C}-\text{O}$ dalam deformasi in-plane bending cincin aromatic, gugus $-\text{NO}_2$, deformasi geser gugus $\text{C}=\text{C}$ cincin aromatic, peregangan asimetris gugur $-\text{NO}_2$ dan gugus amida (Lai et al., 2011).



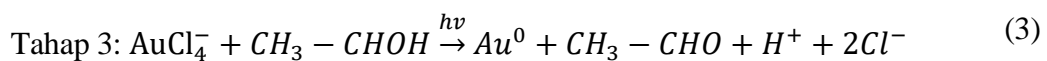
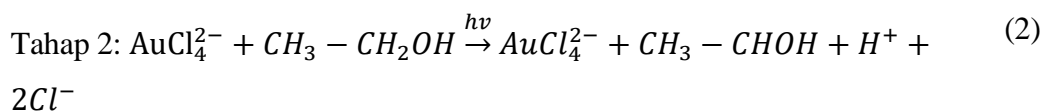
Gambar 14 Spektrum SERS dengan Analit CAP dan Substrat Polimit

Mekanisme Growth AuNP berbentuk NS's



Gambar 15 Perbandingan waktu Iradiasi UVC selama proses terbentuknya NS's

Larutan HCl dapat menjaga tingkat keasaman pada pembentukan nanopartikel sehingga larutan menjadi stabil. Setelah stabilitas keasaman terjaga, pencahayaan UV melemahkan fotosabilitas kompleks pada partikel Au untuk menghasilkan koloid partikel yang stabil atau gugus logam dengan disosiasi precursor logam secara bertahap (Figuerola et al., 2024). Selama proses terbentuknya AuNP berbentuk NS's, prekursor Au dibawah sinar iradiasi UVC bereaksi dengan AgNO₃ yang bertindak sebagai promotor pertumbuhan duri pada AuNP dalam selang waktu tertentu. Berikut tahapan proses reaksi yang dapat dideskripsikan



Pada tahap 1, fotoeksitasi AuCl₄⁻ yang melibatkan transfer elektron ke pusat logam menghasilkan AuCl₄²⁻ dengan pembentukan radikal hidroksimetil (CH^{3·}CHOH) dan proton. Pada tahap 2, ion Au (II) dalam spesies [AuCl₄]²⁻ selanjutnya direduksi menjadi ion Au(I) dengan abstraksi hidrogen etanol untuk menghasilkan radikal hidroksimetil (CH^{3·}CHOH) dan dua ion Cl⁻. Pada tahap 3, radikal hidroksimetil dengan kemampuan reduksi yang kuat mengurangi ion Au(I) dalam spesies AuCl₂⁻ menjadi atom Au(0) dengan produk asetaldehida (CH³CHO).

Pada proses pembentukan struktur berbentuk bintang, struktur AuNP dihasilkan setelah 30 menit dan 60 menit diiradiasi. Untuk memahami perubahan evolusi waktu iradiasi dalam pembentukan morfologi struktural Au dapat diamati pada Gambar 15. Gambar 15 menunjukkan bahwa peningkatan waktu fotoreduksi menghasilkan perubahan morfologis dramatis dari struktur AuNP. Dalam proses fotoreduksi, AgNO_3 memainkan peran kunci dalam evolusi waktu morfologi struktural Au dan pembentukan Au NS dengan beberapa paku tajam. Umumnya, ukuran partikel dan jumlah NP Au yang dihasilkan ditemukan tergantung pada kandungan konsentrasi AgNO_3 dalam larutan. Dalam percobaan yang dilakukan, divariasikan jarak iradiasi UVC dengan estimasi jarak 2 cm dari posisi radiasi UVC terkuat (posisi Tengah). Ketika variasi tersebut dilakukan dan waktu reduksi foto meningkat, penurunan AgNO_3 sebagai pemuncu terbentuknya duri dalam larutan HAuCl_4 berair menghasilkan NS's. Oleh karena itu, waktu reduksi foto 120 menit dipilih dan posisi tengah penyinaran iradiasi UVC untuk melakukan eksperimen lebih lanjut.

Effect Prekursor Konsentrasi AgNO_3 dalam Larutan AuNP NS's

Morfologi struktural AuNP NS's pada larutan HAuCl_4 dengan HCl sebagai menjaga kestabilan keasaman yang konstan 10 uL (1 M) membuktikan bahwa reduksi Au^{2+} menjadi Au^0 berhasil. Gambar 16 menampilkan nilai absorbansi AuNP NS's dengan variasi prekursor AgNO_3 0.03 M, 0.01M, 0.001 M yang berbeda peak LSPR. Pada konsentrasi 0.03 menunjukkan bahwa peak LSPR AuNP pada 530 nm, hal ini terjadi karena proses asosiasi yang begitu cepat sehingga terbentuknya duri tidak cukup tajam dan pada peak ini juga terjadi pengendapan yang cepat sejumlah besar AuNP. Pengendapan ini melalui laju fotoreduksi yang disebabkan konsentrasi yang tinggi. Sedangkan pada konsentrasi 0.01 M terjadi kestabilan terbentuknya duri pada permukaan AuNP, proses asosiasi ini mengalami konstan terbentuknya duri walaupun tidak ada yang dominan pada peak LSPR yaitu 634 nm. Disisi lain proses terbentuknya duri pada AuNP juga bisa terjadi sangat lambat sesuai pada kasus konsentrasi 0.001 M walaupun terjadi sangat lambat proses ini stabil dibandingkan 0.03 M yang banyak terjadi pengendapan Au (tidak

stabil). Peningkatan penyerapan maksimum dengan konsentrasi prekursor dapat dikaitkan dengan pertumbuhan jumlah NP Au, yang disebabkan oleh peningkatan laju fotoreduksi melalui peningkatan konsentrasi prekursor.

Untuk mengetahui LSPR struktur AuNP analisis spektrum absorbansi UV-Vis dilakukan dengan mengacu pada data Gambar 16 sebagai berikut

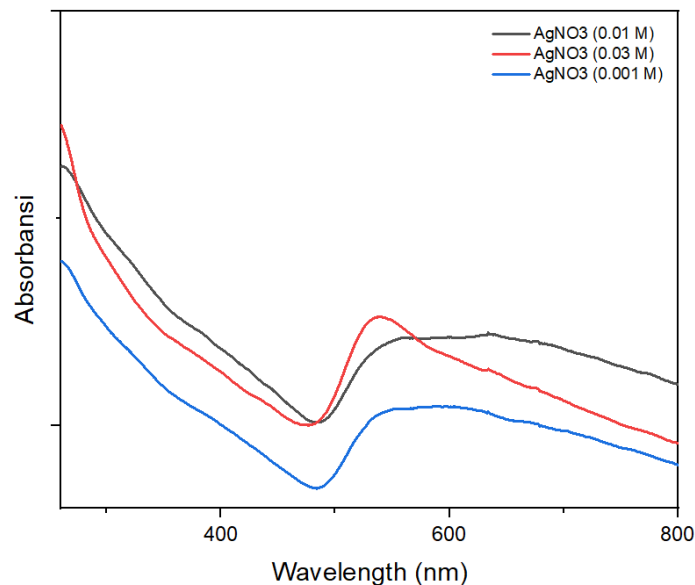
$$d = \frac{\ln \left(\frac{\lambda_{SPR} - \lambda_0}{L_1} \right)}{L_2} \quad (1)$$

Dengan nilai L_1 yaitu 6,53; dan L_2 yaitu 0,0216; d yaitu diameter ukuran AuNP; λ_{SPR} yaitu nilai peak absorbansi wavelength sebelum naik dan λ_0 yaitu nilai maksimum peak absorbansi wavelength nanopartikel. Pada formulasi 1 didapat setiap konsentrasi memiliki diameter ukuran AuNP yaitu 105,6 nm; 145,2 nm; dan 134,6 nm. Perubahan ukuran AuNP cenderung memiliki panjang gelombang yang lebih pendek pada (biru pekat). Mekanisme penyerapan utama adalah terjadinya fenomena LSPR antara lonjakan tajam yang berdekatan di sekitar inti pusat Au NS. Ketika konsentrasi prekursor meningkat dari 0,1 M menjadi 1 M, pergeseran biru panjang gelombang puncak penyerapan dari 745 nm menjadi 643 nm dapat dikaitkan dengan hilangnya beberapa lonjakan tajam Selain itu juga adanya konsentrasi yang berbeda akan menyebabkan pembentukan nanopartikel bimetalik (Au – Ag) yang berbeda dengan nanopartikel emas murni (penyerapan pada di rentang 300 – 400) dan warna cenderung kuning.

Tabel 8 Penetapan peak spektrum MG dan Ikatan Molekul.

Raman Shift (cm⁻¹)	Band assignment
228/336	In-plane vibration of phenyl-C-phenyl
422/435	Out-of-plane vibration of phenyl-C-phenyl
526/540/916	Ring skeletal vibration of radical orientation
726/742/760/797	Out-of-plane vibration of ring C-H
1172	In-plane vibration of ring C-H
1222	C – H rocking
1368/1394/1443	N – phenyl stretching
1299/1542/1587/1621	Ring C – C stretching

(Chen et al., 2017)



Gambar 16 Perbandingan Konsentrasi AgNO₃ dalam Formulasi AuNP NS's

Karakterisasi AuNP NS's pada Substrat Kaca Fungsionalisasi Siline dan Substrat Silikon Rubber Fungsionalisasi APTES; Substrat Silikon Wafer

Pewarna organik MG dipilih sebagai molekul probe untuk mengidentifikasi sinyal raman dan kinerja SERS substrat Kaca Fungsionalisasi Siline. Gambar 17 menggambarkan perbandingan sinyal raman dengan konsentrasi molekul MG. Setiap pengujian sampel SERS yang dilakukan pada setiap konsentrasi molekul MG normal nya yaitu 2 uL untuk (10^{-2} M); 2 uL untuk (10^{-4} M); 2 uL untuk (10^{-6} M); 2 uL untuk (10^{-8} M); 2 uL untuk (10^{-10} M). Karakterisasi AuNP NS's terhadap MG akan menyebabkan vibrasi molekul yang terdeteksi oleh probe raman spectroscopy. Vibrasi molekul ini mengandung jenis ikatan yang terjadi antara atom sesuai peak yang terdeteksi dan mode vibrasi molekul tersebut. Intensitas peak Raman MG dalam spektrum SERS dapat meningkatkan sinyal raman dibandingkan dengan spektrum raman normal. Peningkatan intensitas peak Raman yang kuat dikaitkan dengan interaksi efektif molekul probe dengan hotspot yang dihasilkan oleh AuNP NS pada substrat Kaca Fungsionalisasi Siline.

Pada experiment yang dilakukan, divariasi jenis substrat sehingga dapat diamati karakterisasi AuNP pada SERS. Kedua substrat tersebut di fungsionalisasi dengan tujuan agar substrat memiliki sifat hidrofilik. Sifat hidrofilik ini berfungsi

untuk dip-coating substrat kedalam larutan NP agar NS's banyak berikatan dengan substrat tersebut. Disisi lain juga dilakukan metode drop-casting, metode ini cocok untuk substrat yang memiliki sifat hidrofobik. Dengan sifat hidrofobik pada substrat maka diperlukan metode yang cocok yaitu metode drop-casting. Pada metode drop-casting yang dilakukan di substrat Silikon wafer mempunyai kekurangan yaitu nanopartikel yang saling berikatan dengan substrat mengalami fluroensensi yang disebabkan terjadinya agregat (pengumpalan). Akibat dari fluroensensi yang terjadi akan tidak dapat meningkatkan sinyal raman sehingga terdeteksi MG tidak dapat sensitif seperti ditunjukkan pada Gambar 17, Gambar 18 dan Gambar 19 sebagai pembandingan intensitas spectrum raman.

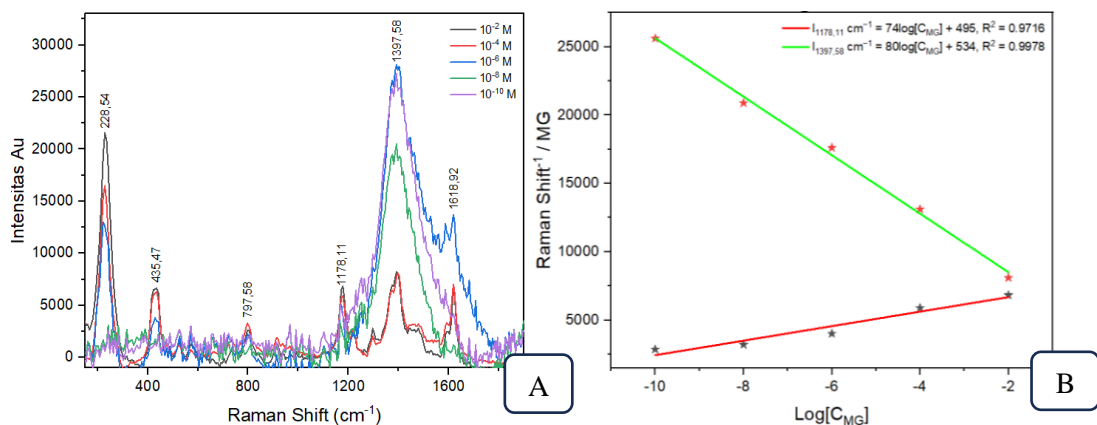
Substrat Kaca Fungsionalisasi Siline Analit MG

Semua peak Raman memiliki peningkatan intensitas ketika konsentrasi analit MG dalam rentang 10^{-2} M sampai 10^{-10} M. Peak Raman mempunyai karakteristik deteksi analit MG pada 228,54; 435,47; 797,58; 1178,11; 1397,58; dan 1618,92 cm^{-1} . Pada intensitas spectrum tersebut mengandung informasi seperti ditunjukkan pada Tabel 8. Peak tersebut jelas terlihat bahkan untuk konsentrasi 10^{-2} sampai dengan 10^{-10} M. Salah satu puncak yang menonjol pada 1178,11 cm^{-1} dan 1397,58 cm^{-1} dipilih untuk membuat plot kalibrasi pada Gambar 17, yang menunjukkan hubungan linier antara puncak Raman dalam intensitas dan konsentrasi MG logaritma dalam kisaran 10^{-2} hingga 10^{-10} M. Persamaan regresi linier dan koefisien korelasi (R^2) yang sesuai pada Gambar 7:

Gambar 7 B. menampilkan spektrum SERS Analit MG dengan kisaran konsentrasi 10^{-2} M 10^{-10} M. Spektrum SERS yang diukur menampilkan intensitas peak Raman MG menunjukkan plot kalibrasi yang sesuai untuk hubungan antara intensitas peak Raman dan konsentrasi logaritma. Persamaan regresi linier yang diperoleh dan nilai R^2 ditampilkan sebagai berikut:

$$I_{1178,11} \text{cm}^{-1} = 74 \log[C_{MG}] + 495, R^2 = 0.9716$$

$$I_{1397,58} \text{cm}^{-1} = 80 \log[C_{MG}] + 534, R^2 = 0,9978$$



Gambar 17 A Spektrum SERS dari Analit MG, B plot kalibrasi hubungan antara intensitas puncak Raman Analit MG dan konsentrasi logaritma dari (A) MG.

Berdasarkan nilai yang diperoleh maka nilai LoD untuk deteksi analit MG pada peak $1178,11 \text{ cm}^{-1}$ dan $1397,58 \text{ cm}^{-1}$ dihitung menjadi $3,0 \times 10^{-6} \text{ M}$ dan $0,8 \times 10^{-6} \text{ M}$. Dengan nilai LoD didapat tersebut dapat dikonfirmasi bahwa nilai LoD yang rendah yang dibuktikan dengan Nilai Intensitas 3.077 dan 0.824. LoD dari substrat prepare Kaca fungsionalisasi Siline maksimal deteksi MG pada konsentrasi 10^{-6} M .

Substrat Silikon Rubber Fungsionalisasi APTES Analit MG

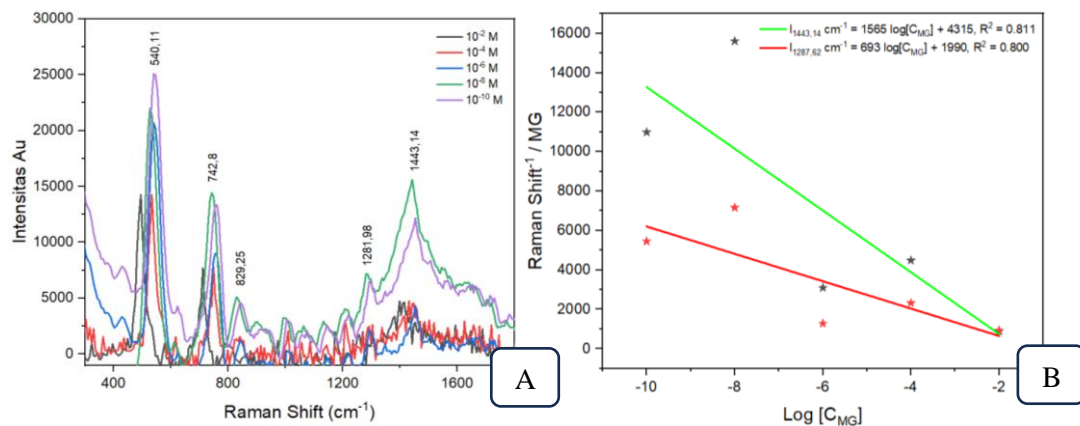
Semua peak Raman memiliki peningkatan intensitas ketika konsentrasi analit MG dalam rentang 10^{-2} M sampai 10^{-10} M . Peak Raman mempunyai karakteristik deteksi analit MG pada $540,11$; $742,8$; $829,25$; $1281,98$; dan $1443,14 \text{ cm}^{-1}$. Pada intensitas spectrum tersebut mengandung informasi seperti ditunjukkan pada Tabel 8. Peak tersebut jelas terlihat bahkan untuk konsentrasi 10^{-2} sampai dengan 10^{-10} M . Salah satu puncak yang menonjol pada $1281,98 \text{ cm}^{-1}$ dan $1443,14 \text{ cm}^{-1}$ dipilih untuk membuat plot kalibrasi pada Gambar 8, yang menunjukkan hubungan linier antara puncak Raman dalam intensitas dan konsentrasi MG logaritma dalam kisaran 10^{-2} hingga 10^{-10} M . Persamaan regresi linier dan koefisien korelasi (R^2) yang sesuai tercantum sebagai berikut:

Dibandingkan Gambar 8 A dengan Gambar 8 B. menampilkan spektrum SERS substrat flexible Silikon Rubber yang lebih rendah tetapi jangkauan kisaran deteksi sampai 10^{-10} M . Spektrum SERS yang diukur menampilkan intensitas peak Raman MG menunjukkan plot kalibrasi yang sesuai untuk hubungan antara intensitas peak Raman dan konsentrasi

logaritma. Persamaan regresi linier yang diperoleh dan nilai R^2 ditampilkan sebagai berikut:

$$I_{1443,14} \text{ cm}^{-1} = 1565 \log[C_{MG}] + 4315, R^2 = 0.811$$

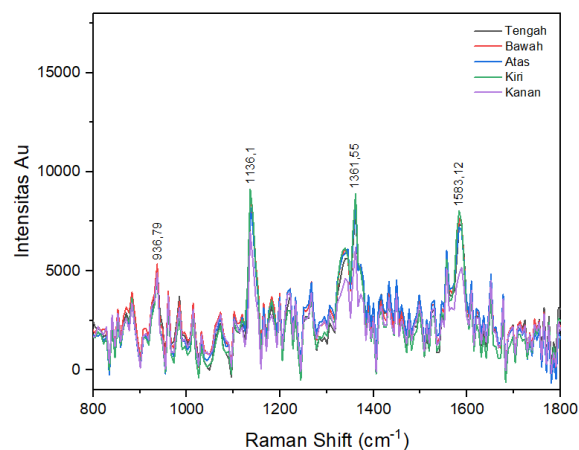
$$I_{1281,98} \text{ cm}^{-1} = 693 \log[C_{MG}] + 1990, R^2 = 0.800$$



Gambar 18 A Spektrum SERS dari Analit MG, B plot kalibrasi hubungan antara intensitas puncak Raman Analit MG dan konsentrasi logaritma dari (A) MG.

Berdasarkan nilai yang diperoleh maka nilai LoD untuk deteksi analit MG pada peak $1281,98 \text{ cm}^{-1}$ dan $1443,14 \text{ cm}^{-1}$ dihitung menjadi $9,4 \times 10^{-10} \text{ M}$ dan $9,0 \times 10^{-10} \text{ M}$. Dengan nilai LoD didapat tersebut dapat dikonfirmasi bahwa nilai LoD yang rendah yang dibuktikan dengan Nilai Intensitas 9.466 dan 9.097. LoD dari substrat flexible Silikon Rubber fungsionalisasi APTES dapat maksimal deteksi MG pada konsentrasi 10^{-10} M .

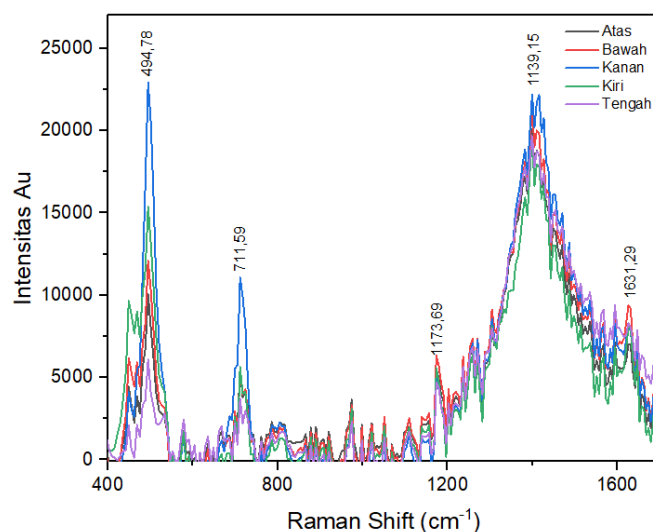
Substrat Silikon Wafer Analit MG



Gambar 19 Spektrum SERS dengan Analit MG dan Substrat Silikon Wafer

Pada gambar 9 menunjukkan peak spektrum SERS dengan Silikon Wafer dan deposisi MG menggunakan *drop-casting*. Dari hasil tersebut menunjukkan peak pada 1180; 1380; dan 1600 cm^{-1} . Pada intensitas tersebut terdapat informasi sesuai Tabel 8.

Substrat Silikon Wafer Analit MB



Gambar 20 Spektrum SERS dengan Analit MB dan Substrat Silikon Wafer

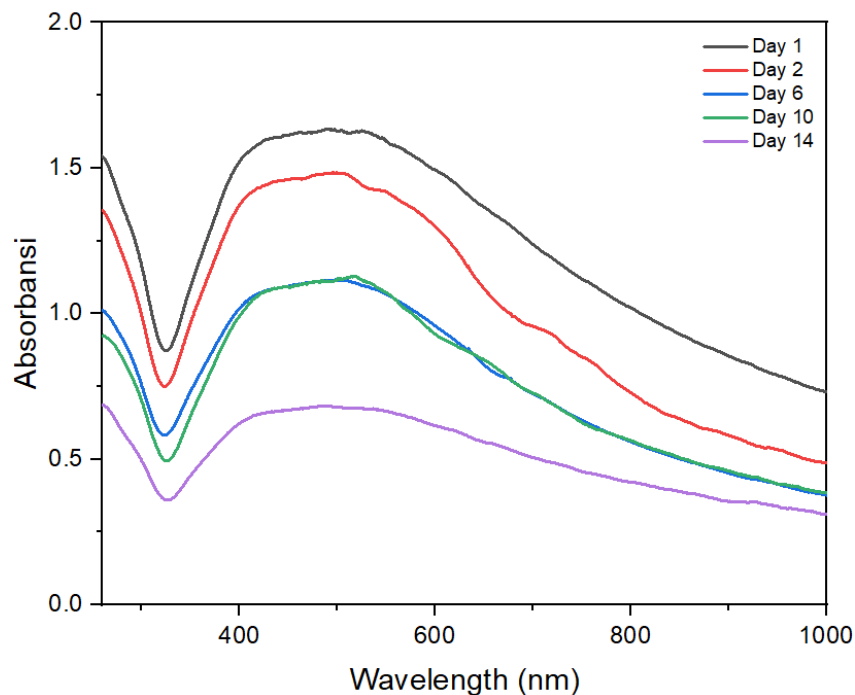
Pada gambar 20 menunjukkan peak spektrum SERS dengan Silikon Wafer dan deposisi MB menggunakan *drop-casting*. Dari hasil tersebut menunjukkan peak pada 494,78; 711,59; 1173,59; 1339,15 dan 1631,29; Informasi dari peak SERS yang telah terdeteksi ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Penetapan puncak utama untuk metilen biru (MB).

Raman (cm^{-1})	SERS (cm^{-1})	Band assignments
448	449	Skeletal deformation of C – N – C
501	502	Skeletal deformation of C – N – C
596	595	Skeletal deformation of C – S – C

671	669	Out-of-plane bending of C – H
770	772	In-plane bending of C – H
890	886	In-plane bending of C – H
951	949	In-plane bending of C – H
1040	1040	In-plane bending of C – H
1154	1154	In-plane bending of C – H
	1180	Stretching of C – N
1302	1302	In-plane ring deformation of C – H
	1326	In-plane ring deformation of C – H
1394	1396	Symmetrical stretching of C – N
	1436	Asymmetrical stretching of C – N
	1471	Asymmetrical stretching of C – N
1502	1501	Asymmetrical stretching of C – N
1623	1626	Ring stretching of C – C

Stabilitas AuNP



Gambar 21 Hasil Pengukuran Stabilitas berdasarkan Hasil Absorbansi UV-Vis Spectrometer

Stabilitas AuNP dapat diamati dengan melihat pola perubahan pada absorbansi menggunakan UV-Vis Spectrometer. Selain itu menggunakan pengamatan pada larutan AuNP yang dibuat yaitu perubahan warna dan larutan mengalami agregat (gumpalan hitam). Pengamatan stabilitas AuNP dilakukan setiap 2 hari selama 1 bulan. Dari pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 21.

Berdasarkan gambar 21, nilai stabilitas menunjukkan bahwa larutan yang dibuat mengalami Stabilitas selama 14 hari. Hal tersebut disebabkan adanya kandungan TSC yang mencegah atau localized partikel nano agar tidak saling menyatu dengan lainnya dan adanya HCl untuk membuat larutan tetap menjadi asam. Walaupun tidak sampai dalam 1 bulan, yang disebabkan adanya keterbatasan waktu dalam pengujian larutan nanopartikel.

EF Kaca Fungsionalisasi Siline Analit MG

EF dipengaruhi oleh peningkatan EM dan *Chemical Enhancement* (CM). Salah satu Intensitas 1179,45 dan 711,6 dipilih sebab memiliki Peningkatan Sinyal

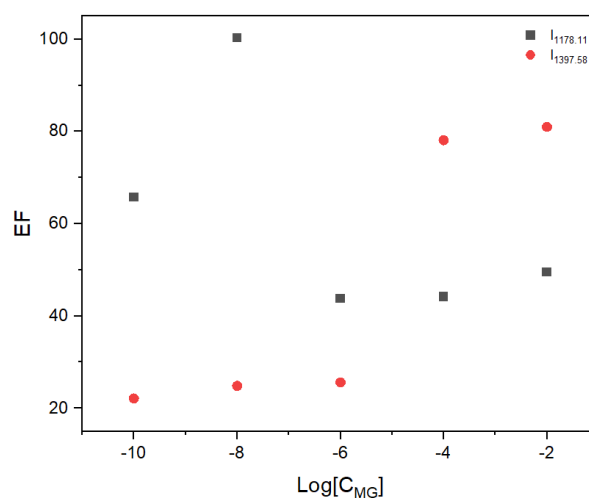
Raman yang signifikan dibandingkan peak raman analit MG lainnya. Pada Intensitas 1179,45 lebih dominan EF dibandingkan Intensitas 711,6 seperti ditunjukkan pada gambar 22. Hal ini disebabkan jenis ikatan yang terjadi dan energi ikatan antara AuNP dan gugus molekul. Pada intensitas 1178,11 terjadi vibrasi deformasi C = C dalam cincin aromatik atau vibrasi simetris gugus aromatik. Vibrasi deformasi ini disebabkan adanya

1. Ikatan Koordinasi (Au – N atau Au – π) yaitu memiliki gugus aromatik kaya elektron π dan gugus amino ($-\text{NH}_2$) pada permukaan silikon rubber yang telah memiliki sifat hidrofilik. Elektron bebas ini dapat berinteraksi dengan permukaan AuNP melalui ikatan koordinasi sehingga terjadi nya transfer muatan (charge transfer)
2. Charge Transfer pada permukaan AuNP akan meningkatkan polarisabilitas sehingga elektron dapat berpindah dari pita konduksi ke pita valensi.

Sedangkan pada intensitas 1397,58 terjadi vibrasi deformasi C – H atau C – N yang melibatkan adanya

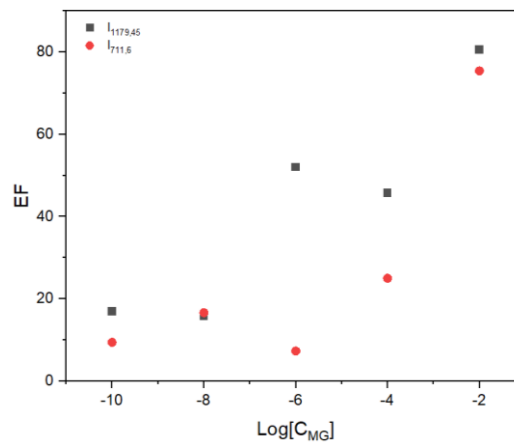
1. Kurang berinteraksi elektron non – π pada permukaan AuNP
2. Ikatan Van der Waals antara gugus C – H yang modimanan sehingga efek charge transfer menjadi lebih kecil

Kekuatan EM yang berorientasi terhadap gugus non – aromatik dengan hotspot plasmonik mempengaruhi lemahnya EF pada pita elekton ini.



Gambar 22 Enhancement Factor (EF) pada Spektrum 1178,11 dan 1397,58

EF Silikon Rubber Fungsionalisasi APTES Analit MG



Gambar 23 Enhancement Factor (EF) pada Spectrum 1179,45 dan 711,6

EF dipengaruhi oleh peningkatan EM dan *Chemical Enhancement* (CM). Salah satu Intensitas 1179,45 dan 711,6 dipilih sebab memiliki Peningkatan Sinyal Raman yang signifikan dibandingkan peak raman analit MG lainnya. Pada Intensitas 1179,45 lebih dominan EF dibandingkan Intensitas 711,6 seperti ditunjukkan pada gambar 23. Hal ini disebabkan jenis ikatan yang terjadi dan energi ikatan antara AuNP dan gugus molekul. Pada intensitas 1178,11 terjadi vibrasi deformasi C = C dalam cincin aromatik atau vibrasi simestris gugus aromatik. Vibrasi deformasi ini disebabkan adanya

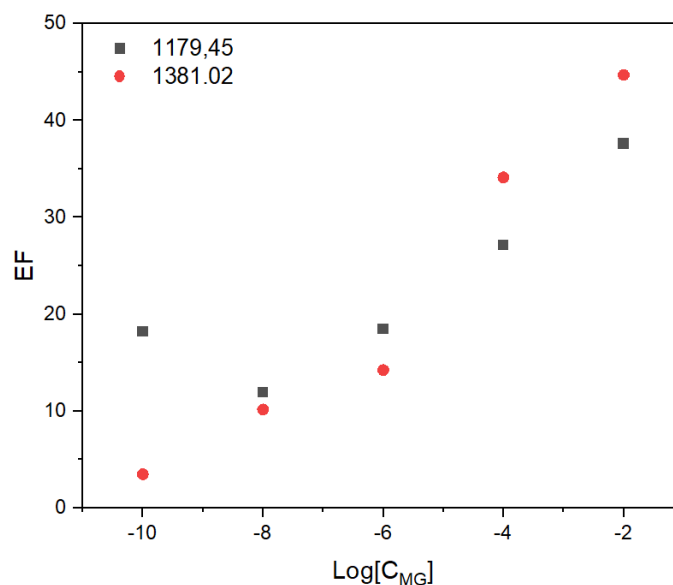
3. Ikatan Koordinasi (Au – N atau Au – π) yaitu memiliki gugus aromatik kaya elektron π dan gugus amino ($-\text{NH}_2$) pada permukaan silikon rubber yang telah memiliki sifat hidrofilik. Elektron bebas ini dapat berinteraksi dengan permukaan AuNP melalui ikatan koordinasi sehingga terjadi nya transfer muatan (charge transfer)
4. Charge Transfer pada permukaan AuNP akan meningkatkan polarisabilitas sehingga elektron dapat berpindah dari pita konduksi ke pita valensi.

Sedangkan pada intensitas 1397,58 terjadi vibrasi deformasi C – H atau C – N yang melibatkan adanya

3. Kurang berinteraksi elektron non – π pada permukaan AuNP
4. Ikatan Van der Waals antara gugus C – H yang modimanan sehingga efek charge transfer menjadi lebih kecil

5. Kekuatan EM yang berorientasi terhadap gugus non – aromatik dengan hotspot plasmonik mempengaruhi lemahnya EF pada pita elektron ini.

EF Preparat Kaca Fungsionalisasi SILINE Analit MG



Gambar 24 Enhancement Factor (EF) pada Spectrum 1179,45 dan 1381,02

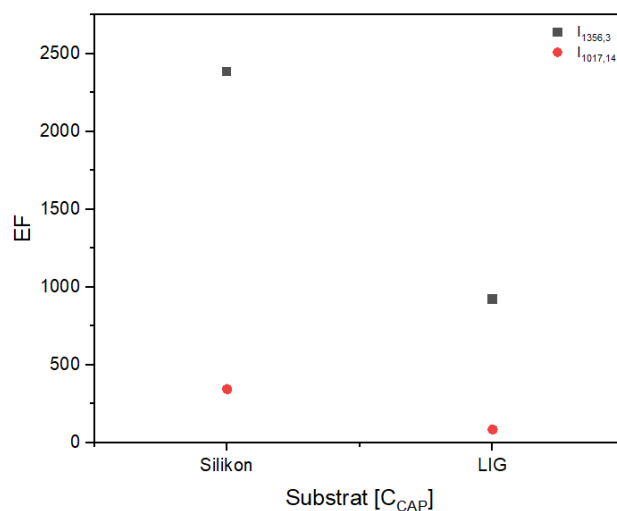
EF dipengaruhi oleh peningkatan EM dan *Chemical Enhancement* (CM). Salah satu Intensitas 1179,45 dan 711,6 dipilih sebab memiliki Peningkatan Sinyal Raman yang signifikan dibandingkan peak raman analit MG lainnya. Pada Intensitas 1179,45 lebih dominan EF dibandingkan Intensitas 711,6 seperti ditunjukkan pada gambar 24. Hal ini disebabkan jenis ikatan yang terjadi dan energi ikatan antara AuNP dan gugus molekul. Pada intensitas 1178,11 terjadi vibrasi deformasi C = C dalam cincin aromatik atau vibrasi simestris gugus aromatik. Vibrasi deformasi ini disebabkan adanya

5. Ikatan Koordinasi (Au – N atau Au – π) yaitu memiliki gugus aromatik kaya elektron π dan gugus amino ($-\text{NH}_2$) pada permukaan silikon rubber yang telah memiliki sifat hidrofilik. Elektron bebas ini dapat berinteraksi dengan permukaan AuNP melalui ikatan koordinasi sehingga terjadi nya transfer muatan (charge transfer)
6. Charge Transfer pada permukaan AuNP akan meningkatkan polarisabilitas sehingga elektron dapat berpindah dari pita konduksi ke pita valensi.

Sedangkan pada intensitas 1397,58 terjadi vibrasi deformasi C – H atau C – N yang melibatkan adanya

6. Kurang berinteraksi elektron non – π pada permukaan AuNP
7. Ikatan Van der Waals antara gugus C – H yang modimanan sehingga efek charge transfer menjadi lebih kecil
8. Kekuatan EM yang berorientasi terhadap gugus non – aromatik dengan hotspot plasmonik mempengaruhi lemahnya EF pada pita elektron ini.

EF Analit CAP



Gambar 25 Enhancement Factor (EF) pada Spectrum 1356,3 dan 1017,14

Pada gambar 25 menunjukkan EF setiap substrat SERS yang di teteskan analit CAP dengan setiap konsentrasi CAP memiliki 2×10^3 ; dan 9×10^2 ; 3×10^2 8.5×10 .

Size AuNP

Size AuNP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut. Selain menggunakan persamaan untuk mengetahui size AuNP dapat diamati menggunakan TEM

$$d = \frac{\ln\left(\frac{\lambda_{SPR} - \lambda_0}{L_1}\right)}{L_2} \quad (1)$$

Dengan nilai L_1 yaitu 6,53; dan L_2 yaitu 0,0216; d yaitu diameter ukuran AuNP; λ_{SPR} yaitu nilai peak absorbansi wavelength sebelum naik dan λ_0 yaitu nilai maksimum peak absorbansi wavelength nanopartikel.

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Hasil Kegiatan MBKM

Hasil dari kegiatan MBKM ini menunjukkan bahwa mahasiswa memperoleh pengalaman berharga dalam riset nanopartikel berbentuk nanostars berbahan dasar emas. Dalam eksperimen yang dilakukan, setiap jenis substrat memiliki nilai Limit of Detection (LoD) yang bervariasi. Substrat kaca yang difungsionalisasi dengan silane menunjukkan nilai LoD sebesar $3,0 \times 10^{-6}$ M dan $0,8 \times 10^{-6}$ M, sedangkan substrat silicon rubber yang difungsionalisasi dengan APTES menunjukkan nilai LoD yang jauh lebih rendah, yakni $9,4 \times 10^{-10}$ M dan $9,0 \times 10^{-10}$ M. Kedua substrat ini digunakan dengan analit malachite green (MG) sebagai target deteksi.

Selain itu, penelitian ini juga berhasil mengukur Enhancement Factor (EF) pada spektrum Raman yang dihasilkan. Untuk substrat kaca dengan fungsionalisasi silane, nilai EF yang diperoleh adalah 37,6; 27,1; 18,4; 11,9; dan 18,2 pada puncak $1179,45 \text{ cm}^{-1}$ serta 44,7; 34,1; 14,2; 10,1; dan 3,4 pada puncak $1381,02 \text{ cm}^{-1}$. Sementara itu, substrat silicon rubber dengan fungsionalisasi APTES memberikan nilai EF sebesar 80,5; 45,7; 52; 15,7; dan 16,9. Nanopartikel berbentuk bintang terbukti mampu meningkatkan sinyal Raman, sebagaimana ditunjukkan oleh spektrum Surface-Enhanced Raman Scattering (SERS) yang berhasil mendeteksi analit malachite green (MB). Spektrum SERS ini menunjukkan sejumlah puncak signifikan, di antaranya pada $494,78$; $711,59$; $1173,59$; $1339,15$; dan $1631,29 \text{ cm}^{-1}$. Puncak-puncak ini merepresentasikan informasi penting terkait analit, seperti *skeletal deformation* dari C–N–C, *in-plane bending* dari C–H, dan *stretching* dari C–N serta cincin aromatik C–C.

Selanjutnya, stabilitas nanopartikel berbentuk bintang ini teruji hingga 14 hari setelah pembuatan. Nanopartikel yang sama juga digunakan untuk mendeteksi analit paraquat, di mana spektrum SERS menunjukkan sejumlah puncak signifikan

pada 489,58; 809,99; 1164,8; 1266,89; dan 1609,61 cm^{-1} . Puncak-puncak ini mengandung informasi molekuler, seperti vibrasi cincin aromatik, deformasi C–H, vibrasi C–N, serta vibrasi rangkap C=C. Untuk analit chloramphenicol (CAP), spektrum SERS menunjukkan nilai EF sebesar 2×10^3 ; 9×10^2 ; 3×10^2 ; dan $8,5 \times 10$, yang mengindikasikan bahwa nanopartikel berbentuk bintang mampu meningkatkan sensitivitas deteksi analit secara signifikan.

Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan nanopartikel berbentuk nanostars dapat meningkatkan sinyal Raman secara substansial, memperluas aplikasi deteksi berbasis SERS, serta menawarkan potensi penggunaan yang lebih luas dalam bidang sensor kimia dan biomedis. Stabilitas nanopartikel hingga 14 hari juga menambah nilai praktisnya untuk pengembangan sensor berbasis nanomaterial di masa depan.

Manfaat Kegiatan MBKM

Mahasiswa mendapatkan pengetahuan, pengalaman, dan metode dengan baik dalam bidang riset nanopartikel. Pengetahuan yang didapatkan, meliputi cara penggunaan alat optik dengan baik, mengetahui analisis data menggunakan origin sehingga mendapatkan data yang akurat dan dapat dipahami.

4.2 Saran

Penelitian ini masih menggunakan AgNO_3 , yang merupakan senyawa bersifat toksik. Senyawa tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, khususnya dalam hal pencemaran air tanah dan sungai. Berdasarkan studi yang telah dilakukan, AgNO_3 terbukti dapat menghambat pertumbuhan organisme akuatik seperti plankton dan ikan kecil. Selain itu, paparan AgNO_3 pada konsentrasi tertentu dapat memicu apoptosis dan nekrosis pada sel mamalia, yang berdampak serius bagi ekosistem dan kesehatan. Mengingat dampaknya yang signifikan terhadap lingkungan, diperlukan alternatif larutan yang mampu merangsang pertumbuhan duri pada nanopartikel nanostars tanpa menimbulkan pencemaran lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Annadhasan, M., Kasthuri, J., & Rajendiran, N. (2015). Green synthesis of gold nanoparticles under sunlight irradiation and their colorimetric detection of Ni²⁺ and Co²⁺ ions. *RSC Advances*, 5(15), 11458–11468. <https://doi.org/10.1039/C4RA14034F>
- Atta, S., Beetz, M., & Fabris, L. (2019). Understanding the role of AgNO₃ concentration and seed morphology in the achievement of tunable shape control in gold nanostars. *Nanoscale*, 11(6), 2946–2958. <https://doi.org/10.1039/C8NR07615D>
- Becerril-Castro, I. B., Calderon, I., Pazos-Perez, N., Guerrini, L., Schulz, F., Feliu, N., Chakraborty, I., Giannini, V., Parak, W. J., & Alvarez-Puebla, R. A. (2022). Gold Nanostars: Synthesis, Optical and SERS Analytical Properties. *Analysis & Sensing*, 2(3), e202200005. <https://doi.org/10.1002/ANSE.202200005>
- Bhattacharyya, M., & Hossain, M. (2024). Picomolar level sensorial dual colorimetric gold nanoparticle sensor for Zn²⁺ and Hg²⁺ ions synthesized from bark extract of *Lannea Grandis* Coromandelica and its wide range applications in real sample analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 308, 123682. <https://doi.org/10.1016/J.SAA.2023.123682>
- Camp, C. H., & Cicerone, M. T. (2015). Chemically sensitive bioimaging with coherent Raman scattering. *Nature Photonics* 2015 9:5, 9(5), 295–305. <https://doi.org/10.1038/nphoton.2015.60>
- Cardoso, A. R., Carneiro, L. P. T., Cabral-Miranda, G., Bachmann, M. F., & Sales, M. G. F. (2021). Employing bacteria machinery for antibiotic detection: Using DNA gyrase for ciprofloxacin detection. *Chemical Engineering Journal*, 409, 128135. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2020.128135>
- Cortés, E., Wendisch, F. J., Sortino, L., Mancini, A., Ezendam, S., Saris, S., De S. Menezes, L., Tittl, A., Ren, H., & Maier, S. A. (2022). Optical Metasurfaces for Energy Conversion. *Chemical Reviews*, 122(19),

15082–15176.

https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMREV.2C00078/ASSET/IMAGES/MEDIUM/CR2C00078_M034.GIF

De Puig, H., Tam, J. O., Yen, C. W., Gehrke, L., & Hamad-Schifferli, K. (2015). Extinction Coefficient of Gold Nanostars. *Journal of Physical Chemistry C*, 119(30), 17408–17415.

https://doi.org/10.1021/ACS.JPCC.5B03624/SUPPL_FILE/JP5B03624_SI_001.PDF

Fu, C., Jiang, S., Zhuo, S., Qiu, J., Luo, H., Wu, Y., Li, Y., & Jung, Y. M. (2024). Covalent organic framework–hybridized Ag nanoparticles as SERS substrate for highly sensitive detection of DNA bases. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 416(24), 5295–5302.

<https://doi.org/10.1007/S00216-024-05460-0/TABLES/1>

Fytory, M., Khalid, S. A., Zaki, A. H., Fritzsche, W., & Azzazy, H. M. E. (2024). Photocatalytic Nanocomposite Based on Titanate Nanotubes Decorated with Plasmonic Nanoparticles for Enhanced Broad-Spectrum Antibacterial Activity. *ACS Applied Bio Materials*.

https://doi.org/10.1021/ACSABM.4C00877/ASSET/IMAGES/LARGE/MT4C00877_0007.JPEG

Hang, Y., Wang, A., & Wu, N. (2024a). Plasmonic silver and gold nanoparticles: shape- and structure-modulated plasmonic functionality for point-of-care sensing, bio-imaging and medical therapy. *Chemical Society Reviews*, 53(6), 2932–2971.

<https://doi.org/10.1039/D3CS00793F>

Hang, Y., Wang, A., & Wu, N. (2024b). Plasmonic silver and gold nanoparticles: shape- and structure-modulated plasmonic functionality for point-of-care sensing, bio-imaging and medical therapy. *Chemical Society Reviews*, 53(6), 2932–2971.

<https://doi.org/10.1039/D3CS00793F>

Hermesen, A., Hertel, F., Wilbert, D., Mayer, C., & Jaeger, M. (2024). MD and DFT Calculations to Analyze Raman and SERS Spectra of Paraquat—

From Computer Aided Spectra Interpretation to Pesticide Identification.
Applied Research.

<https://doi.org/10.1002/appl.202400182>

Hubbs, A. F., Sargent, L. M., Porter, D. W., Sager, T. M., Chen, B. T., Frazer, D. G., Castranova, V., Sriram, K., Nurkiewicz, T. R., Reynolds, S. H., Battelli, L. A., Schwegler-Berry, D., McKinney, W., Fluharty, K. L., & Mercer, R. R. (2013). Nanotechnology: Toxicologic pathology. *Toxicologic Pathology*, 41(2), 395–409.

https://doi.org/10.1177/0192623312467403/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_0192623312467403-FIG8.JPEG

Jara, N., Milán, N. S., Rahman, A., Mouheb, L., Boffito, D. C., Jeffryes, C., & Dahoumane, S. A. (2021). Photochemical Synthesis of Gold and Silver Nanoparticles—A Review. *Molecules* 2021, Vol. 26, Page 4585, 26(15), 4585.

<https://doi.org/10.3390/MOLECULES26154585>

Jones, R. R., Hooper, D. C., Zhang, L., Wolverson, D., & Valev, V. K. (2019). Raman Techniques: Fundamentals and Frontiers. *Nanoscale Research Letters* 2019 14:1, 14(1), 1–34.

<https://doi.org/10.1186/S11671-019-3039-2>

Kumalasari, M. R., Alfanaar, R., & Andreani, A. S. (2024). Gold nanoparticles (AuNPs): A versatile material for biosensor application. *Talanta Open*, 9, 100327.

<https://doi.org/10.1016/J.TALO.2024.100327>

Lai, K., Zhang, Y., Du, R., Zhai, F., Rasco, B. A., & Huang, Y. (2011). Determination of chloramphenicol and crystal violet with surface enhanced Raman spectroscopy. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 5(1), 19–24.

<https://doi.org/10.1007/S11694-011-9106-8/FIGURES/6>

Li, C., Huang, Y., Lai, K., Rasco, B. A., & Fan, Y. (2016). Analysis of trace methylene blue in fish muscles using ultra-sensitive surface-enhanced Raman spectroscopy. *Food Control*, 65, 99–105.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2016.01.017>

Li, C., Huang, Y., Li, X., Zhang, Y., Chen, Q., Ye, Z., Alqarni, Z., Bell, S. E. J., & Xu, Y. (2021). Towards practical and sustainable SERS: a review of recent developments in the construction of multifunctional enhancing substrates. *Journal of Materials Chemistry C*, 9(35), 11517–11552.

<https://doi.org/10.1039/D1TC02134F>

Li, J., & Deepak, F. L. (2022). In Situ Kinetic Observations on Crystal Nucleation and Growth. In *Chemical Reviews* (Vol. 122, Issue 23, pp. 16911–16982). American Chemical Society.

<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c01067>

Li, N., Zhao, P., & Astruc, D. (2014). Anisotropic Gold Nanoparticles: Synthesis, Properties, Applications, and Toxicity. *Angewandte Chemie International Edition*, 53(7), 1756–1789.

<https://doi.org/10.1002/ANIE.201300441>

Michałowska, A., & Kudelski, A. (2024). Applications of surface enhanced Raman scattering (SERS) spectroscopy for detection of nucleic acids. *Nanophotonics*, 13(25), 4577–4603.

<https://doi.org/10.1515/NANOPH-2024-0230>

Nguyen, D. K., & Jang, C. H. (2022). Ultrasensitive colorimetric detection of amoxicillin based on Tris-HCl-induced aggregation of gold nanoparticles. *Analytical Biochemistry*, 645, 114634.

<https://doi.org/10.1016/J.AB.2022.114634>

Putri, L. A., Prabowo, Y. D., Dewi, D. M. M., Mumtazah, Z., Adila, F. P., Fadillah, G., Amrillah, T., Triyana, K., Nugroho, F. A. A., & Wasisto, H. S. (2024). Review of Noble Metal Nanoparticle-Based Colorimetric Sensors for Food Safety Monitoring. *ACS Applied Nano Materials*, 7(17), 19821–19853.

https://doi.org/10.1021/ACSANM.4C04327/ASSET/IMAGES/LARGE/AN4C04327_0014.JPEG

Ramanathan, S., Gopinath, S. C. B., Arshad, M. K. M., Poopalan, P., & Perumal, V. (2021). Nanoparticle synthetic methods: strength and

- limitations. *Nanoparticles in Analytical and Medical Devices*, 31–43.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821163-2.00002-9>
- Rattanawongwiboon, T., Soontaranon, S., Hemvichian, K., Lertsarawut, P., Laksee, S., & Picha, R. (2022). Study on particle size and size distribution of gold nanoparticles by TEM and SAXS. *Radiation Physics and Chemistry*, 191, 109842.
<https://doi.org/10.1016/J.RADPHYSICHEM.2021.109842>
- Riswana Barveen, N., Wang, T. J., & Chang, Y. H. (2022a). Photochemical synthesis of Au nanostars on PMMA films by ethanol action as flexible SERS substrates for in-situ detection of antibiotics on curved surfaces. *Chemical Engineering Journal*, 431, 134240.
<https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2021.134240>
- Riswana Barveen, N., Wang, T. J., & Chang, Y. H. (2022b). Photochemical synthesis of Au nanostars on PMMA films by ethanol action as flexible SERS substrates for in-situ detection of antibiotics on curved surfaces. *Chemical Engineering Journal*, 431, 134240.
<https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2021.134240>
- Sarfraz, N., & Khan, I. (2021). Plasmonic Gold Nanoparticles (AuNPs): Properties, Synthesis and their Advanced Energy, Environmental and Biomedical Applications. *Chemistry – An Asian Journal*, 16(7), 720–742.
<https://doi.org/10.1002/ASIA.202001202>
- Shanmugasundaram, T., Radhakrishnan, M., Gopikrishnan, V., Kadirvelu, K., & Balagurunathan, R. (2017). Biocompatible silver, gold and silver/gold alloy nanoparticles for enhanced cancer therapy: in vitro and in vivo perspectives. *Nanoscale*, 9(43), 16773–16790.
<https://doi.org/10.1039/C7NR04979J>
- Shiohara, A., Wang, Y., & Liz-Marzán, L. M. (2020). Recent Approaches toward Creation of Hot Spots for SERS Detection*. *Colloidal Synthesis of Plasmonic Nanometals*, 563–622.
<https://doi.org/10.1201/9780429295188-18>
- Tyagi, H., Kushwaha, A., Kumar, A., & Aslam, M. (2016). A Facile pH

Controlled Citrate-Based Reduction Method for Gold Nanoparticle Synthesis at Room Temperature. *Nanoscale Research Letters*, 11(1), 1–11.

<https://doi.org/10.1186/S11671-016-1576-5/TABLES/2>

Vinnacombe-Willson, G. A., Conti, Y., Stefancu, A., Weiss, P. S., Cortés, E., & Scarabelli, L. (2023). Direct Bottom-Up In Situ Growth: A Paradigm Shift for Studies in Wet-Chemical Synthesis of Gold Nanoparticles. In *Chemical Reviews* (Vol. 123, Issue 13, pp. 8488–8529). American Chemical Society.

<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00914>

Wu, H. Y., Choi, C. J., & Cunningham, B. T. (2012). Plasmonic Nanogap-Enhanced Raman Scattering Using a Resonant Nanodome Array. *Small*, 8(18), 2878–2885.

<https://doi.org/10.1002/SMLL.201200712>

Wu, X., Cui, C., Zhu, X., & Kan, C. (2024). Plasmon-enhanced electrocatalytic ethanol oxidation over Au@Pd nanostars. *Journal of Alloys and Compounds*, 1002, 175495.

<https://doi.org/10.1016/J.JALLCOM.2024.175495>

Xia, M., Hu, L., Ye, Y., & Li, Y. (2025). Tuning surface morphology of AuNPs film via thiourea as a stable SERS platform for methylene blue. *Talanta*, 281, 126848.

<https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2024.126848>


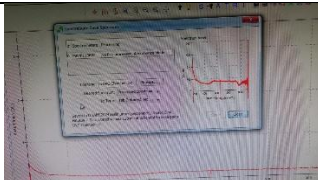
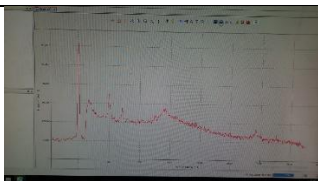
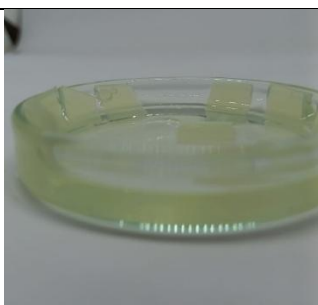
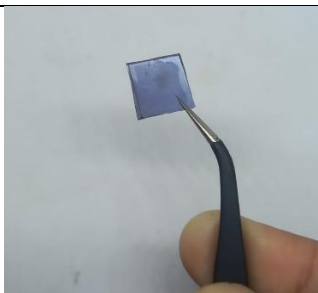
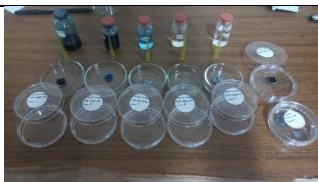
Zamora-Navarro, J. L., González-Zárate, D., Díaz-Solís, M. A., Soriano-Rosales, M. G., Okolodkov, Y. B., & Zamora-Peredo, L. (2022). SERS Detection of Methylene Blue and Crystal Violet Using Silver Nanostars. *Materials Proceedings 2022*, Vol. 9, Page 27, 9(1), 27.


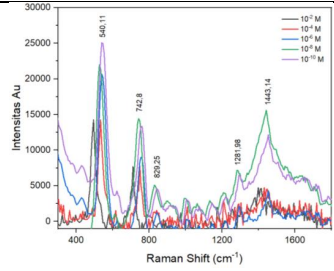
<https://doi.org/10.3390/MATERPROC2022009027>

LAMPIRAN

Yang perlu dilampirkan:

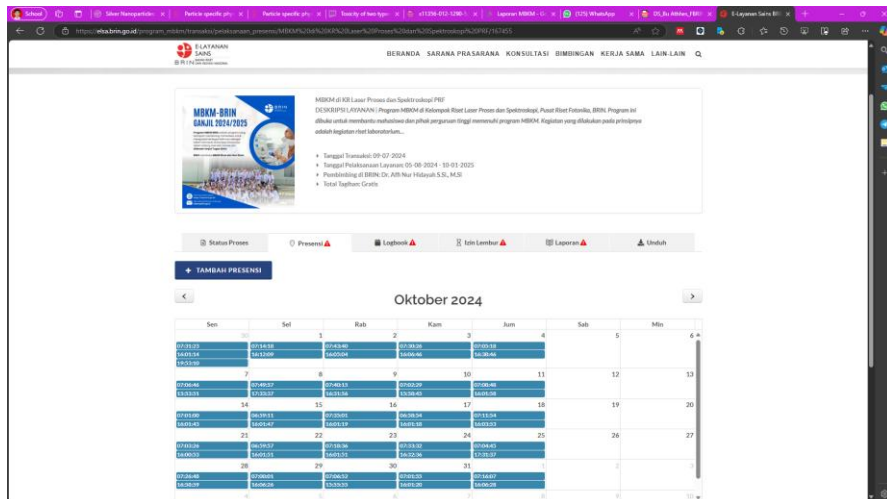
1. Dokumentasi kegiatan MBKM

Tanggal Kegiatan	Jenis Kegiatan	Dokumentasi Kegiatan
3 September – 31 Desember 2024	Pembuatan Sample HAuCl_4	
3 September – 31 Desember 2024	Pengujian Sample menggunakan UV-Vis	
3 September – 31 Desember 2024	Pengujian Sample menggunakan Raman Spectroscopy	
15 November – 25 November 2024	Pembuatan Substrat	
5 September 2024 – 31 Desember 2024	Deposisi nanopartikel ke substrat SERS	
3 September – 31 Desember 2024	Deposisi Analit ke substrat SERS	

	Pengujian Sampel menggunakan TEM	
3 September – 31 Desember 2024	Pengolaan dan Analisis Data	

2. Absensi dan LogBook dari Elsa BRIN

Presensi Elsa BRIN



BERANDA SARANA PRASARANA KONSULTASI BIMBINGAN KERJA SAMA LAIN LAIN

MBKM di RE Laser Proses dan Spektroskopi PIR
 (DISKUSIPUSILIPANAN) Program MBKM di Reaktor PIR Laser Proses dan Spektroskopi PIR, Elsa BRIN Program ini adalah untuk membantu mahasiswa dan pihak program yang mengikuti program MBKM. Kegiatan yang dilakukan pada prinsipnya adalah kegiatan riset laboratorium...

• Tanggal Tutorials: 09-07-2024
 • Tanggal Pelaksanaan Layanan: 05-08-2024 - 10-03-2025
 • Penanggung Jawab: Dr. Aji Nur Hidayat S.Si, M.Sc
 • Tempat: Tugu Pahlawan Garuda

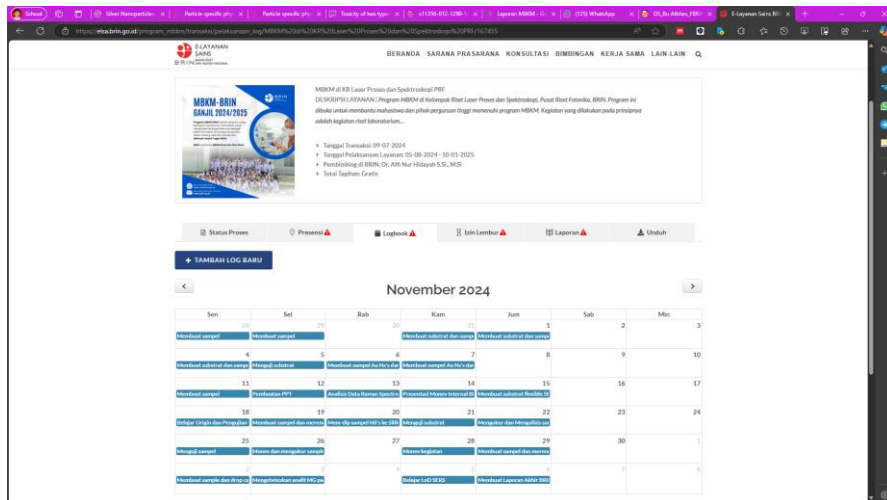
Status Proses Presensi Logbook KIR Lember Laporan Unduh

TAMBAH PRESENSI

Oktober 2024

Sen	Sel	Rab	Kam	Jum	Sub	Mis
01-10-2024	02-10-2024	03-10-2024	04-10-2024	05-10-2024	06-10-2024	07-10-2024
08-10-2024	09-10-2024	10-10-2024	11-10-2024	12-10-2024	13-10-2024	14-10-2024
15-10-2024	16-10-2024	17-10-2024	18-10-2024	19-10-2024	20-10-2024	21-10-2024
22-10-2024	23-10-2024	24-10-2024	25-10-2024	26-10-2024	27-10-2024	28-10-2024
29-10-2024	30-10-2024	31-10-2024				

LogBook



BERANDA SARANA PRASARANA KONSULTASI BIMBINGAN KERJA SAMA LAIN LAIN

MBKM di RE Laser Proses dan Spektroskopi PIR
 (DISKUSIPUSILIPANAN) Program MBKM di Reaktor PIR Laser Proses dan Spektroskopi PIR, Elsa BRIN Program ini adalah untuk membantu mahasiswa dan pihak program yang mengikuti program MBKM. Kegiatan yang dilakukan pada prinsipnya adalah kegiatan riset laboratorium...

• Tanggal Tutorials: 09-07-2024
 • Tanggal Pelaksanaan Layanan: 05-08-2024 - 10-03-2025
 • Penanggung Jawab: Dr. Aji Nur Hidayat S.Si, M.Sc
 • Tempat: Tugu Pahlawan Garuda

Status Proses Presensi Logbook KIR Lember Laporan Unduh

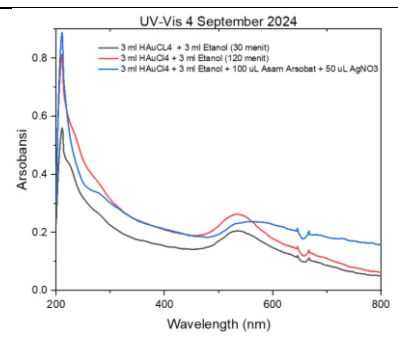
TAMBAH LOG BARU

November 2024

Sen	Sel	Rab	Kam	Jum	Sub	Mis
01-11-2024	02-11-2024	03-11-2024	04-11-2024	05-11-2024	06-11-2024	07-11-2024
08-11-2024	09-11-2024	10-11-2024	11-11-2024	12-11-2024	13-11-2024	14-11-2024
15-11-2024	16-11-2024	17-11-2024	18-11-2024	19-11-2024	20-11-2024	21-11-2024
22-11-2024	23-11-2024	24-11-2024	25-11-2024	26-11-2024	27-11-2024	28-11-2024
29-11-2024	30-11-2024	01-12-2024				

3. Luaran kegiatan MBKM (jika ada). Misalnya:

- Data dan Analisis Hasil Penelitian menggunakan Origin
https://drive.google.com/drive/folders/1up3NdiA5Dw5XyT0KoOL_Uq9UdZn91EJr?usp=drive_link
- laporan hasil penelitian,
 - Hasil Penelitian dengan Analite MG
https://drive.google.com/file/d/1AUlgBiuEND2u5Dnt2_NibGsvWMeLx9ET/view?usp=drive_link
 - Hasil Penelitian dengan Analite CAP
https://drive.google.com/file/d/1aDNAIxz1_99fpBh7UVv9_HNOhwJgaXwX/view?usp=drive_link
 - Hasil Penelitian dengan Analite Paraquat
https://drive.google.com/file/d/1_QNPZP2GA4AH8OdZ47GA07hLuIjLP1et/view?usp=drive_link
 - Hasil Penelitian dengan Analite MB
https://drive.google.com/file/d/1-nJhJOvdMzPrHB4L7OCrTauQraTNHYdi/view?usp=drive_link
- laporan hasil pengujian,

Tanggal Pengujian	Jenis Pengujian	Dokumentasi Pengujian
4 September 2024	UV-Vis	 <p>UV-Vis 4 September 2024</p> <p>— 3 ml HAuCl₄ + 3 ml Etanol (30 menit) — 3 ml HAuCl₄ + 3 ml Etanol (120 menit) — 3 ml HAuCl₄ + 3 ml Etanol + 100 uL Asam Ascorbat + 50 uL AgNO₃</p>

5 September 2024	UV-Vis	
6 September 2024	UV-Vis	
10 September 2024	UV-Vis	
11 September 2024	UV-Vis	
18 – 31 Desember 2024	Stabilitas menggunakan UV-Vis	

22 November 2024	Pengujian menggunakan Raman Spectroscopy	EF
22 November 2024	Pengujian Raman	

- Kode Program

Kode Program Matlab

```
% Tambahkan path MNPBEM jika belum ditambahkan
addpath(genpath('C:\Users\asus\Downloads\MNPBEM'));
```

```
% Definisikan fungsi dielektrik
```

```
epstab = {epsconst(1.33^2), epstable('gold.dat')};
```

```
% Buat nanosphere dengan 144 vertices dan diameter 10 nm
```

```
p = trisphere(144, 10);
```

```

% Definisikan properti dielektrik nanopartikel
p = comparticle(epstab, {p}, [2,1], 1);

% Inisialisasi BEM solver
bem = bemstat(p);

% Definisikan eksitasi gelombang datar
exc = planewavestat([1,0,0; 0,1,0]);

% Definisikan panjang gelombang (dalam nm)
enei = linspace(400, 700, 80);

% Inisialisasi array untuk menyimpan hasil hamburan
sca = zeros(length(enei), 2);

% Loop utama untuk berbagai panjang gelombang eksitasi
for ien = 1:length(enei)
    sig = bem \ exc(p, enei(ien));
    sca(ien, :) = exc.sca(sig);
end

% Plot hasil
figure;
plot(enei, sca);
xlabel('Wavelength (nm)');
ylabel('Scattering cross section');
title('Scattering spectrum of gold nanosphere');
legend('x-polarization', 'y-polarization');

% Hitung dan plot muatan permukaan untuk panjang gelombang tertentu
ien = 40; % Misalnya, pilih panjang gelombang ke-40

```

```

sig = bem \ exc(p, enei(ien));

figure;
plot(p, real(sig.sig), 'EdgeColor', 'b');
title(['Surface charge at ' num2str(enei(ien)) ' nm']);

figure;
field = bem.field(sig,2);
plot(p,real(field.e),'scale',0.6);

% Hitung dan plot medan listrik di sekitar partikel
[x, y] = meshgrid(linspace(-15, 15, 31));
pt = compoint(p, [x(:), y(:), 0*x(:)], 'mindist', 1);

% Gunakan bem.field untuk menghitung medan listrik
field = bem.field(sig);

figure;
plot(p, 'EdgeColor', 'b');
hold on;
quiver(p.pos(:,1), p.pos(:,2), real(field.e(:,1)), real(field.e(:,2)));
title(['Electric field at ' num2str(enei(ien)) ' nm']);
axis equal;

```

- LogBook MBKM

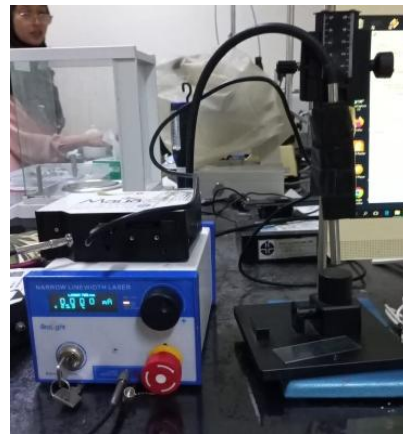
Tanggal Kegiatan	Rincian Kegiatan	Output Kegiatan
7 Agustus 2024 – 3 September 2024	• Mengkaji Jurnal SERS dan Nanostars SERS Sensor	dibuat dengan larutan nanopartikel dan substrat sebagai tempat hotspot dari nanopartikel

Antibiotik dengan tersebut. Apabila ada analit yang Analit CAP dan berinteraksi dengan nanopartikel CPX maka akan terjadi perubahan

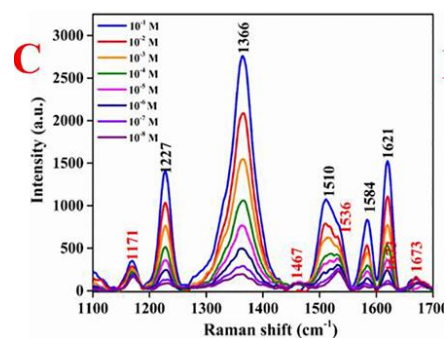
- Memahami cara intensitas, perubahan ini dideteksi kerja SERS oleh raman dan disebut sebagai
- Mengetahui apa raman shift. Aplikasi raman ini yang dikerjakan juga disebut sebagai SERS seperti selama lab di pada gambar berikut

Gedung 442, Fisika **Portable Device**
BRIN

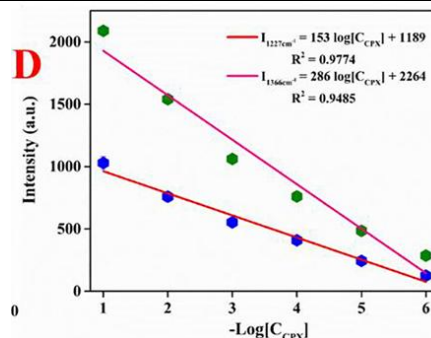
- Mengetahui dan Memahami perihal Raman Spectrometri dengan baik



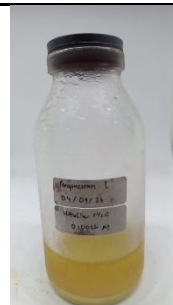
Hasil Pengukuran Raman



LoD Pengukuran SERS



- 4 September 2024
- Mengenal bahan-bahan kimia yang digunakan dalam preparasi solution sampel yang dibuat dengan prosedur yang tepat
 - Mengetahui penggunaan alat UV-Vis, Timbangan Digital, Kuvet, Raman Portabel dengan baik dan benar



- 5 – 6 September 2024
- Menghitung formulasi berupa molar yang digunakan dalam pembuatan nanostars yaitu HAuCl_4 (0.0026 M) + Etanol + 50 uL Asam Asobat + 100 uL AgNO_3
 - Didapat perhitungan dengan formulasi yang digunakan Persamaan Volume berikut $m_1 \times v_1 = m_2 \times v_2$ Dengan menggunakan formulasi tersebut maka didapat HAuCl_4 yaitu 0.0026 M; Untuk mengukur molaritas dari bahan dengan diketahui massa jenis bahan, maka digunakan

Cont.

-
- Menghitung formulasi molar dan takaran bahan dan membuat sample dari takaran bahan yang telah dihitung

$$n = \frac{m}{Mr}$$

Dari perhitungan tersebut maka didapat mol dari suatu bahan, dan dilanjut dengan pengukuran M

$$M = \frac{n}{v}$$

- Membuat 3 sampel dengan variasi pada waktu sampel dan takaran sampel yaitu 30 menit untuk 3 mL HAuCl_4 + 3 mL Etanol, 60 menit dan 90 menit untuk HAuCl_4 (0.0026 M) + Etanol + 50 uL Asam Asobat + 100 uL AgNO_3

Maka dari perhitungan yang digunakan didapat hasil akhir Molaritas nanostars diantaranya Asam Aksorbat yaitu 0.01 M; AgNO_3 yaitu 0.01 M, 0.03 M dan 0.001 M;



9 September 2024

- Membuat sampel 30 menit untuk 3 mL HAuCl_4 + 3 mL Etanol, 60 menit dan 90 menit untuk HAuCl_4 (0.0026 M) + Etanol + 50 uL Asam Asobat + 100 uL AgNO_3
 - Kemudian
-



mengeteteskan ke substrat dengan variasi 1 mL setiap 3 silikon wafer. Ditetesin pada suhu 50°C guna hotplat



10 – 11 September 2024 Membuat 3 sampel dengan variasi pada waktu sampel dan takaran sampel yaitu 30 menit untuk 3 mL HAuCl_4 + 3 mL Etanol, 60 menit dan 90 menit untuk HAuCl_4 (0.0026 M) + Etanol + 50 μL Asam Asobat + 100 μL AgNO_3



12 – 13, 16 – 20 September 2024 • Membuat 3 sampel dengan variasi pada waktu sampel dan takaran sampel yaitu 30 menit untuk 3 mL HAuCl_4 + 3 mL Etanol, 60 menit dan 90 menit untuk

Sampel yang dibuat



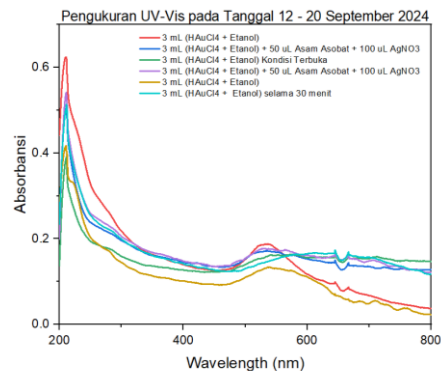
Hasil yang pengukuran UV-Vis dan diolah menggunakan aplikasi

Cont.

HAuCl_4 (0.0026 M) + Etanol + 50

uL Asam Asobat + 100 uL AgNO_3

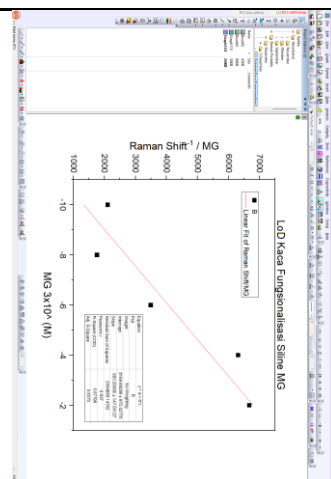
- Mengukur semua sampel yang telah dibuat. Kemudian sampel diukur menggunakan UV-Vis untuk mengetahui absorbansi sampel apakah sampel termasuk nanostars atau jenis lainnya



Sampel yang dibuat berbentuk nanosphere yang dapat diketahui dari nilai absorbansi belum menyentuh nilai 600 nm



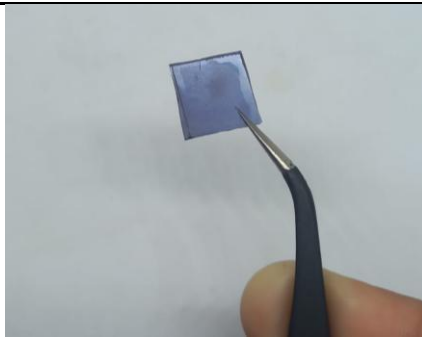
23 September 2024

- Belajar Pengolahan data menggunakan Aplikasi Origin
- Mempelajari aplikasi origin dengan baik dan mahir dipandu bersama Bu Affi. Penggunaan origin ini bertujuan untuk menganalisis data dan plot data sehingga didapatkan gambar atau grafik

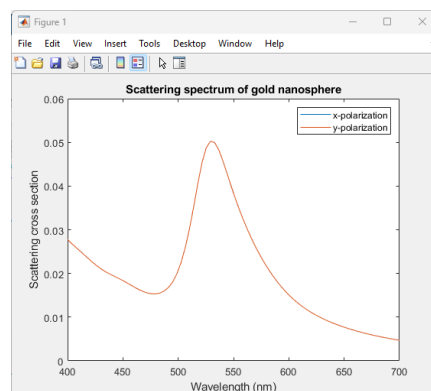
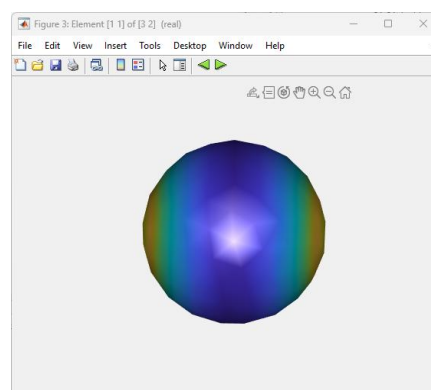
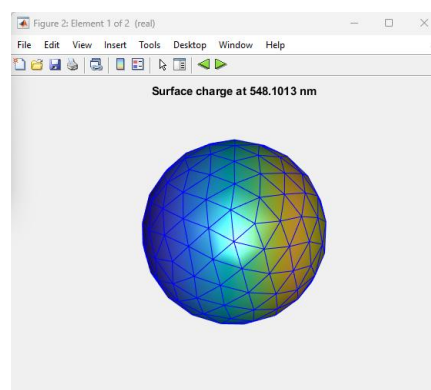
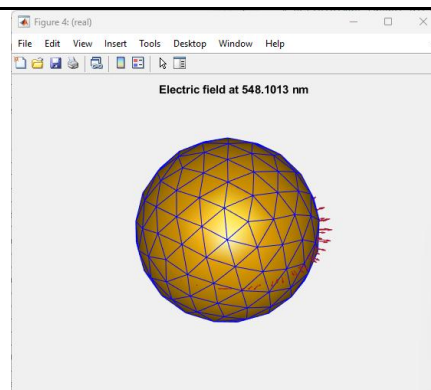


Hasil pembelajaran aplikasi Origin, mahasiswa dapat mengolah data dan menganalisis data sampel yaitu berupa data raman dan data UV-Vis

Cont.

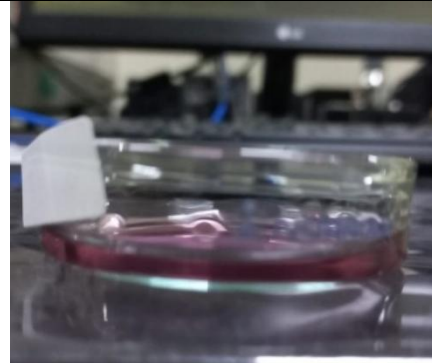
analisis.		
24 – 27, 30 September 2024	Membuat 3 sampel dengan variasi pada waktu sampel dan takaran sampel yaitu 30 menit untuk 3 mL HAuCl_4 + 3 mL Etanol, 60 menit dan 90 menit	 
1 – 2 Oktober 2024	Deposisi sampel yang dibuat menggunakan metode spray coating dengan sampel yang telah dibuat (sampel Bu Affi Ion NS's) ke silikon wafer. Pengetesan ini dilakukan dengan takaran 1 mL Ion pada suhu hotplat 100 C	
3 Oktober 2024	Memplejari pemodelan MNPBEM Matlab Melakukan dan mencoba memodelkan nanostars menggunakan aplikasi matlab dengan module MNPBEM dengan parameter jurnal yang	Kode pemodelan ditunjukkan pada Lampiran 6 dan berikut adalah hasil pemodelan simulasi SERS menggunakan module MNPBEM

diberikan Bu Affi.



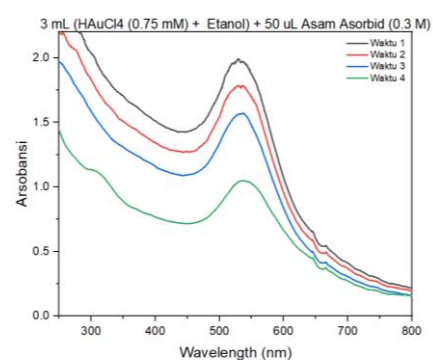
4 Oktober 2024

- Membuat dan menganalisis sampel yang dibuat mengalami kendala dengan cara memberikan variasi molar pada sampel sehingga menjadi 3 mL HAuCl_4 (0.01 M) + 3 mL Etanol + 50 μL Asam Asobat (0.1 M) + 100 μL AgNO_3 (0.1 M). Dari formulasi tersebut didapat hasil belum mencapai peak 600 atau belum terbentuk nanostars



8 Oktober 2024

- Membuat dan menganalisis sampel yang dibuat mengalami kendala dengan cara memberikan variasi molar pada sampel sehingga menjadi 3 mL HAuCl_4 (0.01 M) + 3 mL HCl (1 M) + 50 μL Asam



Asobat (0.1 M) +
100 uL AgNO₃
(0.1 M)

- Dari formulasi tersebut didapat hasil belum mencapai peak 600

9 Oktober 2024

- Membuat dan menganalisis sampel yang dibuat mengalami kendala dengan cara memberikan variasi molar pada sampel sehingga menjadi 3 mL HAuCl₄ (0.01 M) + 3 mL HCl (1 M) + 50 uL Asam Asobat (0.01 M) + 100 uL AgNO₃ (0.1 M)
- Dari formulasi tersebut didapat hasil belum mencapai peak 600 atau belum terbentuk nanostars




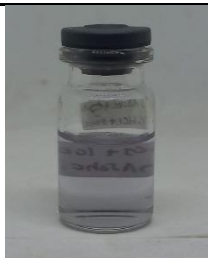
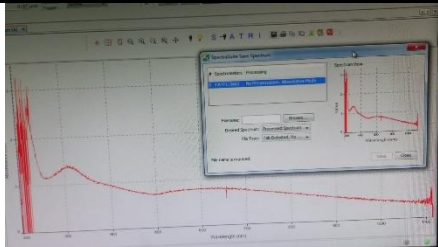
-

11 Oktober 2024

-

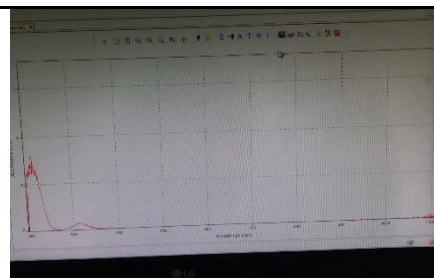
$$\begin{aligned} M_{rAA} &= 176.124 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ M_{AA} &= \frac{m_{AA}}{M_{rAA}} \cdot \frac{1000}{V_{ml}} \\ 100 \text{ mM} &= \frac{m_{AA}}{176.124 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot \frac{1000}{5 \text{ ml}} \\ m_{AA} &= 88.062 \text{ mg} \cong 88 \text{ mg} \end{aligned}$$

\therefore Ditambahkan 88 mg AA pada 5 ml aquabidest

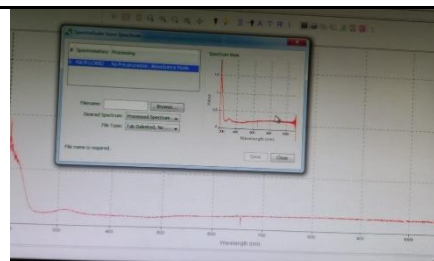
	<p>3 mL HAuCl_4 (0.01 M) + 3 mL Etanol + 50 μL Asam Asobat (0.01 M) + 100 μL AgNO_3 (0.01 mM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Pembuatan sampel 3 mL HAuCl_4 (0.01 M) + 3 mL Etanol + 50 μL Asam Asobat (0.3 M) + 100 μL AgNO_3 (0.15 mM) 	
14 Oktober 2024	<p>Mempelajari dan Membuat Power Point SERS</p>	<p>Memahami cara kerja SERS sebagai bentuk monev perkembangan MBKM BRIN</p>
15 – 16 Oktober 2024	<p>Pembuatan sampel HAuCl_4 dengan HCL (3 ml HAuCl_4 + 3 HCL + 50 μL AgNO_3 + 50 μL asam ascorbat)</p>	
17 – 18 Oktober 2024	<ul style="list-style-type: none"> Membuat sampel dengan takaran - 9 ml aquabidest - 10 μL HCL (1 M) - di stirrer pelan di 300 rpm - 50 μL ascorbic (100 mM) - 1 ml HAuCl_4 (0,0026 M) - 50 μL AgNO_3 (0,01 M) Mengeteskan 	

sampel ke polimide,
yang lembar kecil
coklat yang sudah
aku potong kecil
kecil, ditetes 3
kotak kecil
polimide pakai
nanostar, dibuat 2
lig dan 2 polimide
saja, nanostar 1 ml
dan LIG

21 Oktober 2024 Membuat sampel Ion
HAuCl₄ + HCl +
Asam Asobat +
AgNO₃



22 – 23 Oktober 2024 Membuat sampel - 9
ml aquabidest - 10 ul
HCl (1 M) - di stirrer
pelan di 300 rpm - 50
ul ascorbic (100 mM) -
1 ml HAuCl (0,0026
M) - 50 ul AgNO₃
(0,01 M)



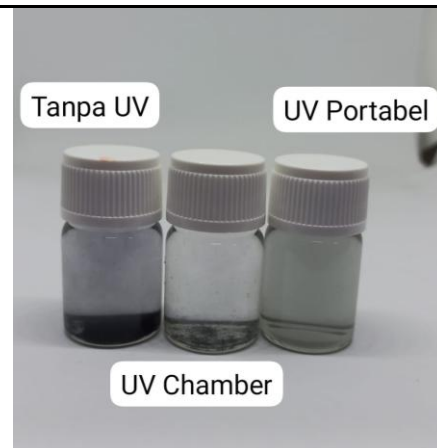
24 – 25 Oktober 2024 • Membuat sampel
sebanyak 3 dengan
bahan - 9 ml
aquabidest - 10 ul
HCl (1 M) - 50 ul
ascorbic (100 mM)



-
- 1 ml HAuCl
(0,0026 M) - 50 μl
 AgNO_3 (0,01 M) -
0.01 gr TSC -
diaduk sampai
berwarna biru atau
sudah tercampur
 - Membuat larutan
TSC 0.01 gr + 10
mL Aquabides 3.
Membuat sampel
sebanyak 3 dengan
bahan - 9 ml
aquabidest - 10 μl
 HCl (1 M) - di
stirrer pelan di 300
rpm - 50 μl ascorbic
(100 mM) - 1 ml
 HAuCl (0,0026 M)
- 50 μl AgNO_3
(0,01 M) - larutan
TSC dengan variasi
1 mL, 100 μL , 10
 μL - diaduk sampai
berwarna biru atau
sudah tercampur -
dikasih pvp lalu di
UV 30 menit
-

28 Oktober 2024

- Membuat larutan Hapes 0.1 M
- Membuat sampel UV Chamber dan UV Portabel - 9 ml aquabidest - 10 ul HCl (1 M) - di stirrer pelan di 300 rpm - 50 ul ascorbic (100 mM) - 1 ml H_{Au}Cl (0,0026 M) - 50 ul AgNO₃ (0,01 M) - 1 mL TSC - diaduk lalu di UV 30 menit.
- Membuat sampel UV Chamber dan UV Portabel - 9 ml aquabidest - 10 ul HCl (1 M) - di stirrer pelan di 300 rpm - 50 ul ascorbic (100 mM) - 1 ml H_{Au}Cl (0,0026 M) - 50 ul AgNO₃ (0,01 M) - 2 mL Nanoseed - diaduk lalu di UV 30 menit
- 3 mL HAuCl₄ (0.0001 M) + 3 mL

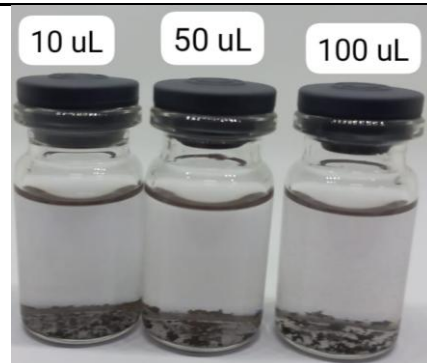



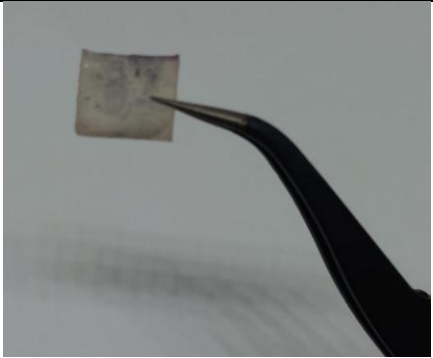
HCl (1 M) + 3 mL
 Nanoseed + 50 uL
 Asam Asobat
 (0.0001 M) + 100
 uL AgNO₃ (0.0001
 M (ditetesin
 didalam UV
 Chamber)) selama
 30 menit

- 3 ml aquabidest + 2 ml hepes (100 mM) + 200 ul HAuCl (0,0026 M) (stok ion yang kamu punya ya) dicoba di uv rak 1 dan portabel

29 Oktober 2024

- 3 ml aquabidest + 2 ml hepes (100 mM) + 200 ul HAuCl (0,0026 M) di uv rak 1 dan portabel
 - 3 ml aquabidest + 2 ml hepes + 3 ml HAuCl + 100 ul AgNO₃ (0,01 M)
 - 3 mL HAuCl₄ + 3 mL HEPES + 100 uL PVP
 - 3 mL HAuCl₄ + 3
-

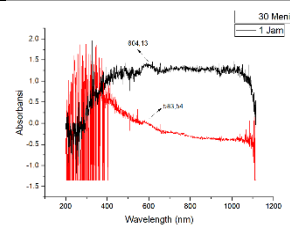


	<p>mL Hepes + 100 uL</p> <p>AgNO₃ + 100 uL</p> <p>PVP di UV di rak 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 ml HAuCl + 3 ml hepes + 10 uL AgNO₃ (0,01 M), 50 uL AgNO₃ (0,01 M) dan 100 uL AgNO₃ (0,01 M) langsung buat 3 sampel di uv chamber rak 1 	
31 Oktober 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat substrat silikon ruber menggunakan aptes dan aqua ragie • Membuat nanostars 	
1 November 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat substrat kaca hidrofilik dengan aptes + etanol 1% • Membuat nanostars pada substrat silikon ruber • Membuat nanostars pada substrat kaca 	

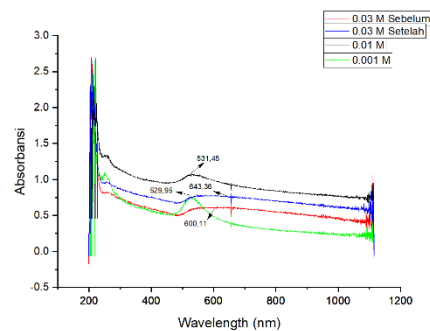
- 4 November 2024
- Membuat sampel Au NS's dengan formulasi 9 mL Aquabides + 10 uL HCl + 50 uL Asam Asobat + 1 mL HAuCl₄ + 50 uL Asam Asobat (1 jam)
 - Merendam substrat pada sampel yang dibuat



- 5 November 2024
- Menguji substrat silikon ruber yang telah direndam pada larutan Au NS's



- 6 November 2024
- Membuat sampel dengan formulasi - 9 ml aquabidest - 10 ul HCl (1 M) - 50 ul ascorbic (100 mM) - 1 ml HAuCl (0,0026 M) - 50 ul AgNO₃ (0,01 M) - 0.01 gr TSC
 - Membuat sampel dengan formulasi - 9 ml aquabidest - 10 ul HCl (1 M) - 50 ul ascorbic (100 mM)

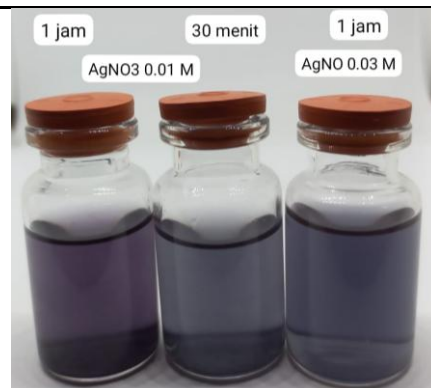


-
- 1 ml HAuCl
(0,0026 M) - 50 μl
 AgNO_3 (0,03 M) -
0.01 gr TSC

- Membuat sampel dengan formulasi -
9 ml aquabidest - 10 μl HCl (1 M) - 50 μl ascorbic (100 mM)
- 1 ml HAuCl
(0,0026 M) - 50 μl
 AgNO_3 (0,001 M) -
0.01 gr TSC
 - Merendam substrat silikon ruber dalam larutan Au NS's
-

7 – 8 November 2024

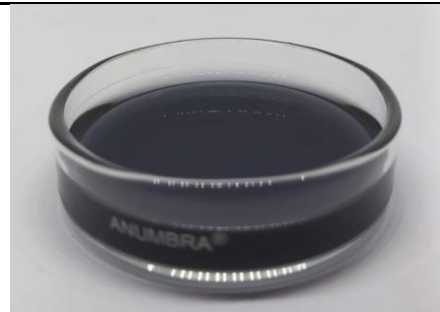
- 1. Membuat sampel dengan formulasi selama 1 jam dan 30 menit di UV Portable - ml aquabidest - 10 μl HCl (1 M) - 50 μl ascorbic (100 mM)
- 1 ml HAuCl
(0,0026 M) - 50 μl
 AgNO_3 (0,01 M) -
0.01 gr TSC
 - Membuat sampel dengan formulasi
-



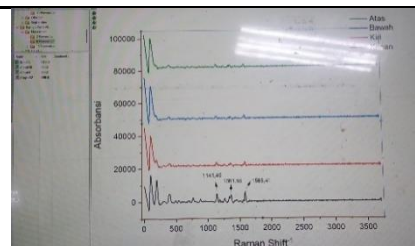
selama 1 jam dan 30
menit di UV
Portable - ml
aquabidest - 10 ul
HCl (1 M) - 50 ul
ascorbic (100 mM)
- 1 ml HAuCl
(0,0026 M) - 50 ul
AgNO₃ (0,01 M) -
0.01 gr TSC


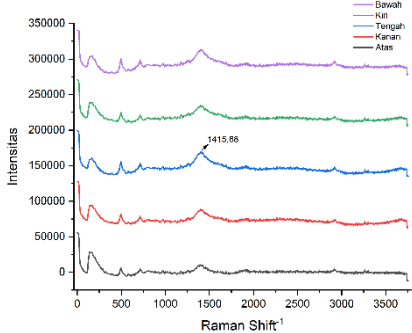
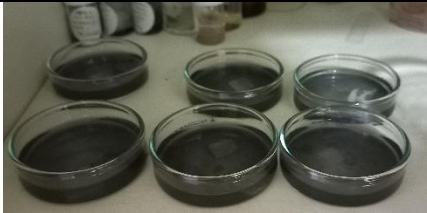
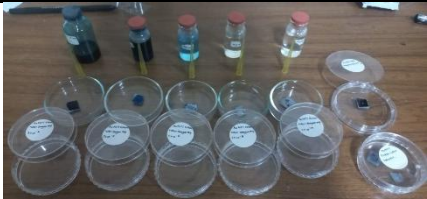
- Merendam substrat
 - Mengukur dan
menguji substrat
menggunakan
raman spectrometry
-

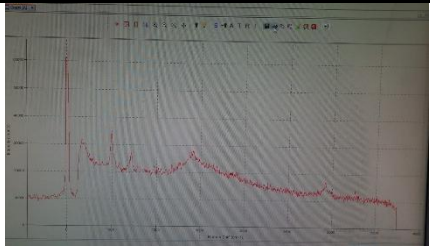
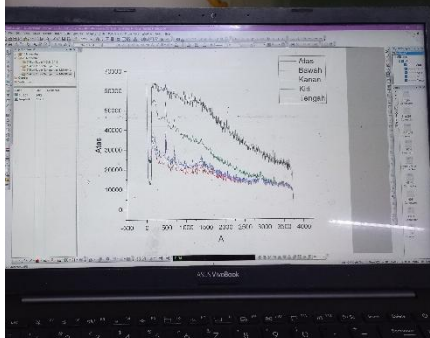
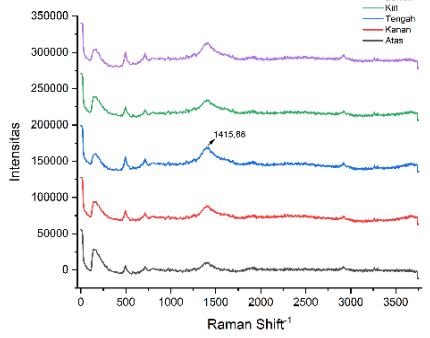
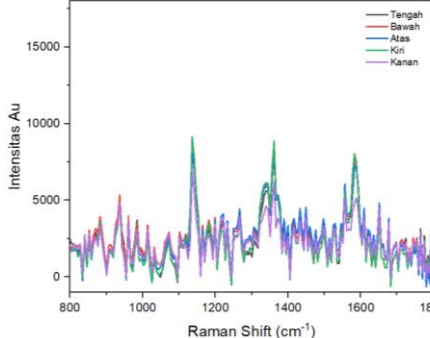
11 November 2024 Membuat sampel
nanostars 1 jam
sebanyak 4 sampel
dengan formulasi 9 ml
Aquabides + 10 uL
HCl (1 M) + 50 uL
Asam Asobat (0.1 M)
+ 1 mL HAuCl₄
(0.0026 M) + 50 uL
AgNO₃ (0.01 M) +
0.001 gr TSC



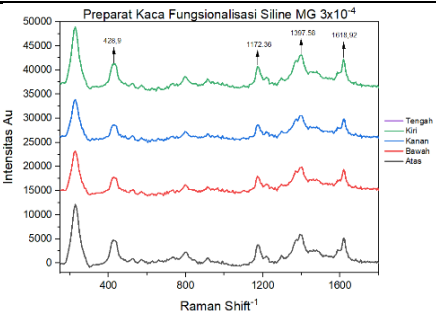


13 November 2024 Menganalisis data
raman menggunakan
Origin

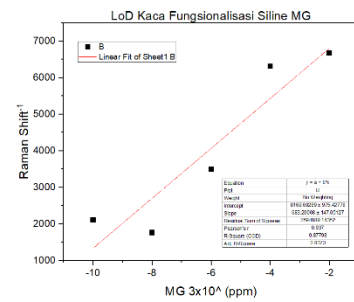


15 2024	November	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat substrat flexible SERS • Mengetetaskan metil blue dan melacit green pada substrat flexible sers 	
18 2024	November	<p>Belajar Origin mengenai baseline dan menguji sampel yang dibuat menggunakan Raman Spectrometry Portable</p>	
19 2024	November	Membuat sampel dan merendam sampel	
20 2024	November	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan dip-coating sampel yang telah direndam ke dalam silikon ruber dan memberikan analit Melacit Green dengan rentang 10^{-2} hingga 10^{-10} • Menganalisis Data Raman spectrometry dan data UV-Vis 	

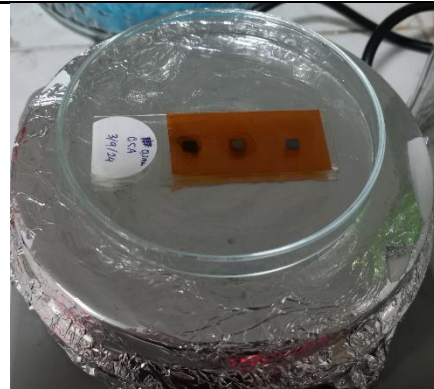
		menggunakan Origin	
21 2024	November	Menguji substrat menggunakan raman portable	
22 2024	November	<ul style="list-style-type: none"> Mengukur sampel menggunakan raman portable Menganalisis sampel menggunakan aplikasi origin 	
25 2024	November	Menguji sampel raman	
26 November 2024		Mengukur sample menggunakan raman portable	
27 2024	November	Monev kegiatan BRIN	Pemamparan monev BRIN berjalan dengan lancar

29 November 2024	<ul style="list-style-type: none"> Membuat sampel dan merendam di dalam substrat silikon fungsionalisasi silika 	
2 Desember 2024	<ul style="list-style-type: none"> 1. Membuat sample dengan formulasi 9 mL Aquabides + 10 uL HCl (1 M) + 100 uL Asam Asobat (0.1 M) + 1 mL HAuCl₄ (0.0026 M) + 100 uL AgNO₃ (0.01 M) + 10 g TSC di UV selama 1 jam di rak 1 UV Chamber Medrop casting sample ke TEM Grid untuk dilakukan TEM 	
3 – 4 November 2024	Mengetetaskan analit MG pada preparat kaca fungsionalisasi siline	

5 November 2024 Belajar LoD SERS



13 Desember 2024 Membuat sampel CAP dengan metode drop-casting pada media LIG



31 Desember. 2024 Membuat sampel CAP dengan metode drop-casting pada media LIG dan Silikon Wafer

