



TESIS - TE185401

**RANCANG BANGUN PERALATAN DETEKSI
SPEKTRUM RAMAN PORTABEL UNTUK APLIKASI
PADA CAIRAN**

LUQMAN AJI KUSUMO
07111850040004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Totok Mujiono, M.IKom
Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TESIS - TE185401

RANCANG BANGUN PERALATAN DETEKSI SPEKTRUM RAMAN PORTABEL UNTUK APLIKASI PADA CAIRAN

LUQMAN AJI KUSUMO
071118500040004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Totok Mujiono, M.IKom
Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LUQMAN AJI KUSUMO

NRP: 07111850040004

Tanggal Ujian: 29 Juni 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Dr. Ir. Totok Mujiono, M.IKom
NIP: 196504221989031001

2. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc
NIP: 195908171987021002

Pengaji:

1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP: 196904261994031003

2. Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT.
NIP: 197002121995121001

3. Astria Nur Irfansyah, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP: 198103252010121002

Kepala Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas



Deden Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197311192000031001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul "**RANCANG BANGUN PERALATAN DETEKSI SPEKTRUM RAMAN PORTABEL UNTUK APLIKASI PADA CAIRAN**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 12 Juni 2020



Luqman Aji Kusumo
NRP. 07111850040004

Halaman ini sengaja dikosongkan

RANCANG BANGUN PERALATAN DETEKSI SPEKTRUM RAMAN PORTABEL UNTUK APLIKASI PADA CAIRAN

Nama mahasiswa : Luqman Aji Kusumo
NRP : 07111850040004
Pembimbing : 1. Dr. Ir. Totok Mujiono, M.IKom
2. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

ABSTRAK

Spektroskopi merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur kimia menggunakan karakteristik pola spektra. Istilah spektroskopi optik dapat diaplikasikan terhadap segala sesuatu yang berhubungan dengan interaksi antara foton dengan benda. Spektroskopi Raman secara mendasar menunjukkan respon spektra seperti panjang gelombang dari cahaya terhambur mengalami pergeseran dari panjang gelombang eksitasi. Pada penelitian tesis ini, kami melakukan desain peralatan optik-elektronik berdasarkan spektroskopi Raman berbiaya murah. Peralatan optik-elektronik berbiaya murah tersebut menggunakan *laser* sebagai sumber eksitasi, sebuah lensa bikonveks dengan diameter dan titik fokus sebesar 5cm, sebuah tabung reaksi, dan *sensor Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS). Kami melakukan dua pengujian dengan peralatan optik-elektronik berbiaya murah yaitu pengujian deteksi sampel cairan yang transparan dan deteksi sampel cairan yang berwarna. Pengujian tersebut dilakukan dengan dua jenis *laser* yang berbeda yaitu *laser* biru-ungu dengan panjang gelombang 405nm dan *laser* hijau dengan panjang gelombang 532nm. Pengujian deteksi cairan transparan dengan peralatan yang dikembangkan tersebut melibatkan penggunaan *neural network* secara sederhana untuk mendeteksi sampel cairan, sedangkan pengujian deteksi terhadap sampel cairan berwarna dilakukan dengan normalisasi data dan plotting dalam bentuk grafik. Pada pengujian sampel cairan transparan, meskipun cairan sampel yang dideteksi memiliki kesamaan pada transparansi cairan, seluruh sampel cairan tersebut memiliki pola hamburan Raman yang berbeda, sehingga dapat dibedakan dengan menggunakan *neural network*. Sedangkan pada pengujian sampel cairan yang berwarna, berdasarkan grafik yang terbentuk, pola hamburan Raman yang diperoleh juga berbeda untuk setiap sampel cairan yang diuji.

Kata kunci: Dioda *laser*, Hamburan Raman, Metode *neural network*, *Sensor CMOS*, Spektroskopi, Spektroskopi Raman

Halaman ini sengaja dikosongkan

DESIGN OF PORTABLE RAMAN SPECTRUM DETECTOR FOR APPLICATION IN LIQUID

By : Luqman Aji Kusumo
Student Identity Number : 07111850040004
Supervisor(s) : 1. Dr. Ir. Totok Mujiono, M.IKom
2. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

ABSTRACT

Spectroscopy is a method that used to identify chemical structure of substances using its spectral pattern characteristics. Optical spectroscopy term can be applied to any kind of optical photon interactions with matter. Raman spectroscopy essentially shows spectral response like the wavelength of scattered light is shifted regarding initializing excitation wavelength. In this experiment, we design a low cost optical-electronic instrument based on Raman spectroscopy. This low cost optical-electronic instrument employs a laser as excitation source, a biconvex lens with 5 cm diameter and focus point, a test tube, and a Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) sensor. We tested this low cost optical-electronic instrument based on Raman spectroscopy using two different method, test using transparent liquid samples and test using colorized liquid samples. These tests are done using two different laser, violet-blue 405nm wavelength laser diode and green 532nm wavelength laser. Test for transparent liquid samples involve simple neural network to detect the liquid sample and test for colorized liquid samples are done with data normalization and plotting into graph. From test for transparent liquid samples, even the liquid samples have similarities in transparency, all of the liquid samples have different Raman scattering results, so it can be differentiated with neural network method. While on the test with colorized liquid samples, based on the graphs that formed from normalized data, Raman scattering pattern that every liquid samples own also different for every tested liquid samples.

Key words: CMOS Sensor, Laser diode, Neural network method, Raman Scattering, Raman Spectroscopy, Spectroscopy

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena pada akhirnya tesis dengan judul “RANCANG BANGUN PERALATAN DETEKSI SPEKTRUM RAMAN PORTABEL UNTUK APLIKASI PADA CAIRAN” telah selesai dibuat. Tesis ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Magister Teknik di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari penulisan tesis ini adalah untuk memaparkan proses perancangan alat deteksi demam berdarah berbasis optik dengan sampel darah.

Selama menyelesaikan tesis ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari banyak pihak sehingga dapat menyelesaikan tesis. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan finansial dan moril selama penggeraan tesis.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Mujiono, M.IKom dan bapak Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc. sebagai dosen pembimbing.
3. Teman-teman, baik yang seangkatan, angkatan atas, maupun angkatan bawah, yang senantiasa saling berbagi ilmu dan memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna karena adanya keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Maka, seluruh kritik dan saran yang bersifat membangun sangat dibutuhkan dan penulis menerimanya dengan senang hati. Penulis berharap bahwa tesis ini berguna bagi semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, 12 Juni 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Kontribusi	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kajian Penelitian Terkait.....	5
2.2 Teori Dasar	5
2.2.1 Cahaya.....	6
2.2.2 Efek Raman.....	7
2.2.3 Spektrum Raman	7
2.2.4 Penggunaan <i>Laser</i> pada Spektroskopi Raman	8
2.2.5 <i>Sensor Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)</i>	10
2.2.6 Demam Berdarah.....	10
2.2.7 Metode <i>Neural network</i>	12
BAB 3 METODE PENELITIAN	13
3.1 Pemilihan Sumber Eksitasi.....	13
3.2 Pemilihan Detektor yang Digunakan	13

3.3	Perancangan Peralatan Pengukuran	14
3.4	Pengujian Peralatan Pengukuran.....	15
BAB 4 EKSPERIMEN DAN ANALISIS DATA	17	
4.1	Pengujian Deteksi terhadap Sampel Cairan Transparan	17
4.2	Pengujian Deteksi terhadap Sampel Cairan Berwarna.....	19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	27	
5.1	Kesimpulan	27
5.2	Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29	
LAMPIRAN	33	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kesetimbangan energi pada cahaya yang melalui suatu sampel.....	6
Gambar 2.2. Spektrum Raman dari cairan kloroform	8
Gambar 2.3. Karakteristik umum spektrum emisi dari <i>laser</i> 405nm 100mW	9
Gambar 2.4. Respon spektrum dari <i>sensor</i> cahaya enam kanal AS7262.....	10
Gambar 3.1. Ilustrasi dari peralatan yang dikembangkan untuk melakukan pengambilan data spektrum Raman	14
Gambar 3.2. Peralatan yang dikembangkan untuk melakukan pengambilan data spektrum Raman.....	15
Gambar 4.1. Wujud sampel cairan beserta grafik <i>stem</i> dan <i>radar</i> dari data spektrum Raman campuran 3ml alkohol 70% dengan empat tetes iodopovidone dengan sumber eksitasi <i>laser</i> 405nm.....	24
Gambar 4.2. Wujud sampel cairan beserta grafik <i>stem</i> dan <i>radar</i> dari data spektrum Raman darah sapi dengan sumber eksitasi laser 405nm.....	24
Gambar 4.3. Wujud sampel cairan beserta grafik <i>stem</i> dan <i>radar</i> dari data spektrum Raman campuran 3ml air keran dengan 0.5ml pewarna makanan merah dengan sumber eksitasi <i>laser</i> 405nm	24
Gambar 4.4. Wujud sampel cairan beserta grafik <i>stem</i> dan <i>radar</i> dari data spektrum Raman campuran 3ml alkohol 70% dengan empat tetes iodopovidone dengan sumber eksitasi laser 532nm	25
Gambar 4.5. Wujud sampel cairan beserta grafik <i>stem</i> dan <i>radar</i> dari data spektrum Raman darah sapi dengan sumber eksitasi <i>laser</i> 532nm	25
Gambar 4.6. Wujud sampel cairan beserta grafik <i>stem</i> dan <i>radar</i> dari data spektrum Raman campuran 3ml air keran dengan 0.5ml pewarna makanan merah dengan sumber eksitasi <i>laser</i> 532nm	25

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil deteksi sampel cairan transparan dengan <i>laser</i> 405nm menggunakan <i>neural network</i> sederhana.....	18
Tabel 4.2. Hasil deteksi sampel cairan transparan dengan <i>laser</i> 532nm menggunakan <i>neural network</i> sederhana.....	19
Tabel 4.3. Hasil pengujian sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi <i>laser</i> 405nm	22
Tabel 4.4. Hasil pengujian sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi laser 532nm	23

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Spektroskopi merupakan suatu metode pengujian yang umum digunakan pada laboratorium untuk melakuan pengujian struktur bahan berdasarkan pola spektrum cahaya sebagai “sidik jari” dari bahan. Metode ini juga disebut sebagai metode “*Fingerprinting*”. Terdapat berbagai macam metode spektroskopi antara lain spektroskopi inframerah (IR), spektroskopi Raman, spekrroskopi, spektroskopi *laser*, spektroskopi UV-Vis, spektroskopi fluorosens, dan lain-lain.

Spektroskopi Raman merupakan spektroskopi yang dilakukan berdasarkan prinsip hamburan Raman. Awalnya, hamburan Raman jarang digunakan sebagai metode spektroskopi akibat degradasi sampel dan fluorosens. Namun seiring perkembangan teknologi peralatantasi yang semakin pesat, permasalahan tersebut dapat teratas. Spektroskopi Raman adalah metode pengujian non destruktif karena tidak melibatkan penggunaan bahan-bahan kimia. Kelebihan dari spektroskopi Raman adalah bisa dilakukan tanpa persiapan sampel, cepat, mudah dilakukan, dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

Meskipun perkembangan teknologi peralatantasi telah membuat hamburan Raman dapat digunakan sebagai metode spektroskopi, peralatan peralatantasi yang digunakan untuk spektroskopi Raman masih berukuran besar. Perkembangan *laser continuous wave* (CW) dengan panjang gelombang cahaya tampak telah membuat spektroskop berbasis hamburan Raman menjadi serba guna dan nyaman untuk digunakan. Penggunaan dioda *laser* pada spektroskopi menjadi hal yang menarik. Hal ini disebabkan ukuran dioda *laser* yang kecil sehingga mudah didinginkan dan ringkas. Selain itu, dioda *laser* juga memiliki berkas *laser* yang kecil, tetapi intensitasnya tinggi sehingga sesuai untuk pemakaian spektroskopi Raman dimana intensitas cahaya yang dihasilkan rendah.

Detektor yang umum digunakan pada spektroskopi adalah *photomultiplier tube* (PMT) dan *sensor charged coupled device* (CCD). Namun, belakangan ini, penggunaan *sensor complementary metal oxide semiconductor* (CMOS) menjadi

hal yang menarik pada spektroskopi. Hal ini disebabkan *sensor* CMOS memiliki ukuran yang kecil, hemat daya, dan mudah didapat. Selain ketiga hal tersebut, *sensor* CMOS juga memiliki harga yang murah bila dibandingkan dengan *sensor* CCD maupun PMT.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat dua rumusan masalah. Rumusan masalah tersebut adalah desain purwarupa alat spektroskopi Raman yang sesuai untuk penggunaan deteksi cairan, kemampuan deteksi purwarupa alat spektroskopi Raman terhadap sampel cairan yang transparan, serta kemampuan deteksi purwarupa alat spektroskopi Raman terhadap sampel cairan yang berwarna. Desain purwarupa alat spektroskopi Raman yang sesuai untuk penggunaan deteksi cairan sangat penting karena untuk melakukan deteksi sampel yang berwujud cair, alat yang digunakan harus memiliki desain yang ringkas, ringan, dan kuat untuk memenuhi kemampuan portabilitas serta berbiaya rendah. Kemampuan deteksi terhadap sampel cairan transparan dan sampel cairan berwarna diperlukan karena sampel yang digunakan dalam pengujian selalu dalam bentuk cairan dan cairan tersebut bisa saja transparan ataupun berwarna.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pembuatan desain purwarupa alat spektroskopi Raman portabel berbiaya rendah yang sesuai untuk penggunaan deteksi cairan dan mengukur kemampuan deteksi purwarupa tersebut terhadap sampel cairan transparan dan sampel cairan berwarna.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada sampel yang digunakan untuk pengujian alat spektroskopi Raman. Sampel yang digunakan untuk menguji alat spektroskopi Raman berwujud cair.

1.5 Kontribusi

Penelitian ini diharapkan dapat melakukan penerapan metode spektroskopi Raman dan dengan penerapan *neural network*, dapat digunakan untuk keperluan khusus.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Penelitian Terkait

Michael da Silva dkk. [1] melakukan penelitian untuk membuat desain dan mengimplementasikan spektrometer berbiaya rendah. Spektrometer yang didesain digunakan untuk melakukan pengujian terhadap kontaminan yang terdapat pada cairan. Namun spektrometer tersebut menggunakan spektroskopi optik. Penerapan spektroskopi Raman diterapkan pada penelitian yang dilakukan oleh Birech Zephania dkk. [2] dan Wendy W.Y. Lee dkk. [3]. Penelitian yang dilakukan oleh Birech Zephania dkk. menerapkan *vibrational Raman spectroscopy* dalam wujud *screening* penyakit pada seluruh darah menggunakan spektroskopi Raman dengan sampel substrat Raman berbiaya rendah dari olesan cat perak konduktif, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Wendy W.Y. Lee dkk. menerapkan *surface enhanced Raman spectroscopy* untuk meneliti pemantauan terapi obat secara *point of care*. Pemantauan tersebut dilakukan dengan lapisan tipis polimer berisi nanopartikel emas (Au) yang dapat mengembang. Shamaraz Firdous dan Shahzad Anwar [4] melakukan penelitian diagnosis secara optik terhadap darah manusia yang terinfeksi *virus* demam berdarah menggunakan spektroskopi Raman, spektroskopi polarimetri, dan spektroskopi fluorosens, namun peralatan-peralatan yang digunakan pada pengujian tersebut masih berukuran besar. Hal inilah yang mendasari dilakukannya penelitian yang mengkombinasikan deteksi optik dengan spektroskopi Raman dalam mendeteksi zat uji dalam wujud cairan, namun memiliki portabilitas dan biaya pembuatan alat yang murah.

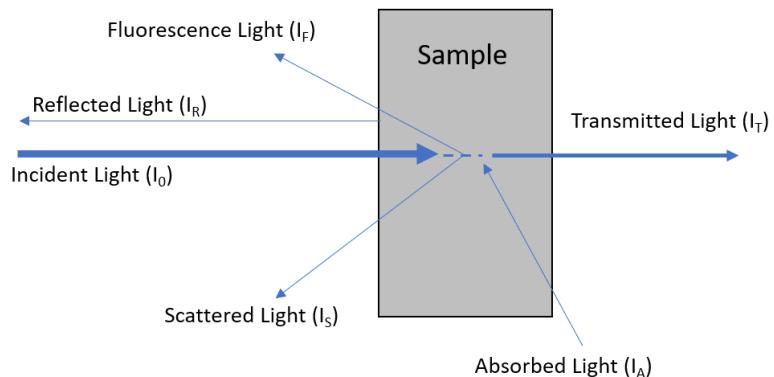
2.2 Teori Dasar

Dasar teori merupakan semua teori berdasarkan kajian pustaka yang digunakan untuk menunjang penelitian tesis yang dilakukan. Dasar teori juga digunakan sebagai pedoman penelitian tesis. Dasar teori yang digunakan pada penelitian tesis ini meliputi cahaya, efek Raman, spektrum Raman, penggunaan

laser pada spektroskopi Raman, *sensor complementary metal oxide semiconductor* (CMOS), dan metode *neural network*.

2.2.1 Cahaya

Di dalam banyak kondisi, cahaya bersifat seperti gelombang. Cahaya terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang berosilasi pada kecepatan yang konstan. Medan listrik dan medan magnet tersebut saling tegak lurus satu sama lain dan juga tegak lurus terhadap arah pergerakannya [5]. Cahaya memancar dari sumber cahaya dengan berbagai macam wujud fisik [6]. Suatu cahaya yang memancar dari sumber cahaya umumnya dapat mengalami hamburan ketika menemui segala jenis ketidakseragaman medium di lintasannya [7].



Gambar 2.1. Kesetimbangan energi pada cahaya yang melalui suatu sampel

Ketika berinteraksi dengan sampel, cahaya datang (I_0) sebagian akan terpantul (I_R), terhambur (I_S) dan keberadaannya saling bersaing dengan fluorosens (I_F), sebagian akan terserap di sampel (I_A), dan sisanya diteruskan melewati sampel (I_T). Berdasarkan hukum kekekalan energi, kesetimbangan energi untuk cahaya datang dirumuskan sebagai berikut

$$I_0 = I_A + I_T + I_R + I_S \quad (1)$$

Intensitas cahaya I_0 , I_T , I_R , dan I_S dapat dengan mudah diukur dengan menempatkan detector di posisi yang dikehendaki. Seluruh informasi kimia dari sampel berada pada I_A , namun nilainya tidak dapat diketahui secara langsung karena harus memeriksa nilai I_A dengan cara melakukan perhitungan dengan persamaan (1). Cahaya fluorosens (I_F) bukan merupakan cahaya yang dihasilkan dari proses hamburan. Emisi cahaya fluorosens dari cairan dan padatan tidak memiliki bagian

vibrasi yang halus seperti pada cahaya hasil hamburan. Bahkan cahaya fluorosens yang lebih kecil intensitasnya dapat menutupi cahaya hasil hamburan yang intensitasnya lebih besar [8][14].

2.2.2 Efek Raman

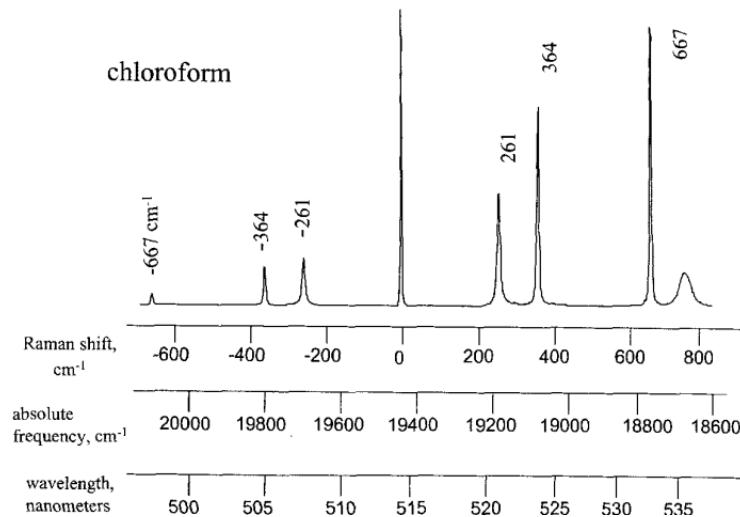
Efek Raman merupakan kembaran dari hamburan Rayleigh yang lebih lemah dan hanya terlihat pada intensitas yang lebih tinggi. Hasil dari efek Raman adalah hamburan cahaya yang mengalami transisi secara keseluruhan dari satu tingkat energi energi ke tingkat energi lainnya. Karena efek Raman merupakan fenomena yang sangat lemah, maka untuk megamatinya, dibutuhkan sumber cahaya yang terang. Efek Raman berupa spektrum cahaya yang frekuensinya digeser dari frekuensi radiasi cahaya dari sumber cahaya. Walaupun garis Stokes dan anti-Stokes yang dihasilkan terpisah dari garis hamburan Rayleigh, intensitasnya tidak sama. Hal ini dikarenakan intensitas setiap transisi dari satu tingkat energi ke tingkat energi yang lain berbanding lurus dengan populasi tingkat energi. Efek Raman dapat dieksitasi dalam daerah spektrum *ultraviolet* (UV), daerah spektrum warna tampak, dan daerah spektrum *near infrared* (NIR) [9][14].

2.2.3 Spektrum Raman

Karena jumlah energi hamburan Raman selalu konstan, gelombang cahaya Raman selalu terlihat terpisah dari cahaya datang dengan perbedaan frekuensi yang sama, tidak terikat dengan panjang gelombang cahaya eksitasi. Pemisahan dapat terjadi bila panjang gelombang eksitasi diganti dengan panjang gelombang yang lebih pendek, sehingga panjang gelombang Raman juga menjadi turun [10]. Spektrum Raman merupakan pelengkap dari spektrum inframerah. Keduanya terdiri atas garis-garis yang menggambarkan vibrasi pada molekul. Garis-garis Raman selalu ditemani dengan garis-garis Rayleigh pada panjang gelombang cahaya eksitasi. Untuk pengamatan, digunakan cahaya eksitasi dari spectrum cahaya tampak [11].

Spektrum Raman dapat memberikan informasi yang sangat spesifik tentang suatu molekul tanpa membutuhkan persiapan kimia terhadap sampel. Spektrum Raman dari suatu bahan yang tidak diketahui dapat dibandingkan dengan

basis data yang berisi spektrum Raman dari bahan yang telah diketahui untuk mengetahui zat uji yang tidak diketahui tersebut [12]. Spektrum Raman ditampilkan sebagai “pergeseran” frekuensi dari frekuensi cahaya datang pada spektrum ultraviolet, cahaya tampak, dan *near-infrared* (NIR) [13].



Gambar 2.2. Spektrum Raman dari cairan kloroform

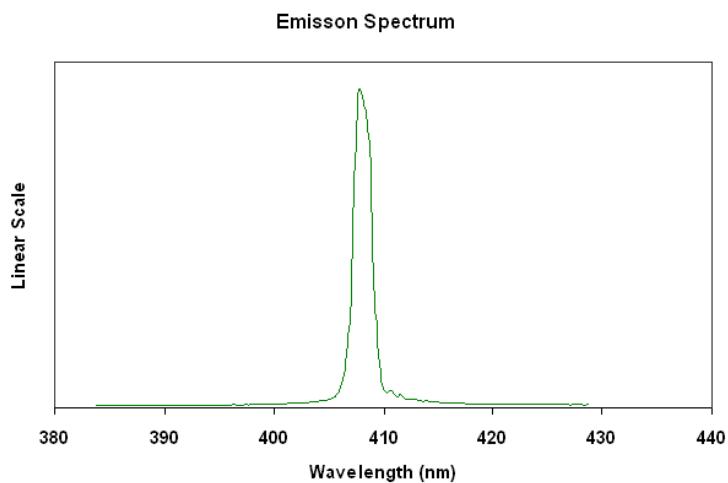
Salah satu contoh dari spektrum Raman adalah spektrum Raman pada sampel cairan kloroform seperti yang ditampilkan pada gambar 2.2 [14]. Sampel cairan kloroform tersebut diuji dengan menggunakan sumber cahaya eksitasi dengan panjang gelombang 514.5nm. Suatu spektrum Raman terdiri dari intensitas hamburan yang diplot berdasarkan energi. Setiap puncak-puncaknya berhubungan dengan pergeseran Raman terhadap energi cahaya datang. Puncak dari hamburan Raman Stokes dan anti-Stokes diposisikan simetris terhadap puncak hamburan Rayleigh, namun intensitasnya tidak sama kecuali pada energi vibrasi yang rendah. Sumbu x menampilkan tiga skala berbeda, namun spektrum Raman umumnya diplot sebagai pergeseran Raman dalam ukuran resiprok dari sentimeter terhadap frekuensi cahaya sumber [14].

2.2.4 Penggunaan *Laser* pada Spektroskopi Raman

Beberapa tahun belakang, Spektroskopi Raman telah menjadi perangkat yang mumpuni untuk melakukan studi vibrasi dan rotasi molekuler. Sebelum adanya *laser*, kelemahan terbesar dari spektroskopi Raman sebelum adanya teknologi *laser* adalah intensitas cahaya dari sumber cahaya yang kurang terang. Pengenalan *laser*

pada bidang spektrosopi telah merevolusi bidang spektroskopi klasik. Aktivitas riset spektroskopi Raman dengan *laser* belakangan ini menunjukkan ekspansi yang mengagumkan dan banyak literatur di bidang ini yang dapat digunakan [15]. Dengan berkembangnya teknologi *laser continuous wave* (CW) di awal tahun 60-an dan pengembangan lebih lanjut dalam mikroeletronik baru-baru ini, seperti pada perhitungan foton, akusisi *data digital*, dan pemrosesan dengan komputer telah memberikan kimiawan, fisikawan, dan analis spektroskopi Raman yang lebih nyaman digunakan dan serbaguna bila dibandingkan dengan spektroskopi inframerah [16].

Radiasi *laser* melibatkan proses amplifikasi pada foton [17]. Keuntungan dari penggunaan *laser* adalah rentang panjang gelombang yang sempit dan resolusi spektrum yang tinggi. *Laser diode* atau *laser* semikonduktor berbentuk ringkas dan efisien, serta dapat memancarkan cahaya hingga 100W dalam mode *continuous wave* (CW). *Laser* sukses menggantikan sumber *pumping* yang tradisional seperti *arc lamp* [18].

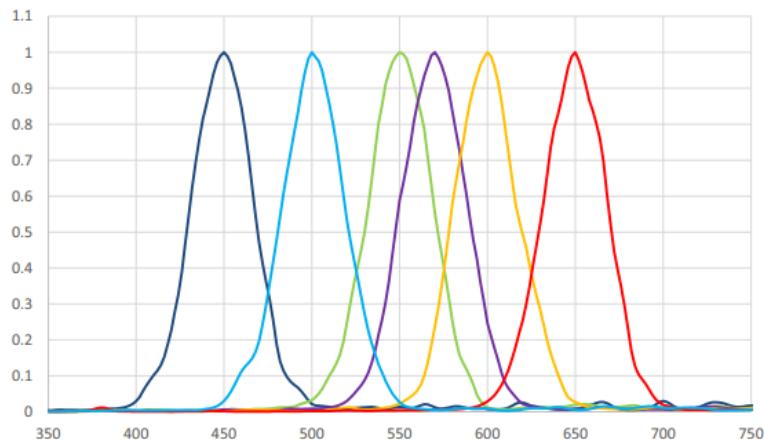


Gambar 2.3. Karakteristik umum spektrum emisi dari *laser* 405nm 100mW

Gambar 2.3 [19] menunjukkan karakteristik umum spektrum emisi dari *laser* 405nm 100mW. Walaupun *laser* memiliki rentang panjang gelombang yang sempit, rentang panjang gelombang sesungguhnya dari *laser* ini adalah dari sekitar 390nm hingga sekitar 420nm. Panjang gelombang 405nm hanya berada di sekitar titik puncak.

2.2.5 Sensor Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)

Sensor CMOS merupakan salah satu jenis *sensor* dengan tipe *active pixel sensor* yang dibuat dengan proses pembuatan semikonduktor CMOS [20]. Sensor CMOS terdiri dari sebuah elemen *photo-sensing* dan sebuah *switching* MOSFET di setiap masing-masing piksel. CMOS dengan jenis *active pixel sensor* saat ini memberikan performa yang mendekati atau melebihi *sensor* CCD [21].



Gambar 2.4. Respon spektrum dari *sensor* cahaya enam kanal AS7262

Sensor AS7262 merupakan *sensor multi* spektrum berharga murah jenis *sensor-on-chip* yang didesain untuk memenuhi kebutuhan identifikasi spektrum. *Sensor* yang sangat terintegrasi tersebut memberikan enam kanal detektor *multi* spektrum pada panjang gelombang cahaya tampak dari 430nm hingga 670nm dengan *Full-Width Half-Maximum* (FWHM) sebesar 40nm seperti pada gambar 2.4 [22]. *Sensor* ini memiliki *filter gaussian*. AS7262 merupakan solusi spektrometri enam kanal yang ringkas, memiliki *drift* pengukuran yang kecil, kemasan yang kuat dengan *built-in aperture*, memiliki kontrol *shutter* elektronik atau sinkronisasi, dapat dioperasikan dengan tegangan rendah dan dapat dioperasikan tanpa tambahan pengkondisi sinyal [22].

2.2.6 Demam Berdarah

Demam berdarah merupakan masalah krisis di dunia kesehatan pada negara tropis dan subtropis. Nama “*dengue*” sendiri berasal dari bahasa Swahili, yang berarti penyakit yang disebabkan oleh roh jahat. Walaupun penyakit yang mirip dengan demam berdarah telah dilaporkan terjadi di China di tahun 992 sebelum masehi, namun penyakit demam berdarah hanya dilaporkan terjadi di

akhir abad ke-17. Setelah perang dunia II, akibat urbanisasi, menyebabkan *virus dengue* mendapatkan kondisi terbaik dalam berkembang biak. Di sekitar tahun 1960 sampai 1970, demam berdarah menyebabkan wabah di negara India, Malaysia, Singapura, Vietnam, Indonesia, dan Myanmar [23]. Agen penyebab demam berdarah adalah *Virus Dengue* (DENV), yang merupakan *genus Flavivirus* dari family *Flaviviridae*. Infeksi demam berdarah secara klinis dikategorikan menjadi tiga yaitu *Dengue Fever*, *Dengue Haemorrhagic Fever* (DHF), dan *Dengue Shock Syndrome* (DSS) [24]. Pengujian laboratorium pada infeksi *virus dengue* dapat dilakukan dengan deteksi *virus* tertentu, antigen viral, urutan *genom*, atau *antibody*. Saat ini terdapat tiga metode yang umum digunakan oleh laboratorium dalam menguji *virus dengue*, yaitu isolasi *virus* dan karakterisasi, deteksi urutan genom dengan deteksi amplifikasi asam nukleat, dan deteksi *virus dengue* dengan antibodi tertentu [25]. Karena setiap pasien demam berdarah mengalami waktu *viraemia*, isolasi *virus* demam berdarah sangat memungkinkan. Terdapat tiga metode yang digunakan pada isolasi *virus* yaitu metode inokulasi pada nyamuk, inokulasi pada berbagai macam mamalia atau kultur sel pada serangga, dan inokulasi pada tikus yang masih tahap menyusui.

Amplifikasi PCR juga dapat digunakan untuk mengamplifikasi RNA bila transkripsi balik dari RNA tujuan ke cDNA digunakan sebagai langkah awal. Bila *oligonukleotida* dari sebuah *virus* demam berdarah dilibatkan, metode deteksi amplifikasi PCR dengan transkripsi balik (*RT-PCR Amplification*) dapat mendeteksi sejumlah kecil molekul RNA dari *virus* demam berdarah. Karena asam nukleat dapat dipisahkan dari *protein* pada tahap preparasi, RNA dari *virus* demam berdarah juga dapat dimurnikan dari *protein* kompleks *sistem imun*. Beberapa laboratorium telah mempublikasikan protokol transkripsi amplifikasi PCR terbalik untuk mendeteksi demam berdarah *dengue*.

Diagnosis pada demam berdarah dengan metode pemulihan *virus* atau deteksi *antigen* lebih sering digunakan dibandingkan tes serologi. Walaupun tes serologi dapat melakukannya, pada banyak kasus, metode ini memberikan diagnosis dugaan pada infeksi terbaru dari satu buah spesimen *serum*. Diagnosis demam berdarah akut dapat dilakukan ketika *immunoglobulin* anti demam

berdarah seperti IgM dan IgG terdeteksi di *sera* yang dipasangkan. Teknik serologi yang umum digunakan untuk mendeteksi infeksi *virus* demam berdarah adalah MAC-ELISA dan HI. MAC-ELISA dapat mengukur peningkatan IgM spesifik demam berdarah, meskipun pada sampel *sera* yang didapatkan dengan rentang satu hingga dua hari pada fase akut.

Metode tes HI merupakan metode sederhana, sensitif dan dapat direproduksi yang memiliki keuntungan menggunakan *reagen* yang dapat disiapkan secara lokal. Kerugiannya adalah bahwa sampel *serum* harus diberi perlakuan awal dengan aseton atau kaolin, untuk menghilangkan inhibitor hemagglutinasi yang tidak spesifik, dan kemudian diserap dengan sel darah merah manusia dengan *gander* atau sel darah merah golongan darah O, untuk menghilangkan *agglutinin* yang tidak spesifik. Selain itu, penggunaan tes HI yang optimal membutuhkan *sera* yang berpasangan [26].

2.2.7 Metode *Neural network*

Neural network merupakan komputasi terparalelasi yang sangat dinamis dengan topologi yang terarah, yang dapat menerima informasi keluaran dari reaksi kondisi terhadap aksi masukan. Elemen prosesor dan kanal yang terarah disebut sebagai nodes pada *neural network*. *Neural network* menyatakan jaringan dengan jumlah *layer* tertentu yang terdiri dari elemen soliter yang mirip dengan syaraf dengan hubungan yang berbeda di setiap *layer*. Jumlah *neuron* pada *layer* dipilih dengan jumlah yang sesuai untuk kualitas penyelesaian permasalahan yang dibutuhkan. Jumlah *layer* yang digunakan dibuat seminimal mungkin untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penyelesaian masalah. Keuntungan dalam penggunaan metode *neural network* adalah metode sintesis *neural network* yang invariant terhadap dimensi pada ruang fitur, kecukupan pada perspektif modern teknologi, dan toleran terhadap perubahan monoton namun tidak secara besar terhadap kualitas penyelesaian masalah yang bergantung pada jumlah elemen yang gagal [27].

BAB 3

METODE PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian, dilakukan pengembangan peralatan untuk melakukan pengukuran. Peralatan yang dikembangkan terdiri dari *laser*, tabung reaksi, lensa pengumpul, detektor, mikrokontroler, dan *laptop*. Dirancang suatu *casing* untuk mengakomodasi tempat untuk seluruh komponen yang digunakan pada peralatan yang dikembangkan.

3.1 Pemilihan Sumber Eksitasi

Pada pengembangan peralatan yang digunakan untuk melakukan pengambilan data, sumber eksitasi merupakan hal yang sangat penting. Peralatan yang digunakan menggunakan sumber eksitasi berupa *laser*. Hal ini dikarenakan rentang panjang gelombang *laser* yang sempit dan resolusi spektrum yang tinggi. Terdapat dua jenis *laser* yang digunakan yaitu *laser* dengan panjang gelombang eksitasi sebesar 405nm dengan daya sebesar 100mW dan *laser* dengan panjang gelombang eksitasi sebesar 532nm dengan daya sebesar 50mW. Kedua *laser* yang digunakan memiliki panjang gelombang eksitasi yang berada di daerah cahaya tampak. Hamburan Raman bekerja dengan melakukan pergeseran panjang gelombang dari panjang gelombang eksitasi, maka dengan *laser* yang panjang gelombang eksitasinya lebih pendek, hamburan Raman dapat diamati pada rentang cahaya tampak. Sumber eksitasi tersebut dihubungkan pada sebuah *power supply* eksternal. Penggunaan *power supply* eksternal memberikan stabilitas arus terhadap sumber eksitasi yang digunakan.

3.2 Pemilihan Detektor yang Digunakan

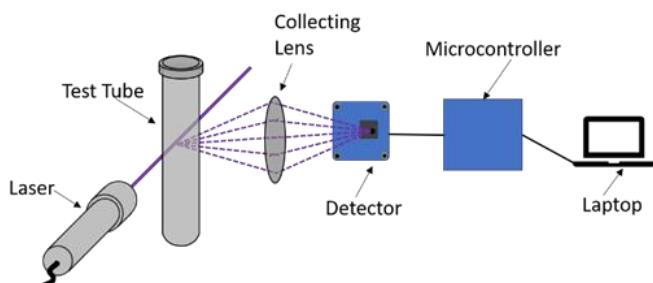
Selain melakukan pemilihan sumber eksitasi yang sesuai, detektor yang digunakan pada peralatan yang dikembangkan juga harus disesuaikan. Pemilihan detektor didasarkan pada beberapa kriteria seperti memiliki harga yang murah untuk memenuhi kriteria peralatan yang berbiaya rendah, kemampuan deteksi cahaya eksitasi yang baik, dan ketersediaan di pasaran yang cukup banyak. Dari kriteria tersebut, dipilih suatu detektor yang memenuhi ketiga kriteria tersebut.

Detektor tersebut adalah sebuah *sensor* berbasis *complementary metal oxide semiconductor* (CMOS) dengan jenis AS7262 milik produsen AMS. *Sensor* tersebut di pasaran dijual dalam bentuk breakout board, salah satunya diproduksi oleh Adafruit. AS7262 merupakan *sensor* warna yang memiliki enam kanal warna yang terdiri dari kanal warna pada panjang gelombang 450nm, 500nm, 550nm, 570nm, 600nm, dan 650nm. Kanal warna tersebut dapat dicapai dengan adanya *filter* interferensi yang terdapat pada *sensor* tersebut.

3.3 Perancangan Peralatan Pengukuran

Setelah didapatkan sumber eksitasi dan detektor yang sesuai, dilakukan perancangan peralatan. Sebuah lensa bikonveks dengan diameter 5 cm dan titik fokus 5 cm sebagai lensa pengumpul. Lensa pengumpul digunakan untuk mengumpulkan cahaya yang terhambur oleh cairan yang berada di dalam tabung reaksi dan memfokuskan kembali ke detektor. Lensa pengumpul tersebut terbuat dari kaca.

Kami menggunakan satu unit mikrokontroler yang dihubungkan dengan *laptop*. Mikrokontroler yang kami gunakan adalah Arduino Nano dengan *add-on board* berupa *I/O extender board*. Pertimbangan kami memilih mikrokontroler ini adalah dukungan yang banyak, murah, dan mudah didapatkan. Mikrokontroler ini berfungsi untuk menerima data dari detektor dan mengkonversi ke dalam nilai data mentah. *Laptop* kami gunakan untuk melakukan pengolahan data mentah agar lebih mudah dipahami. Pengolahan data mentah yang dilakukan meliputi normalisasi dan *plotting* ke dalam bentuk grafik. Seluruh perangkat tersebut kemudian disusun seperti pada gambar 3.1 dan wujud peralatan yang sudah jadi terdapat pada gambar 3.



Gambar 3.1 Ilustrasi dari peralatan yang dikembangkan untuk melakukan pengambilan data spektrum Raman



Gambar 3.2 Peralatan yang dikembangkan untuk melakukan pengambilan data spektrum Raman

Pada peralatan yang telah dirakit, terdapat lima struktur utama, yaitu *holder* untuk tabung reaksi, *holder* untuk *laser*, *holder* untuk lensa pengumpul, *holder* untuk detektor, dan *casing*. Seluruh struktur tersebut dicetak dengan *3D printer* kecuali penutup di bagian atas yang terbuat dari akrilik yang dicat hitam doff.

3.4 Pengujian Peralatan Pengukuran

Setelah dilakukan perancangan peralatan pengukuran, dilakukan pengujian terhadap peralatan pengukuran tersebut. Terdapat dua pengujian yang dilakukan yaitu pengujian pada sampel cairan yang memiliki sifat transparan yang sama dan pengujian pada sampel cairan yang berwarna. Pengujian pada sampel cairan dengan sifat transparan yang sama dilakukan dengan menguji kemampuan deteksi keberadaan pestisida pada cairan yang memiliki sifat transparan. Hal ini dilakukan menggunakan metode *neural network* sederhana. Sampel cairan yang digunakan berupa 3ml air keran, 3ml air minum isi ulang, 3ml air mineral, 3ml akuades, 3ml alkohol 70%, 3ml alkohol 95%, 3ml pelicin pakaian, 3ml DMSO, 3ml mineral oil, dan campuran 3ml air keran dan pestisida dengan jumlah mulai dari 0.5ml hingga 4ml.

Data warna setiap kanal warna yang diterima oleh mikrokontroler dari detektor disatukan menjadi satu *dataset* latih. *Dataset* latih tersebut kemudian dimuat pada program latih *neural network* sederhana dan dibagi menjadi *data input* dan *output*. *Data input* berupa nilai dari setiap pergeseran Raman yang diperoleh detektor ketika melakukan deteksi pola spektrum Raman terhadap sampel cairan transparan. *Data output* berupa *status* keberadaan pestisida pada sampel cairan transparan. Sampel cairan yang memiliki kandungan pestisida di dalamnya, diberi

status "1", sedangkan untuk sampel cairan yang tidak mengandung pestisida, diberi status "0". Program latih *neural network* yang digunakan berupa program latih yang ditulis menggunakan bahasa Python dengan library Keras yang memiliki *backend* Tensorflow. *Neural network* sederhana yang dibangun memiliki enam input *layer*, tiga *hidden layer* yang terdiri atas sepuluh *neuron* pada *hidden layer* pertama, enam *neuron* pada *hidden layer* kedua, dan tiga *neuron* pada *hidden layer* ketiga, serta satu *output layer*. Fungsi aktrivasi yang digunakan pada *neural network* ini adalah ReLU (Rectified Linear Unit) pada *hidden layer* dan sigmoid pada *output layer*. Pemilihan fungsi aktivasi ReLU pada *hidden layer* bertujuan agar komputasi yang dibutuhkan menjadi efisien sehingga tidak memakan banyak waktu untuk melakukan pelatihan *neural network*. Fungsi aktivasi sigmoid pada *output layer* dipilih dikarenakan untuk *neural network* sederhana yang digunakan sebagai klasifikasi, dimana klasifikasi berada di rentang antara 0 sampai 1, hasil keluaran dari fungsi aktivasi akan selalu berada di rentang 0 sampai 1 jika menggunakan fungsi aktivasi sigmoid. *Neural network* tersebut dilatih dengan *epoch* sebesar 1500 dengan *batch size* sebesar tiga. *Dataset* yang telah dibagi tersebut digunakan untuk melakukan *training neural network* pada program latih *neural network* sehingga menghasilkan model *neural network*. Model *neural network* tersebut disimpan sebagai sebuah file berekstensi .h5.

Pengujian pada sampel cairan yang berwarna dilakukan dengan cara membandingkan pola spektrum Raman yang dihasilkan oleh sampel cairan. Sampel cairan yang digunakan adalah campuran 3ml alkohol 70% dengan iodopovidone mulai dari satu hingga empat tetes, campuran 3ml DMSO dengan iodopovidone mulai satu hingga empat tetes, 3ml darah sapi murni, campuran 3ml darah sapi dengan DMSO mulai 0.5ml hingga 3ml, campuran 3ml darah sapi dengan alkohol 95% mulai 0.5ml hingga 2.5ml, campuran 3ml darah sapi dengan alkohol 70% mulai 0.5ml hingga 3ml, dan campuran 3ml air keran dengan pewarna makanan merah mulai 0.5ml hingga 1.5ml. Data yang diperoleh mikrokontroler dari detektor yang menerima cahaya hamburan diolah oleh *laptop*. Pengolahan yang dilakukan meliputi normalisasi terhadap nilai maksimum yang dapat dideteksi oleh detektor dan plotting menjadi grafik.

BAB 4

EKSPERIMEN DAN ANALISIS DATA

4.1 Pengujian Deteksi terhadap Sampel Cairan Transparan

Setelah kami melakukan pengambilan data dengan semua sampel cairan dan membentuk *dataset* serta melakukan *training* model *neural network* sederhana berdasarkan *dataset* yang digunakan, model *neural network* sederhana yang telah *ditraining* dan tersimpan dimuat pada program deteksi. *Dataset* untuk pengujian deteksi didapatkan dari sejumlah pengukuran sampel cairan transparan yang dilakukan setelah pengambilan data untuk *dataset* latih. *Dataset* uji dimuat pada program deteksi dan digunakan untuk melakukan pengujian model *neural network* sederhana yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut dinyatakan sebagai hasil deteksi dengan *dataset* uji yang ditampilkan pada program deteksi. Berikut merupakan daftar sampel-sampel cairan transparan yang digunakan untuk melakukan pengujian deteksi terhadap sampel cairan transparan.

- Sampel 1: 3ml Akuades.
- Sampel 2: 3ml Mineral Oil.
- Sampel 3: 3ml Alkohol 95%.
- Sampel 4: 3ml Alkohol 70%.
- Sampel 5: 3ml Dimethyl Sulfoxide.
- Sampel 6: Campuran 3ml Air Keran dengan 0.5ml Pestisida.
- Sampel 7: Campuran 3ml Air Keran dengan 1ml Pestisida.
- Sampel 8: Campuran 3ml Air Keran dengan 1.5ml Pestisida.
- Sampel 9: Campuran 3ml Air Keran dengan 2ml Pestisida.
- Sampel 10: Campuran 3ml Air Keran dengan 2.5ml Pestisida.
- Sampel 11: Campuran 3ml Air Keran dengan 3ml Pestisida.
- Sampel 12: Campuran 3ml Air Keran dengan 3.5ml Pestisida.
- Sampel 13: Campuran 3ml Air Keran dengan 4ml Pestisida.
- Sampel 14: 3ml Air Keran
- Sampel 15: 3ml Pestisida

Dari sampel-sampel cairan tersebut, didapatkan hasil deteksi untuk setiap sampel cairan transparan. Model *neural network* yang digunakan, membandingkan sampel cairan transparan berdasarkan nilai yang terdapat pada setiap pergeseran Raman (*Raman shift*) dan menyesuaikan dengan kondisi sampel cairan yang sebelumnya sudah dilatih pada model *neural network*. Kondisi tersebut diperoleh dari *status* keberadaan pestisida yang tertulis pada *dataset* latih.

Ketika model *neural network* digunakan pada program deteksi, model *neural network* diuji dengan suatu *dataset* uji yang merupakan hasil deteksi dari beberapa sampel cairan yang diuji secara acak. Jika terdapat kandungan pestisida, hasil deteksi akan muncul dengan menuliskan *status* keberadaan pestisida "1" yang berarti ada kandungan pestisida pada sampel cairan tersebut dan sebaliknya bila tidak terdapat kandungan pestisida, hasil deteksi akan muncul dengan menuliskan *status* keberadaan pestisida "0" yang berarti tidak ada kandungan pestisida pada sampel cairan. Berikut merupakan hasil pengujian deteksi terhadap sampel cairan transparan dengan sumber eksitasi *laser* 405nm dan 532nm menggunakan *neural network* sederhana..

Tabel 4.1 Hasil deteksi sampel cairan transparan dengan *laser* 405nm menggunakan *neural network* sederhana

Sampel	Raman Shift (cm ⁻¹)						Keberadaan Pestisida	Hasil Deteksi
	2469.14	4691.36	6509.54	7147.5	8024.69	9306.74		
1	0.615	0.032	0.038	1.000	0.015	0.014	Tidak Ada	Tidak Ada
2	0.687	0.048	0.064	1.000	0.060	0.028	Tidak Ada	Ada
3	0.480	0.029	0.051	1.000	0.038	0.018	Tidak Ada	Ada
4	0.540	0.043	0.069	1.000	0.055	0.023	Tidak Ada	Ada
5	0.384	0.024	0.036	1.000	0.031	0.013	Tidak Ada	Ada
6	0.456	0.037	0.058	1.000	0.047	0.019	Ada	Ada
7	0.623	0.047	0.063	1.000	0.048	0.024	Ada	Ada
8	0.504	0.037	0.048	1.000	0.035	0.018	Ada	Ada
9	0.488	0.032	0.042	1.000	0.030	0.016	Ada	Ada
10	0.452	0.023	0.035	1.000	0.042	0.015	Ada	Ada
11	0.338	0.021	0.029	1.000	0.022	0.012	Ada	Ada
11	0.341	0.023	0.031	1.000	0.034	0.010	Ada	Ada
12	0.543	0.036	0.041	1.000	0.036	0.016	Ada	Ada
13	0.529	0.025	0.032	0.953	0.051	0.018	Tidak Ada	Tidak Ada
14	0.541	0.033	0.051	1.000	0.051	0.017	Ada	Ada

Berdasarkan hasil pengujian model *neural network* dengan *laser* 405nm yang ditunjukkan oleh tabel 4.2, terdapat empat hasil deteksi yang tidak sesuai dengan keberadaan pestisida pada sampel dari lima belas data uji dan terdapat tiga hasil deteksi yang tidak sesuai dengan keberadaan pestisida pada sampel dari lima belas data uji dengan menggunakan model *neural network* dengan *laser* 532nm, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil deteksi sampel cairan transparan dengan *laser* 532nm menggunakan *neural network* sederhana

Sampel	Raman Shift (cm^{-1})						Keberadaan Pestisida	Hasil Deteksi
	-3425.23	-1203.01	615.17	1253.13	2130.32	3412.37		
1	0.056	0.686	0.85	0.754	0.007	0.020	Tidak Ada	Tidak Ada
2	0.043	0.596	0.809	0.382	0.005	0.008	Tidak Ada	Tidak Ada
3	0.024	0.500	0.768	0.387	0.004	0.009	Tidak Ada	Tidak Ada
4	0.053	0.556	0.918	0.618	0.006	0.014	Tidak Ada	Tidak Ada
5	0.067	0.75	0.983	0.561	0.006	0.019	Tidak Ada	Ada
6	0.068	0.597	0.936	0.622	0.008	0.024	Ada	Tidak Ada
7	0.030	0.561	0.871	0.417	0.005	0.013	Ada	Tidak Ada
8	0.049	0.856	0.984	0.831	0.009	0.024	Ada	Ada
9	0.09	0.734	0.923	0.871	0.010	0.036	Ada	Ada
10	0.043	0.793	1.000	0.741	0.008	0.012	Ada	Ada
11	0.045	0.746	0.909	0.568	0.006	0.018	Ada	Tidak Ada
12	0.061	0.826	0.972	0.784	0.008	0.023	Ada	Ada
13	0.048	0.769	0.942	0.459	0.005	0.015	Ada	Ada
14	0.039	0.622	0.988	0.664	0.007	0.017	Tidak Ada	Tidak Ada
15	0.082	0.777	0.964	0.697	0.009	0.024	Ada	Ada

Dari pengujian terhadap sampel cairan transparan yang telah dilakukan, walaupun sampel cairan yang diuji memiliki kesamaan pada tingkat transparansi, seluruh sampel cairan tersebut masih dapat dibedakan dengan bantuan *neural network*. Hal ini dikarenakan setiap sampel cairan transparan yang diuji memiliki pola spektrum Raman yang berbeda satu dengan yang lain. Hasil pengujian ini juga menandakan bahwa data yang diperoleh dapat digunakan untuk membangun model *neural network* sederhana.

4.2 Pengujian Deteksi terhadap Sampel Cairan Berwarna

Setelah mendapatkan data ternormalisasi dari setiap sampel cairan dengan warna yang berbeda, data tersebut diplot dalam bentuk grafik. Terdapat dua jenis

grafik yang digunakan yaitu grafik *stem* dan grafik *radar*. Grafik *stem* digunakan untuk mengetahui nilai ternormalisasi dari setiap kanal warna yang diskrit dan grafik *radar* digunakan untuk membandingkan spektrum dari sampel cairan yang diuji. Berikut merupakan daftar sampel yang digunakan untuk melakukan pengujian pada sampel cairan berwarna.

- Sampel 1: Campuran 3ml Alkohol 70% dengan Satu Tetes Iodopovidone.
- Sampel 2: Campuran 3ml Alkohol 70% dengan Dua Tetes Iodopovidone.
- Sampel 3: Campuran 3ml Alkohol 70% dengan Tiga Tetes Iodopovidone.
- Sampel 4: Campuran 3ml Alkohol 70% dengan Empat Tetes Iodopovidone.
- Sampel 5: 3ml Darah Sapi.
- Sampel 6: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 0.5ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO).
- Sampel 7: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 1ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO).
- Sampel 8: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 1.5ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO).
- Sampel 9: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 2ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO).
- Sampel 10: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 2.5ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO).
- Sampel 11: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 3ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO).
- Sampel 12: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 0.5ml Alkohol 95%.
- Sampel 13: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 1ml Alkohol 95%.
- Sampel 14: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 1.5ml Alkohol 95%.
- Sampel 15: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 2ml Alkohol 95%.
- Sampel 16: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 2.5ml Alkohol 95%.

- Sampel 17: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 0.5ml Alkohol 70%.
- Sampel 18: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 1ml Alkohol 70%.
- Sampel 19: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 1.5ml Alkohol 70%.
- Sampel 20: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 2ml Alkohol 70%.
- Sampel 21: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 2.5ml Alkohol 70%.
- Sampel 22: Campuran 3ml Darah Sapi dengan 3ml Alkohol 70%.
- Sampel 23: Campuran 3ml Air Keran dengan 0.5ml Pewarna Makanan Warna Merah.
- Sampel 24: Campuran 3ml Air Keran dengan 1ml Pewarna Makanan Warna Merah.
- Sampel 25: Campuran 3ml Air Keran dengan 1.5ml Pewarna Makanan Warna Merah.
- Sampel 26: Campuran 3ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO) dengan Satu Tetes Iodopovidone.
- Sampel 27: Campuran 3ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO) dengan Dua Tetes Iodopovidone.
- Sampel 28: Campuran 3ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO) dengan Tiga Tetes Iodopovidone.
- Sampel 29: Campuran 3ml Dimethyl Sulfoxide (DMSO) dengan Empat Tetes Iodopovidone.

Dari sampel-sampel cairan tersebut, didapatkan hasil deteksi untuk setiap sampel cairan berwarna. Hasil pengujian deteksi terhadap sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi *laser* 405nm ditunjukkan oleh tabel 4.3 dibawah. Dari hasil pengujian dengan sumber eksitasi laser 405nm, pergeseran Raman (Raman shift) yang memiliki nilai tertinggi terdapat pada pergeseran Raman 7147.5cm^{-1} . Raman shift ini berada pada kanal warna kuning, dimana kanal warna tersebut pada detektor menerima cahaya dengan panjang gelombang 570nm. Pergeseran Raman yang terjadi pada sumber eksitasi laser 405nm memiliki rentang yang sangat besar, sehingga perbedaan pola spektrum yang terjadi ketika diplot dalam bentuk grafik radar, terlihat sangat kecil dan cenderung lebih tinggi nilainya pada pergeseran Raman 7147.5cm^{-1} . Hal ini ditandai dengan grafik Radar yang berbentuk

meruncing ke pergeseran Raman 7147.5cm^{-1} seperti pada gambar 4.1 hingga gambar 4.3 di bawah.

Tabel 4.3. Hasil pengujian sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi *laser* 405nm

Sampel	Raman Shift (cm^{-1})					
	2469.14	4691.36	6509.54	7147.5	8024.69	9306.74
1	0.661	0.041	0.038	1.000	0.023	0.029
2	0.465	0.026	0.024	1.000	0.023	0.024
3	0.694	0.036	0.034	1.000	0.030	0.026
4	0.257	0.012	0.015	0.661	0.008	0.006
5	0.677	0.028	0.041	1.000	0.077	0.050
6	0.603	0.022	0.027	0.707	0.055	0.039
7	0.529	0.023	0.025	0.781	0.055	0.036
8	0.495	0.021	0.024	0.774	0.047	0.031
9	0.409	0.012	0.009	0.225	0.023	0.024
10	0.339	0.019	0.024	0.781	0.032	0.020
11	0.222	0.012	0.017	0.565	0.021	0.010
12	0.558	0.026	0.040	0.992	0.076	0.049
13	0.708	0.033	0.048	1.000	0.090	0.059
14	0.488	0.019	0.022	0.649	0.055	0.026
15	0.449	0.018	0.022	0.699	0.030	0.027
16	0.678	0.025	0.034	0.923	0.050	0.038
17	0.474	0.020	0.024	0.669	0.044	0.030
18	0.462	0.021	0.025	0.685	0.046	0.032
19	0.530	0.022	0.026	0.715	0.049	0.035
20	0.520	0.022	0.025	0.700	0.048	0.032
21	0.251	0.011	0.013	0.403	0.023	0.015
22	0.314	0.013	0.011	0.404	0.021	0.018
23	0.513	0.033	0.037	1.000	0.037	0.021
24	0.434	0.027	0.034	1.000	0.038	0.020
25	0.497	0.032	0.044	1.000	0.048	0.024
26	0.632	0.034	0.030	1.000	0.016	0.019
27	0.591	0.032	0.027	1.000	0.018	0.016
28	0.623	0.033	0.030	1.000	0.017	0.019
29	0.622	0.033	0.028	1.000	0.018	0.018

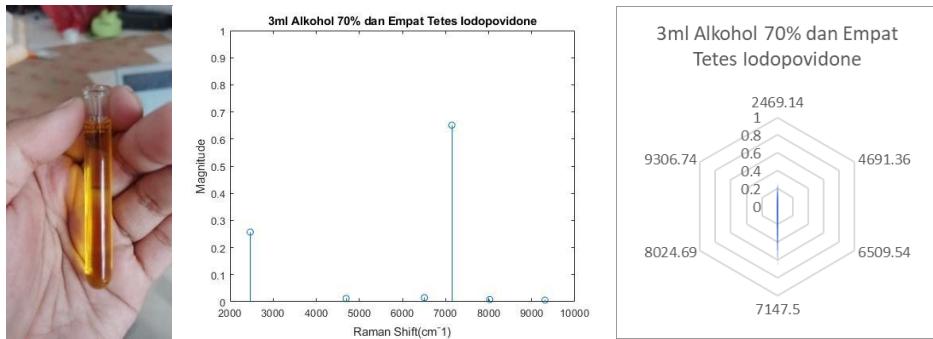
Selain menggunakan *laser* 405nm sebagai sumber eksitasi, pengujian terhadap sampel cairan berwarna juga dilakukan dengan menggunakan sumber eksitasi *laser* 532nm. Hasil pengujian dari setiap sampel cairan yang berbeda warna dengan *laser* 532nm ditunjukkan oleh tabel 4.4 di bawah. Pada pengujian sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi 532nm, terdapat tiga pergeseran Raman yang memiliki nilai yang tinggi, yaitu pada pergeseran Raman -1203.01cm^{-1} , 615.17cm^{-1} , dan

1253.13cm^{-1} . Ketiga pergeseran Raman tersebut masing-masing merupakan kanal warna yang menerima warna biru dengan panjang gelombang 500nm, warna hijau dengan panjang gelombang 550nm, dan warna kuning dengan panjang gelombang 570nm. Rentang pergeseran Raman yang terjadi pada sumber eksitasi laser 532nm lebih sempit, sehingga perbedaan pola spektrum yang terjadi lebih terlihat dengan jelas, terutama ketika diplot dalam bentuk grafik radar seperti pada gambar 4.4 hingga gambar 4.6.

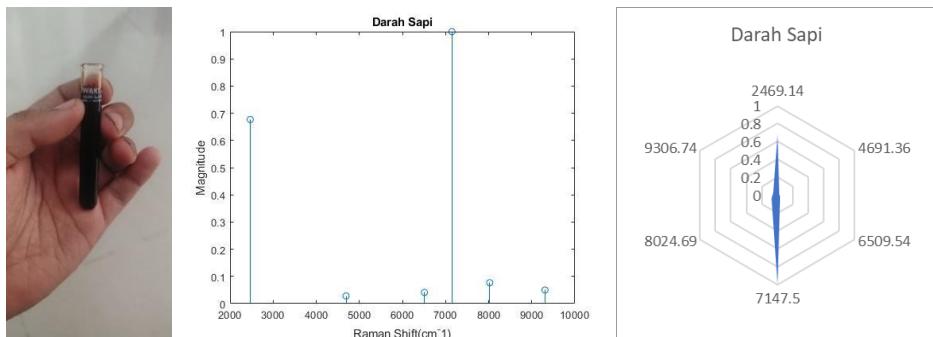
Tabel 4.4. Hasil pengujian sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi *laser* 532nm

Sampel	Raman Shift (cm^{-1})					
	-3425.23	-1203.01	615.17	1253.13	2130.32	3412.37
1	0.029	0.580	0.730	0.291	0.003	0.007
2	0.111	0.854	1.000	0.946	0.011	0.040
3	0.040	0.770	0.822	0.371	0.004	0.008
4	0.031	0.695	0.960	0.407	0.004	0.009
5	0.081	1.000	1.000	1.000	0.018	0.014
6	0.043	0.476	0.854	0.406	0.005	0.012
7	0.021	0.707	0.852	0.560	0.004	0.007
8	0.021	0.452	0.790	0.304	0.003	0.006
9	0.018	0.523	0.730	0.297	0.003	0.006
10	0.078	0.913	1.000	0.898	0.009	0.021
11	0.068	0.894	1.000	0.945	0.009	0.024
12	0.031	0.751	0.913	0.509	0.006	0.010
13	0.056	0.880	0.952	0.905	0.008	0.014
14	0.027	0.683	1.000	0.752	0.005	0.009
15	0.038	0.554	0.839	0.703	0.007	0.024
16	0.060	0.497	0.900	0.739	0.008	0.030
17	0.099	0.867	1.000	0.716	0.013	0.018
18	0.035	0.634	0.848	0.359	0.005	0.008
19	0.036	0.534	0.753	0.299	0.004	0.008
20	0.028	0.461	0.721	0.290	0.004	0.008
21	0.083	0.674	0.876	0.727	0.008	0.025
22	0.034	0.536	0.786	0.412	0.005	0.010
23	0.049	0.722	0.894	0.689	0.009	0.028
24	0.042	0.581	0.925	0.582	0.008	0.023
25	0.041	0.677	0.959	0.516	0.007	0.019
26	0.025	0.730	0.915	0.350	0.004	0.006
27	0.028	0.730	1.000	0.628	0.005	0.010
28	0.090	0.897	0.968	0.748	0.009	0.021
29	0.037	0.675	0.858	0.363	0.004	0.008

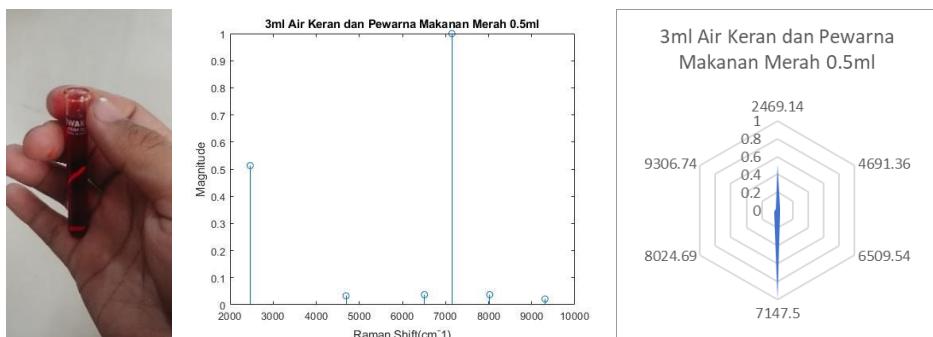
Dari data yang diperoleh, dibentuk dalam wujud grafik agar lebih mudah untuk dibaca. Wujud dari beberapa sampel cairan berwarna yang digunakan beserta grafik hasil pengujian deteksi terhadap sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi *laser* 405nm terdapat pada gambar 4.1 hingga gambar 4.3 dan dengan sumber eksitasi *laser* 532nm terdapat pada gambar 4.4 hingga gambar 4.6.



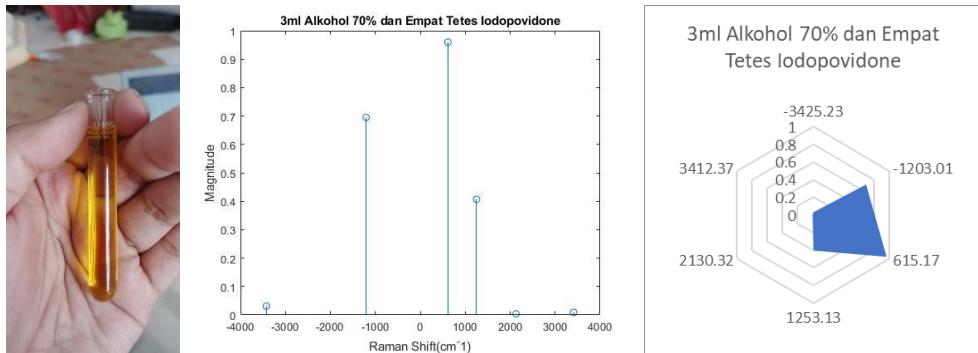
Gambar 4.1 Wujud sampel cairan beserta grafik *stem* dan *radar* dari data spektrum Raman campuran 3ml alkohol 70% dengan empat tetes iodopovidone dengan sumber eksitasi *laser* 405nm



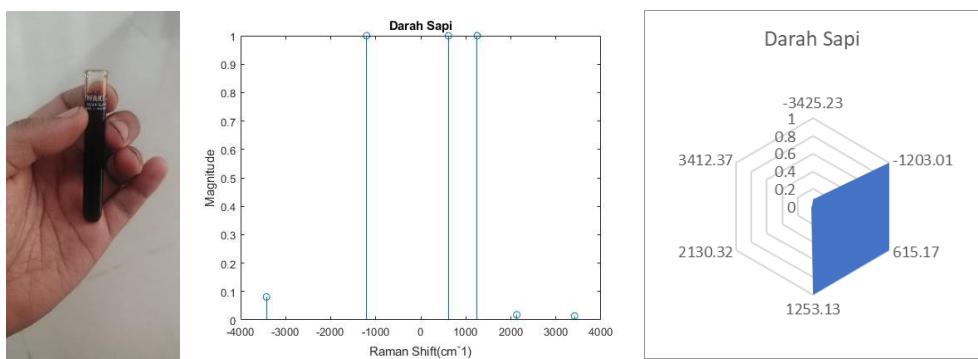
Gambar 4.2 Wujud sampel cairan beserta grafik *stem* dan *radar* dari data spektrum Raman darah sapi dengan sumber eksitasi *laser* 405nm



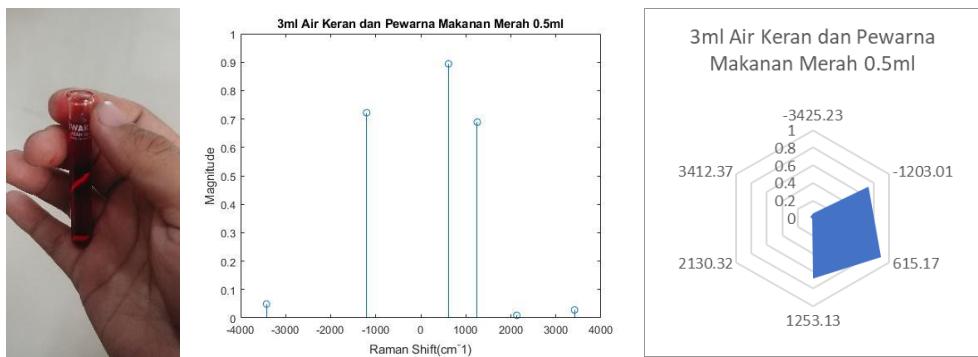
Gambar 4.3 Wujud sampel cairan beserta grafik *stem* dan *radar* dari data spektrum Raman campuran 3ml air keran dengan 0.5ml pewarna makanan merah dengan sumber eksitasi *laser* 405nm



Gambar 4.4 Wujud sampel cairan beserta grafik diskrit dan *radar* dari data spektrum Raman campuran 3ml alkohol 70% dengan empat tetes iodopovidone dengan sumber eksitasi *laser* 532nm



Gambar 4.5 Wujud sampel cairan beserta grafik *stem* dan *radar* dari data spektrum Raman darah sapi dengan sumber eksitasi *laser* 532nm



Gambar 4.6 Wujud sampel cairan beserta grafik *stem* dan *radar* dari data spektrum Raman campuran 3ml air keran dengan 0.5ml pewarna makanan merah dengan sumber eksitasi *laser* 532nm

Berdasarkan pengujian dengan sampel cairan berwarna yang dilakukan dengan sumber eksitasi *laser* 405nm seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.3 dan pengujian dengan sampel cairan berwarna yang dilakukan dengan sumber eksitasi *laser* 532nm seperti pada tabel 4.4, terdapat perbedaan pola spektrum Raman pada setiap sampel cairan berwarna yang teruji. Pola spektrum Raman yang terbentuk

lebih terlihat jelas pada pengujian sampel cairan berwarna dengan sumber eksitasi *laser* 532nm seperti yang terlihat pada gambar 4.1 hingga gambar 4.6. Hal ini dikarenakan rentang pergeseran Raman yang berhubungan langsung terhadap energi foton lebih pendek ketika menggunakan sumber eksitasi *laser* 532nm dibandingkan dengan ketika menggunakan sumber eksitasi 405nm, sehingga perubahan nilai pada setiap kanal panjang gelombang yang terjadi lebih terlihat.

Pengujian dengan sampel cairan berwarna juga dilakukan dengan menggunakan darah, namun darah yang digunakan pada pengujian ini adalah darah sapi yang merupakan hewan *mammalia*. Pada pengujian ini, darah diuji dengan tanpa perlakuan maupun dengan perlakuan tertentu seperti memberikan bahan pelarut seperti DMSO, alkohol 95%, dan alkohol 70% dengan berbagai volume. Hasil pengujian tersebut juga ditampilkan pada tabel 4.3 dan tabel 4. yaitu pada sampel 5 hingga sampel 22. Untuk darah tanpa perlakuan, hasil pengujian ditampilkan pada gambar 4.2 dan gambar 4.5. Dari hasil pengujian tersebut, peralatan deteksi yang dikembangkan dapat mendeteksi darah dengan atau tanpa perlakuan tertentu seperti penambahan DMSO, alkohol 95%, atau alkohol 70% pada darah.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Seluruh perangkat dan komponen yang digunakan untuk mengembangkan peralatan optik-elektronik portabel berdasarkan hamburan Raman berbiaya rendah telah diuji. Perpaduan antara dioda *laser*, tabung reaksi, lensa pengumpul, detektor photoarray CMOS, dan mikrokontroler dapat memberikan hasil pengukuran terhadap sampel cairan. Seluruh perangkat dan komponen ditempatkan pada *holder* dan dirakit dalam sebuah *casing* yang ringkas sehingga peralatan deteksi yang dikembangkan menjadi portabel. Peralatan deteksi ini digunakan dengan cara memasukkan tabung reaksi yang telah berisi sampel cairan ke *holder* tabung kemudian disinari oleh sumber eksitasi. Cahaya hamburan Raman disatukan dan difokuskan oleh lensa pengumpul. Cahaya hamburan Raman tersebut diterima oleh detektor dan dilakukan pengolahan data menjadi data ternormalisasi dari data awal yang berupa data mentah.

Terdapat dua eksperimen yang dilakukan pada peralatan deteksi yang dikembangkan yaitu eksperimen deteksi terhadap sampel cairan transparan dan eksperimen deteksi terhadap sampel cairan berwarna. Kedua pengujian yang dilakukan membutuhkan keadaan yang gelap dan untuk memenuhi keadaan tersebut, bagian penutup yang ditempatkan di atas keempat bagian tepi *casing* dan dibuat dari akrilik yang dicat hitam doff. Eksperimen dengan sampel cairan transparan menggunakan sampel cairan yang memiliki transparansi yang sama seperti air keran, air minum isi ulang, air mineral, alkohol 70%, alkohol 95%, campuran air keran dengan pestisida, dimethyl sulfoxide (DMSO), pelican pakaian, akuades, mineral oil, dan pestisida. Dari eksperimen deteksi dengan sampel cairan transparan menggunakan *neural network* sederhana, walaupun semua sampel yang diuji memiliki transparansi yang sama, sampel-sampel tersebut memiliki pola spektrum Raman yang berbeda, sehingga dapat dibedakan satu sama lain. Eksperimen ini juga menandakan bahwa sampel cairan yang mengandung pestisida dapat dideteksi perbedaannya terhadap sampel cairan transparan lainnya. Hasil

yang diperoleh dari eksperimen dengan sampel cairan transparan dapat digunakan untuk melakukan analisis *neural network*.

Pada pengujian dengan sampel cairan berwarna, sampel cairan yang digunakan adalah campuran alkohol 70% dengan tetesan iodopovidone, darah sapi, campuran darah sapi dengan dimethyl sulfoxide (DMSO), campuran darah sapi dengan alkohol 95%, campuran darah sapi dengan alkohol 70%, campuran air keran dengan pewarna makanan warna merah, dan campuran DMSO dengan tetesan iodopovidone. Dari data yang didapatkan, peralatan yang dikembangkan dapat mendeteksi perbedaan pola spektrum Raman setiap sampel cairan yang berwarna walaupun warna yang dimiliki saling berdekatan. Pada pengujian dengan sampel cairan berwarna, berdasarkan grafik yang didapatkan, pengujian dengan sumber eksitasi laser 532nm memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sumber eksitasi 405nm dikarenakan rentang pergeseran Raman dengan sumber eksitasi laser 532nm lebih pendek dibandingkan dengan ketika menggunakan sumber eksitasi 405nm. Pengujian dengan sampel cairan berwarna juga menunjukkan bahwa peralatan deteksi yang dikembangkan dapat digunakan untuk mendeteksi darah, baik tanpa perlakuan tertentu maupun dengan perlakuan tertentu seperti penambahan DMSO, alkohol 95%, atau alkohol 70% pada darah.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, dibutuhkan laser yang memiliki rangkaian driver yang stabil untuk menghindari intensitas laser yang fluktuatif. Eksperimen dengan *neural network* membutuhkan banyak data, sehingga untuk melakukan eksperimen tersebut, harus dilakukan pengambilan data berulang kali untuk setiap sampel cairan yang diuji agar *neural network* yang dibangun dapat mengenali variasi nilai deteksi yang terdapat pada suatu sampel cairan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] da Silva, Michael, et al., "Design and implementation of low cost optical spectrometer," *Proceeding of the 2nd International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies*, pp. 1904-1908.
- [2] Lee, Wendy W. Y., et al., "Swellable polymer films containing Au nanoparticles for point-of-care therapeutic drug monitoring using surface-enhanced Raman spectroscopy," *Analytica Chimica Acta 912*, pp. 111-116, 2016.
- [3] Birech, Zephania, et al., "Low cost Raman sample substrates from conductive silver paint smear for Raman spectroscopic screening of metabolic diseases in whole blood," *Vibrational Spectroscopy 108*, pp. 1-6, 2020.
- [4] Firdous, Shamaraz and Anwar, Shahzad, "Optical Diagnostic of Dengue Virus Infected Human Blood using Raman, Polarimetric and Fluorescence Spectroscopy", *Dengue - Immunopathology and Control Strategies*, 2017, Open access peer-reviewed chapter, p.75-89.
- [5] Ball, David W., "The Basics of Spectroscopy," Washington: The Society of Photo-Optical Peralatantation Engineers, 2001.
- [6] Magnusson, R., "Light sources and optics," *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, vol.1, pp. 1158-1168, 1999.
- [7] Garbuny, Max., "Optical Physics," New York: Academic Press Inc, 1965.
- [8] McCreery, Richard L., "Raman Spectroscopy for Chemical Analysis," Canada: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [9] Andrews, David L., "Rayleigh scattering and Raman effect, theory," *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, vol.1, pp. 1993-2000, 1999.
- [10] Wartewig, Siegfried, "IR and Raman Spectroscopy," Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003.
- [11] William, A. T. Rhys, "An Introduction to Fluorescence Spectroscopy," Beaconsfield: PerkinElmer, Inc., 2000
- [12] Schrader, Bernhard., "Raman spectrometers," *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, vol.1, pp. 1986-1992, 1999.

- [13] Ferraro, John R., “Introductory Raman Spectroscopy – Second Edition,” San Diego: Academic Press, 2003.
- [14] Gauglitz, Günter and Vo-Dinh, Tuan, “Handbook of Spectroscopy,” Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003.
- [15] Scoicaru, L. O., et al., “*New advances in analytic and diagnostic technologies based on Raman spectroscopy*,” ICTON 2017, 2017.
- [16] Gardiner, Derek J. and Graves, Pierre R., “Practical Raman Spectroscopy – With Contributions by H. J. Bowley, D. J. Gardiner, D. L. Gerrard, P. R. Graves, J. D. Louden, G. Turrell,” Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1989.
- [17] Telle, Helmut H., Ureña, Angel González, and Donovan, Robert J., “*Laser Chemistry – Spectroscopy, Dynamics, and Applications*,” Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [18] Tkachenko, Nikolai V., “Optical Spectroscopy – Methods and Peralatantations,” Amsterdam: Elsevier B.V, 2006.
- [19] QPhotonics, “Single mode *laser* diode, 100mW @ 405nm, QLD-405-100S,” QLD-405-100 datasheet.
- [20] Kumbhar, Kalpana and Kshirasagar, Ketki P., “*Comparative study of CCD & CMOS sensors for image processing*,” International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Peralatantation and Control Engineering, Vol. 3, pp. 194-196, December 2015.
- [21] Blanc, Nicolas, “*CCD versus CMOS – has CCD imaging come to an end?*,” Photogrammetric Week 01, pp. 131-137, 2003.
- [22] ams, “AS7262 6-Channel Visible Spectral_ID Device with Electronic Shutter and Smart Interface,” ams Datasheet, 17 March 2017.
- [23] Parkash, Om and Hanim Shueb, Rafidah, “*Diagnosis of Dengue Infection Using Conventional and Biosensor Based Techniques*”, Viruses 2015, Vol. 7, pp. 5410–5427, 2015.
- [24] Subedi, Dinesh and Taylor Robinson, Andrew W., “*Laboratory Diagnosis of Dengue Infection: Current Techniques and Future Strategies*”, Open Journal of Clinical Diagnostics, 2014, 4, 63-70.
- [25] Pei-Yun Shu and Jyh-Hsiung Huang,”*Current Advances in Dengue Diagnosis*”, Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology, July 2004, Vol. 11, No. 4, pp. 642–650.

- [26] “*Dengue haemorrhagic fever, Diagnosis, treatment, prevention and control Second Edition*”, World Health Organization, Geneva, 1997.
- [27] Galushkin, Alexander I., "Neural networks Theory," Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2007.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Data ternormalisasi pengambilan data pola spektrum Raman dengan *laser* 405nm

Sampel	Raman Shift (cm^{-1})					
	2469.14	4691.36	6509.54	7147.5	8024.69	9306.74
Tanpa Tabung	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Air Mineral	0.806	0.041	0.044	1.000	0.058	0.045
Air Minum Isi Ulang	0.546	0.043	0.050	1.000	0.040	0.029
Air Keran	0.443	0.020	0.019	0.897	0.039	0.018
Alkohol 70%	0.588	0.032	0.031	1.000	0.058	0.031
Alkohol 95%	0.447	0.032	0.040	1.000	0.018	0.015
3ml Air Keran + Pestisida 0.5ml	0.457	0.038	0.058	1.000	0.048	0.019
3ml Air Keran + Pestisida 1ml	0.608	0.045	0.061	1.000	0.048	0.024
3ml Air Keran + Pestisida 1.5ml	0.495	0.036	0.048	0.983	0.034	0.018
3ml Air Keran + Pestisida 2ml	0.490	0.031	0.042	1.000	0.030	0.017
3ml Air Keran + Pestisida 2.5ml	0.452	0.023	0.035	0.941	0.042	0.015
3ml Air Keran + Pestisida 3ml	0.338	0.021	0.029	1.000	0.022	0.012
3ml Air Keran + Pestisida 3.5ml	0.333	0.023	0.032	1.000	0.033	0.010
3ml Air Keran + Pestisida 4ml	0.524	0.035	0.041	1.000	0.035	0.016
DMSO	0.474	0.030	0.027	1.000	0.029	0.017
Pelicin Pakaian	0.665	0.039	0.040	1.000	0.057	0.036
3ml Alkohol 70%+Satu Tetes Iodopovidonee	0.661	0.041	0.038	1.000	0.023	0.029
3ml Alkohol 70%+Dua Tetes Iodopovidonee	0.465	0.026	0.024	1.000	0.023	0.024
3ml Alkohol 70%+Tiga Tetes Iodopovidonee	0.694	0.036	0.034	1.000	0.030	0.026
3ml Alkohol 70%+Empat Tetes Iodopovidonee	0.257	0.012	0.015	0.661	0.008	0.006
Mineral Oil	0.385	0.016	0.019	0.728	0.033	0.013
Darah Sapi	0.677	0.028	0.041	1.000	0.077	0.050
3ml darah sapi+DMSO 0.5ml	0.603	0.022	0.027	0.707	0.055	0.039
3ml darah sapi+DMSO 1ml	0.529	0.023	0.025	0.781	0.055	0.036
3ml Darah Sapi+DMSO 1.5ml	0.495	0.021	0.024	0.774	0.047	0.031
3ml Darah Sapi+DMSO 2ml	0.409	0.012	0.009	0.225	0.023	0.024
3ml Darah Sapi+DMSO 2.5ml	0.339	0.019	0.024	0.781	0.032	0.020
3ml Darah Sapi+DMSO 3ml	0.222	0.012	0.017	0.565	0.021	0.010
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 0.5ml	0.558	0.026	0.040	0.992	0.076	0.049
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 1ml	0.708	0.033	0.048	1.000	0.090	0.059
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 1.5ml	0.488	0.019	0.022	0.649	0.055	0.026

3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 2ml	0.449	0.018	0.022	0.699	0.030	0.027
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 2.5ml	0.678	0.025	0.034	0.923	0.050	0.038
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 0.5ml	0.474	0.020	0.024	0.669	0.044	0.030
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 1ml	0.462	0.021	0.025	0.685	0.046	0.032
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 1.5ml	0.530	0.022	0.026	0.715	0.049	0.035
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 2ml	0.520	0.022	0.025	0.700	0.048	0.032
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 2.5ml	0.251	0.011	0.013	0.403	0.023	0.015
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 3ml	0.314	0.013	0.011	0.404	0.021	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 3.5ml	0.389	0.016	0.018	0.555	0.036	0.024
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 4ml	0.256	0.012	0.015	0.494	0.023	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 4.5ml	0.376	0.016	0.019	0.599	0.034	0.021
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 5ml	0.392	0.016	0.019	0.584	0.037	0.023
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 5.5ml	0.194	0.010	0.013	0.429	0.012	0.012
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 6ml	0.296	0.013	0.018	0.496	0.033	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 6.5ml	0.296	0.013	0.017	0.508	0.033	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 7ml	0.259	0.012	0.014	0.414	0.033	0.017
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 7.5ml	0.308	0.014	0.017	0.534	0.028	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 8ml	0.396	0.016	0.013	0.425	0.036	0.025
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 8.5ml	0.313	0.013	0.013	0.429	0.032	0.021
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 9ml	0.326	0.013	0.015	0.474	0.025	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 9.5ml	0.325	0.014	0.017	0.522	0.015	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 10ml	0.369	0.017	0.020	0.609	0.038	0.022
3ml Air Keran+Pewarna Makanan Merah 0.5ml	0.513	0.033	0.037	1.000	0.037	0.021
3ml Air Keran+Pewarna Makanan Merah 1ml	0.434	0.027	0.034	1.000	0.038	0.020
3ml Air Keran+Pewarna Makanan Merah 1.5ml	0.497	0.032	0.044	1.000	0.048	0.024

3ml DMSO+Satu Tetes Iodopovidonee	0.632	0.034	0.030	1.000	0.016	0.019
3ml DMSO+Dua Tetes Iodopovidonee	0.591	0.032	0.027	1.000	0.018	0.016
3ml DMSO+Tiga Tetes Iodopovidonee	0.623	0.033	0.030	1.000	0.017	0.019
3ml DMSO+Empat Tetes Iodopovidonee	0.622	0.033	0.028	1.000	0.018	0.018
Pestisida	0.551	0.034	0.052	1.000	0.051	0.017

Data ternormalisasi pengambilan data pola spektrum Raman dengan *laser* 532nm

Sampel	Raman Shift (cm ⁻¹)					
	-3425.23	-1203.01	615.17	1253.13	2130.32	3412.37
Tanpa Tabung	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Air Mineral	0.031	0.549	0.891	0.492	0.005	0.012
Air Minum Isi Ulang	0.033	0.656	0.857	0.481	0.008	0.012
Air Keran	0.040	0.600	0.985	0.643	0.007	0.017
Alkohol 70%	0.057	0.608	0.936	0.670	0.007	0.015
Alkohol 95%	0.023	0.480	0.755	0.376	0.004	0.009
3ml Air Keran + Pestisida 0.5ml	0.061	0.547	0.911	0.570	0.007	0.022
3ml Air Keran + Pestisida 1ml	0.030	0.561	0.871	0.417	0.005	0.013
3ml Air Keran + Pestisida 1.5ml	0.046	0.827	0.966	0.797	0.009	0.024
3ml Air Keran + Pestisida 2ml	0.085	0.701	0.908	0.841	0.010	0.034
3ml Air Keran + Pestisida 2.5ml	0.042	0.781	1.000	0.730	0.007	0.011
3ml Air Keran + Pestisida 3ml	0.045	0.756	0.918	0.578	0.007	0.018
3ml Air Keran + Pestisida 3.5ml	0.056	0.781	0.946	0.743	0.008	0.021
3ml Air Keran + Pestisida 4ml	0.048	0.732	0.907	0.462	0.005	0.014
DMSO	0.066	0.684	0.966	0.536	0.006	0.018
Pelicin Pakaian	0.037	0.685	0.865	0.424	0.004	0.010
3ml Alkohol 70%+Satu Tetes Iodopovidonee	0.029	0.580	0.730	0.291	0.003	0.007
3ml Alkohol 70%+Dua Tetes Iodopovidonee	0.111	0.854	1.000	0.946	0.011	0.040
3ml Alkohol 70%+Tiga Tetes Iodopovidonee	0.040	0.770	0.822	0.371	0.004	0.008
3ml Alkohol 70%+Empat Tetes Iodopovidonee	0.031	0.695	0.960	0.407	0.004	0.009
Mineral Oil	0.044	0.608	0.813	0.384	0.005	0.008
Darah Sapi	0.081	1.000	1.000	1.000	0.018	0.014

3ml darah sapi+DMSO 0.5ml	0.043	0.476	0.854	0.406	0.005	0.012
3ml darah sapi+DMSO 1ml	0.021	0.707	0.852	0.560	0.004	0.007
3ml Darah Sapi+DMSO 1.5ml	0.021	0.452	0.790	0.304	0.003	0.006
3ml Darah Sapi+DMSO 2ml	0.018	0.523	0.730	0.297	0.003	0.006
3ml Darah Sapi+DMSO 2.5ml	0.078	0.913	1.000	0.898	0.009	0.021
3ml Darah Sapi+DMSO 3ml	0.068	0.894	1.000	0.945	0.009	0.024
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 0.5ml	0.031	0.751	0.913	0.509	0.006	0.010
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 1ml	0.056	0.880	0.952	0.905	0.008	0.014
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 1.5ml	0.027	0.683	1.000	0.752	0.005	0.009
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 2ml	0.038	0.554	0.839	0.703	0.007	0.024
3ml Darah Sapi +Alkohol 95% 2.5ml	0.060	0.497	0.900	0.739	0.008	0.030
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 0.5ml	0.099	0.867	1.000	0.716	0.013	0.018
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 1ml	0.035	0.634	0.848	0.359	0.005	0.008
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 1.5ml	0.036	0.534	0.753	0.299	0.004	0.008
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 2ml	0.028	0.461	0.721	0.290	0.004	0.008
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 2.5ml	0.083	0.674	0.876	0.727	0.008	0.025
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 3ml	0.034	0.536	0.786	0.412	0.005	0.010
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 3.5ml	0.037	0.498	0.777	0.406	0.005	0.011
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 4ml	0.023	0.568	0.901	0.404	0.003	0.007
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 4.5ml	0.032	0.463	0.785	0.369	0.004	0.008
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 5ml	0.020	0.392	0.595	0.234	0.002	0.005
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 5.5ml	0.028	0.444	0.793	0.343	0.004	0.008
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 6ml	0.030	0.564	0.807	0.326	0.004	0.008
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 6.5ml	0.044	0.682	0.740	0.401	0.005	0.011
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 7ml	0.054	0.671	0.795	0.537	0.007	0.022
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 7.5ml	0.037	0.523	0.833	0.381	0.004	0.009
3ml Darah Sapi 3ml+Alkohol 70% 8ml	0.017	0.496	0.769	0.396	0.002	0.004

3ml Darah Sapi						
3ml+Alkohol 70% 8.5ml	0.038	0.638	0.958	0.586	0.006	0.013
3ml Darah Sapi						
3ml+Alkohol 70% 9ml	0.021	0.659	0.962	0.495	0.004	0.009
3ml Darah Sapi						
3ml+Alkohol 70% 9.5ml	0.036	0.415	0.742	0.300	0.004	0.009
3ml Darah Sapi						
3ml+Alkohol 70% 10ml	0.040	0.494	0.784	0.365	0.005	0.011
3ml Air Keran+Pewarna Makanan Merah 0.5ml	0.049	0.722	0.894	0.689	0.009	0.028
3ml Air Keran+Pewarna Makanan Merah 1ml	0.042	0.581	0.925	0.582	0.008	0.023
3ml Air Keran+Pewarna Makanan Merah 1.5ml	0.041	0.677	0.959	0.516	0.007	0.019
3ml DMSO+Satu Tetes Iodopovidonee	0.025	0.730	0.915	0.350	0.004	0.006
3ml DMSO+Dua Tetes Iodopovidonee	0.028	0.730	1.000	0.628	0.005	0.010
3ml DMSO+Tiga Tetes Iodopovidonee	0.090	0.897	0.968	0.748	0.009	0.021
3ml DMSO+Empat Tetes Iodopovidonee	0.037	0.675	0.858	0.363	0.004	0.008
Pestisida	0.080	0.768	0.959	0.683	0.009	0.023

Data latih *neural network* terhadap deteksi sampel cairan transparan untuk model *neural network* dengan sumber eksitasi 405nm

Sampel	Raman Shift (cm ⁻¹)					
	2469.14	4691.36	6509.54	7147.5	8024.69	9306.74
Tanpa Tabung	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Air Mineral	0.806	0.041	0.044	1.000	0.058	0.045
Air Minum Isi Ulang	0.546	0.043	0.050	1.000	0.040	0.029
Air Keran	0.443	0.020	0.019	0.897	0.039	0.018
Alkohol 70%	0.588	0.032	0.031	1.000	0.058	0.031
Alkohol 95%	0.447	0.032	0.040	1.000	0.018	0.015
3ml Air Keran + Pestisida 0.5ml	0.457	0.038	0.058	1.000	0.048	0.019
3ml Air Keran + Pestisida 1ml	0.608	0.045	0.061	1.000	0.048	0.024
3ml Air Keran + Pestisida 1.5ml	0.495	0.036	0.048	0.983	0.034	0.018
3ml Air Keran + Pestisida 2ml	0.490	0.031	0.042	1.000	0.030	0.017
3ml Air Keran + Pestisida 2.5ml	0.452	0.023	0.035	0.941	0.042	0.015
3ml Air Keran + Pestisida 3ml	0.338	0.021	0.029	1.000	0.022	0.012
3ml Air Keran + Pestisida 3.5ml	0.333	0.023	0.032	1.000	0.033	0.010

3ml Air Keran + Pestisida 4ml	0.524	0.035	0.041	1.000	0.035	0.016
DMSO	0.474	0.030	0.027	1.000	0.029	0.017
Pelisin Pakaian	0.665	0.039	0.040	1.000	0.057	0.036
Mineral Oil	0.385	0.016	0.019	0.728	0.033	0.013
Aquadest	0.667	0.035	0.028	1.000	0.016	0.018
Pestisida	0.551	0.034	0.052	1.000	0.051	0.017

Data latih *neural network* terhadap deteksi sampel cairan transparan untuk model *neural network* dengan sumber eksitasi 405nm

Sampel	Raman Shift (cm ⁻¹)					
	-3425.23	-1203.01	615.17	1253.13	2130.32	3412.37
Tanpa Tabung	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Air Mineral	0.031	0.549	0.891	0.492	0.005	0.012
Air Minum Isi Ulang	0.033	0.656	0.857	0.481	0.008	0.012
Air Keran	0.040	0.600	0.985	0.643	0.007	0.017
Alkohol 70%	0.057	0.608	0.936	0.670	0.007	0.015
Alkohol 95%	0.023	0.480	0.755	0.376	0.004	0.009
3ml Air Keran + Pestisida 0.5ml	0.061	0.547	0.911	0.570	0.007	0.022
3ml Air Keran + Pestisida 1ml	0.030	0.561	0.871	0.417	0.005	0.013
3ml Air Keran + Pestisida 1.5ml	0.046	0.827	0.966	0.797	0.009	0.024
3ml Air Keran + Pestisida 2ml	0.085	0.701	0.908	0.841	0.010	0.034
3ml Air Keran + Pestisida 2.5ml	0.042	0.781	1.000	0.730	0.007	0.011
3ml Air Keran + Pestisida 3ml	0.045	0.756	0.918	0.578	0.007	0.018
3ml Air Keran + Pestisida 3.5ml	0.056	0.781	0.946	0.743	0.008	0.021
3ml Air Keran + Pestisida 4ml	0.048	0.732	0.907	0.462	0.005	0.014
DMSO	0.066	0.684	0.966	0.536	0.006	0.018
Pelisin Pakaian	0.037	0.685	0.865	0.424	0.004	0.010
Mineral Oil	0.044	0.608	0.813	0.384	0.005	0.008
Aquadest	0.065	0.772	0.881	0.793	0.007	0.021
Pestisida	0.080	0.768	0.959	0.683	0.009	0.023

Data uji *neural network* terhadap deteksi sampel cairan transparan untuk model *neural network* dengan sumber eksitasi 405nm

Sampel	Raman Shift (cm ⁻¹)						Keberadaan Pestisida
	2469.14	4691.36	6509.54	7147.5	8024.69	9306.74	
Akuades	0.615	0.032	0.038	1.000	0.015	0.014	0
Mineral Oil	0.687	0.048	0.064	1.000	0.060	0.028	0
Alkohol 95%	0.480	0.029	0.051	1.000	0.038	0.018	0
Alkohol 70%	0.540	0.043	0.069	1.000	0.055	0.023	0
DMSO	0.384	0.024	0.036	1.000	0.031	0.013	0
Air Keran dan Pestisida 0.5ml	0.456	0.037	0.058	1.000	0.047	0.019	1
Air Keran dan Pestisida 1ml	0.623	0.047	0.063	1.000	0.048	0.024	1
Air Keran dan Pestisida 1.5ml	0.504	0.037	0.048	1.000	0.035	0.018	1
Air Keran dan Pestisida 2ml	0.488	0.032	0.042	1.000	0.030	0.016	1
Air Keran dan Pestisida 2.5ml	0.452	0.023	0.035	0.941	0.042	0.015	1
Air Keran dan Pestisida 3ml	0.338	0.021	0.029	1.000	0.022	0.012	1
Air Keran dan Pestisida 3.5ml	0.341	0.023	0.031	1.000	0.034	0.010	1
Air Keran dan Pestisida 4ml	0.543	0.036	0.041	1.000	0.036	0.016	1

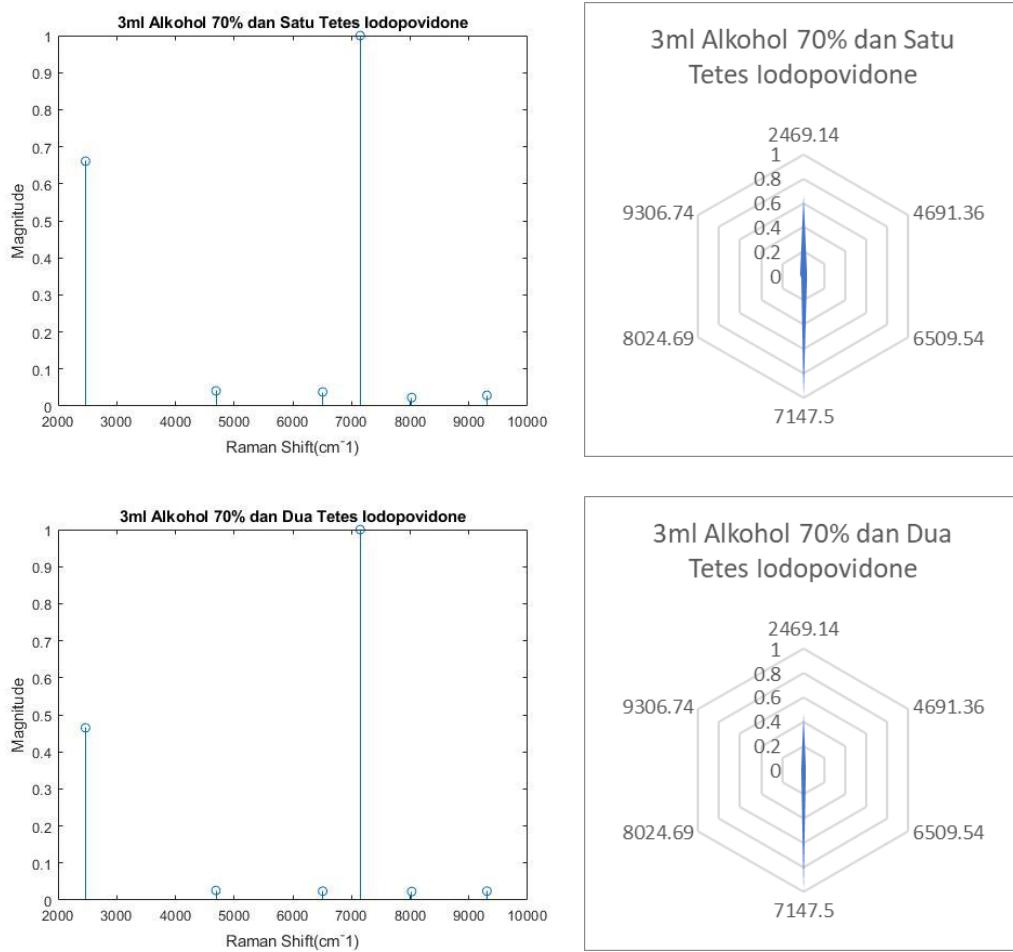
Air Keran	0.529	0.025	0.032	0.953	0.051	0.018	0
Pestisida	0.541	0.033	0.051	1.000	0.051	0.017	1

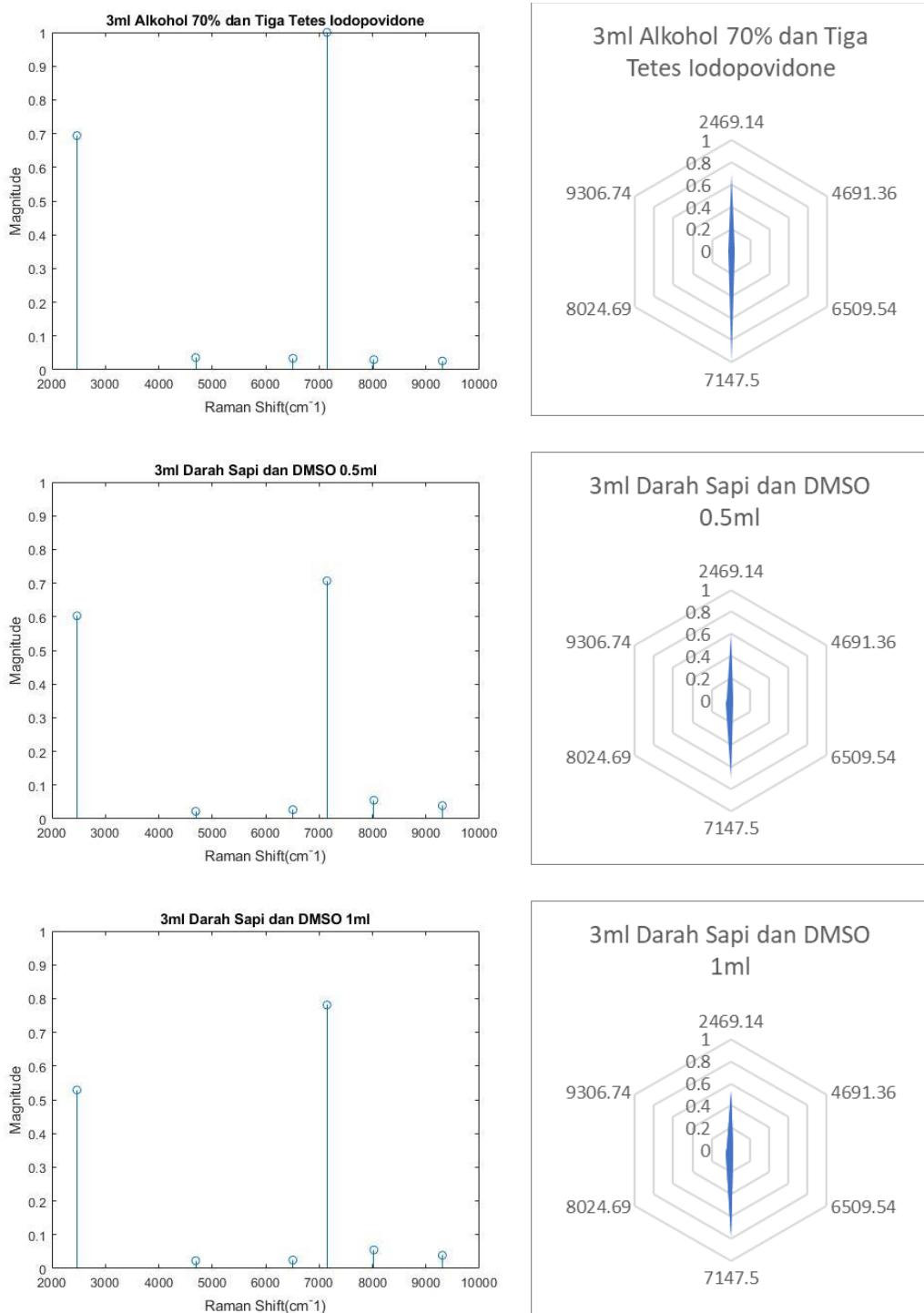
Data uji *neural network* terhadap deteksi sampel cairan transparan untuk model *neural network* dengan sumber eksitasi 532nm

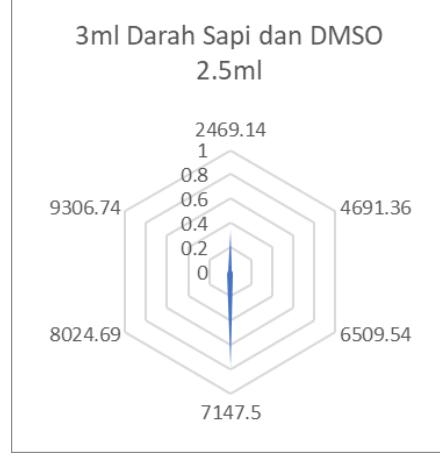
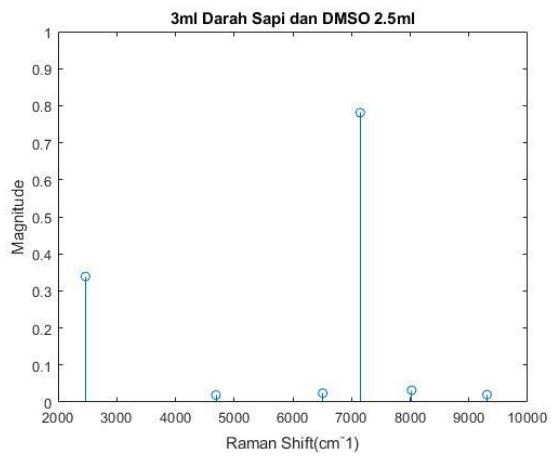
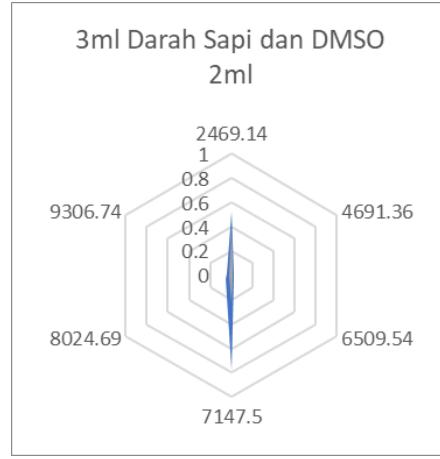
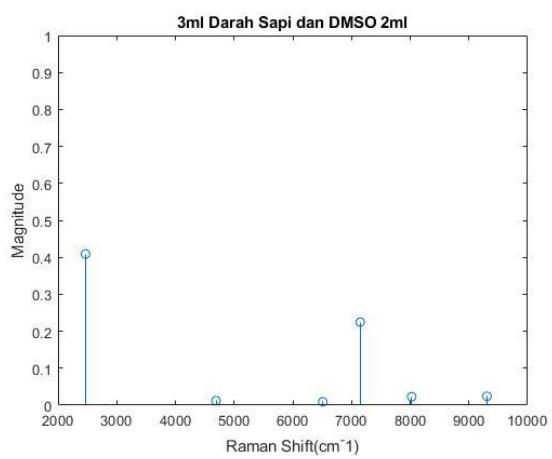
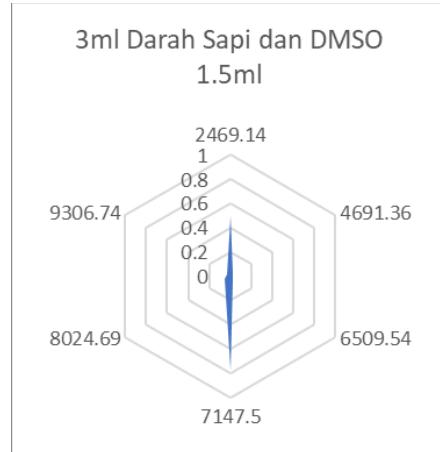
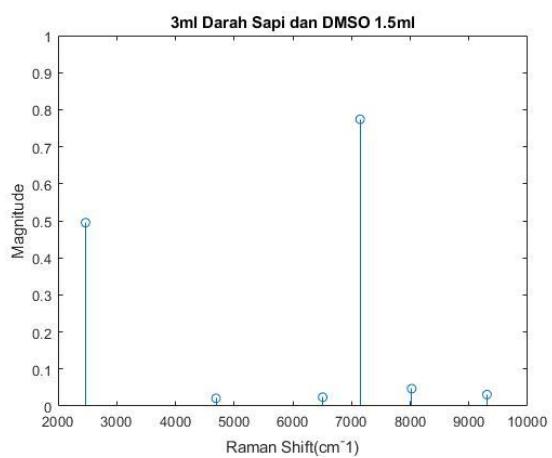
Sampel	Raman Shift (cm ⁻¹)						Keberadaan Pestisida
	-3425.23	-1203.01	615.17	1253.13	2130.32	3412.37	
Akuades	0.056	0.686	0.850	0.754	0.007	0.020	0
Mineral Oil	0.043	0.596	0.809	0.382	0.005	0.008	0
Alkohol 95%	0.024	0.500	0.768	0.387	0.004	0.009	0
Alkohol 70%	0.053	0.556	0.918	0.618	0.006	0.014	0
DMSO	0.067	0.750	0.983	0.561	0.006	0.019	0
Air Keran dan Pestisida 0.5ml	0.068	0.597	0.936	0.622	0.008	0.024	1
Air Keran dan Pestisida 1ml	0.030	0.561	0.871	0.417	0.005	0.013	1
Air Keran dan Pestisida 1.5ml	0.049	0.856	0.984	0.831	0.009	0.024	1
Air Keran dan Pestisida 2ml	0.090	0.734	0.923	0.871	0.010	0.036	1
Air Keran dan Pestisida 2.5ml	0.043	0.793	1.000	0.741	0.008	0.012	1
Air Keran dan Pestisida 3ml	0.045	0.746	0.909	0.568	0.006	0.018	1
Air Keran dan Pestisida 3.5ml	0.061	0.826	0.972	0.784	0.008	0.023	1

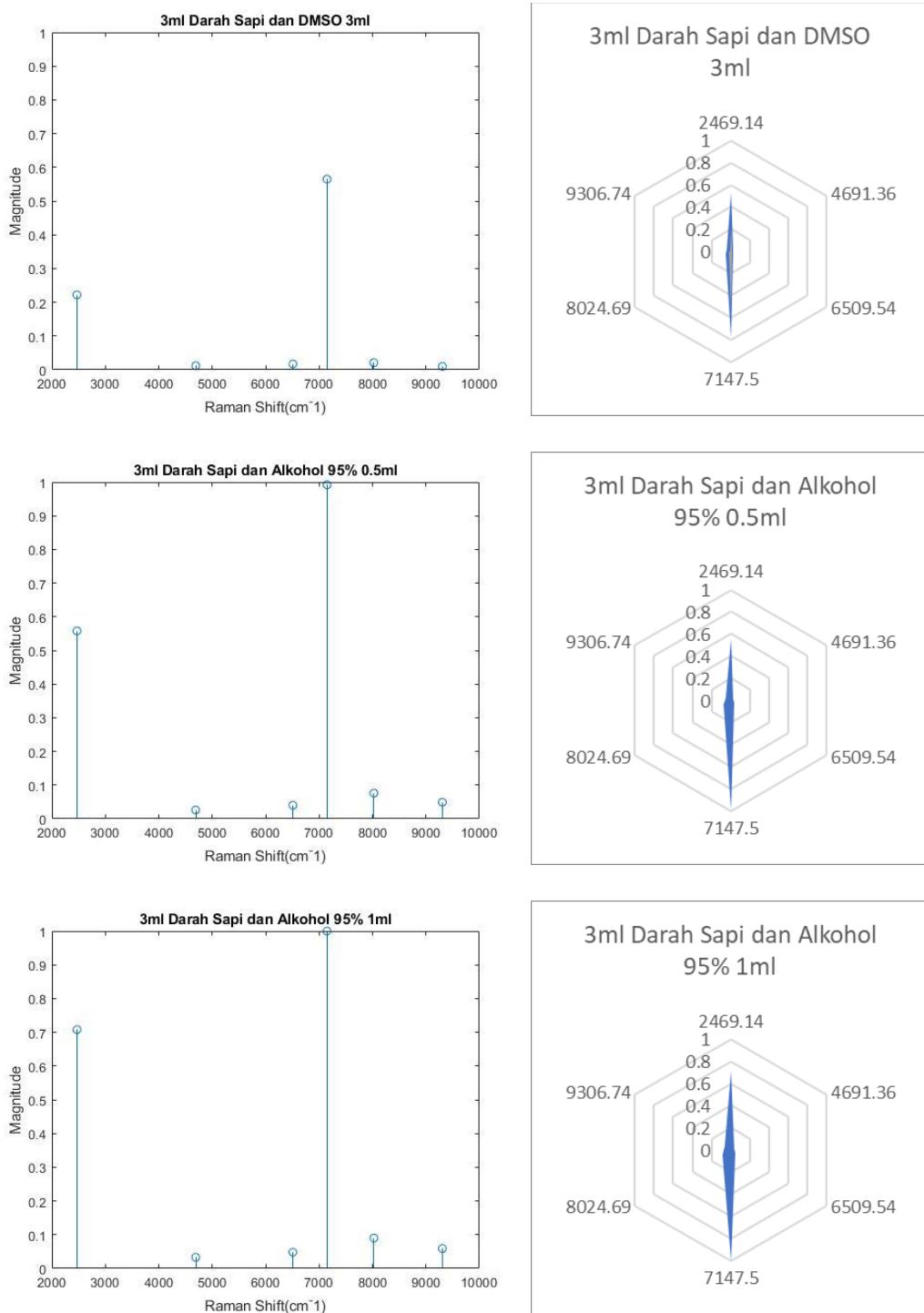
Air Keran dan Pestisida 4ml	0.048	0.769	0.942	0.459	0.005	0.015	1
Air Keran	0.039	0.622	0.988	0.664	0.007	0.017	0
Pestisida	0.082	0.777	0.964	0.697	0.009	0.024	1

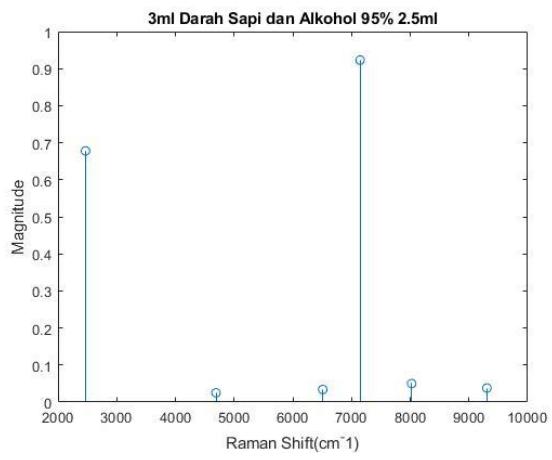
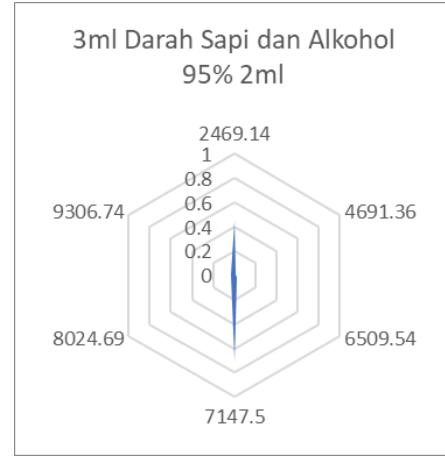
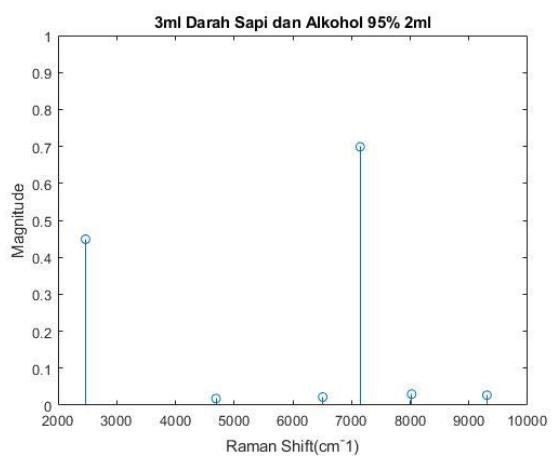
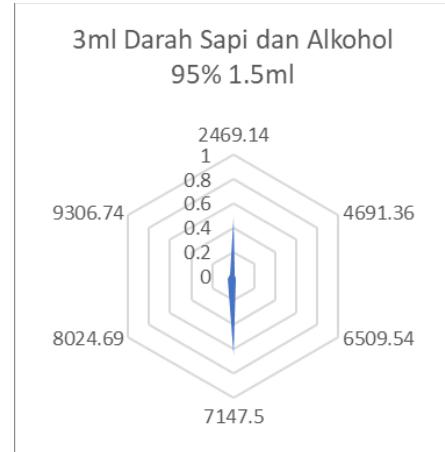
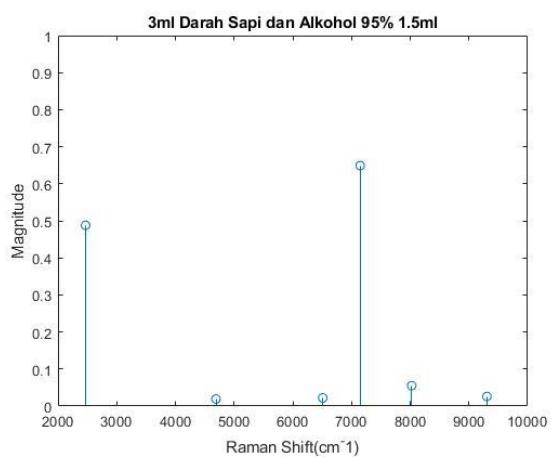
Grafik stem dan radar untuk setiap sampel cairan berwarna yang diuji dengan sumber eksitasi laser 405nm

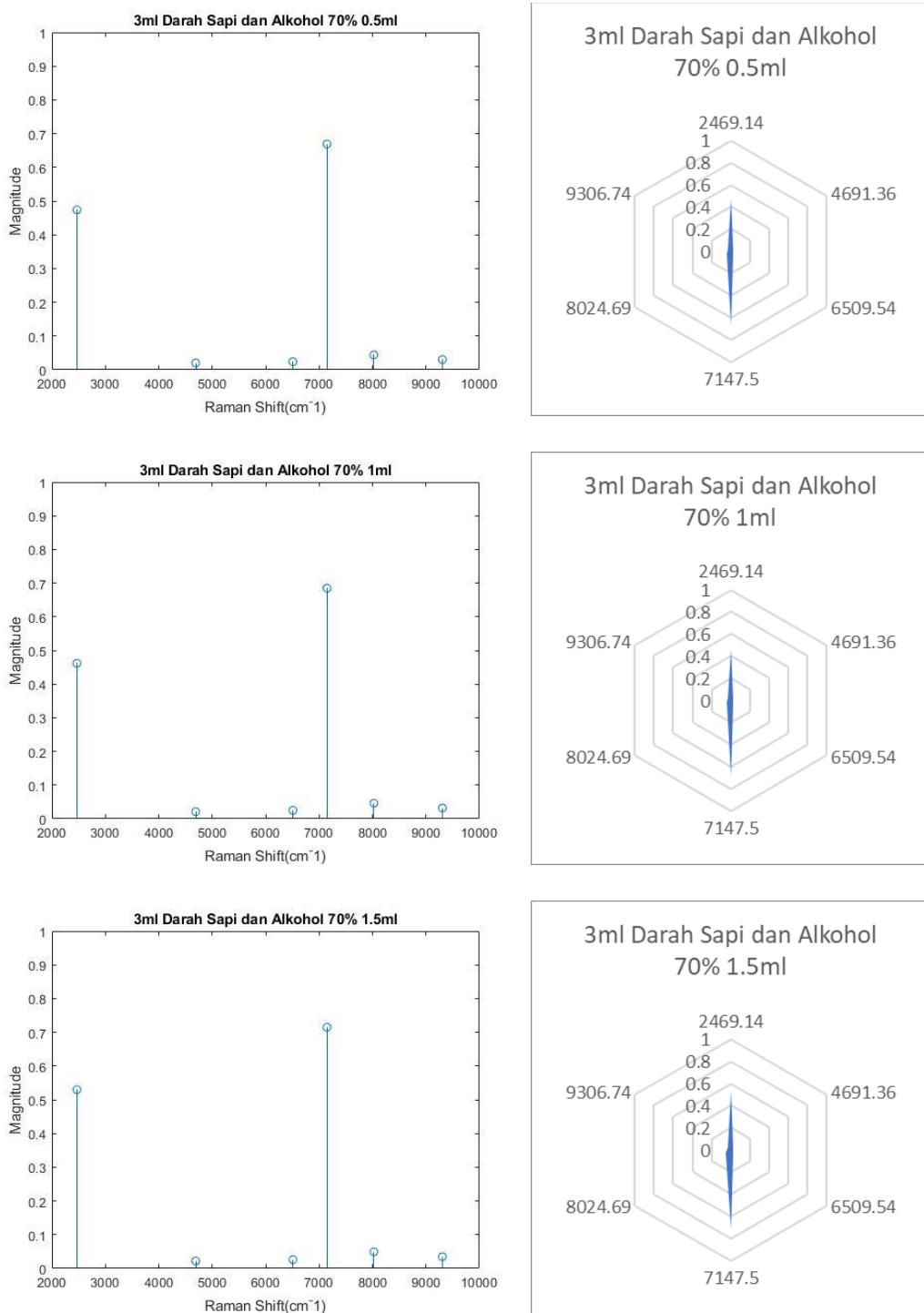


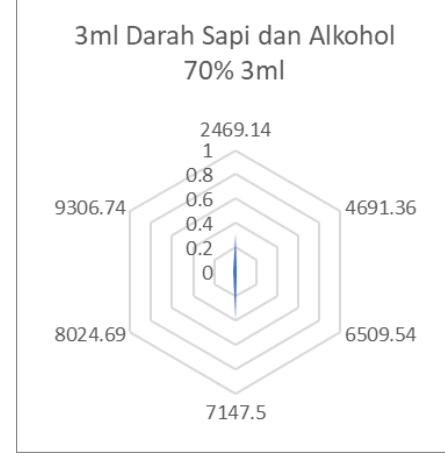
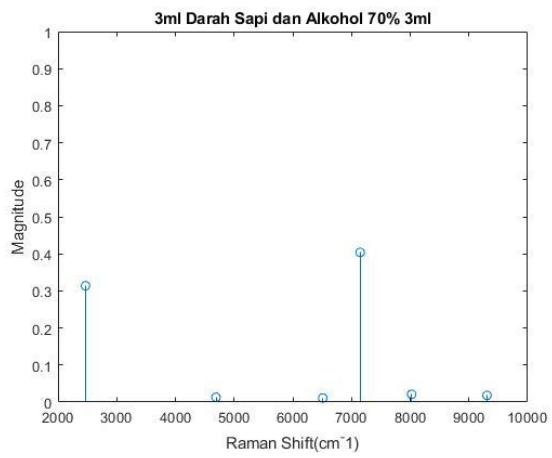
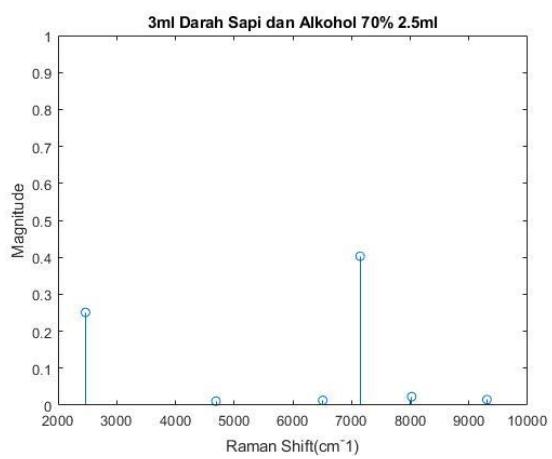
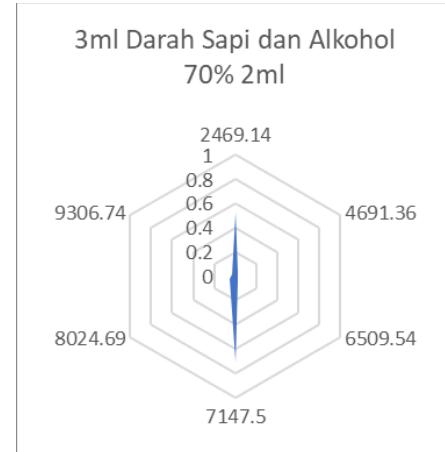
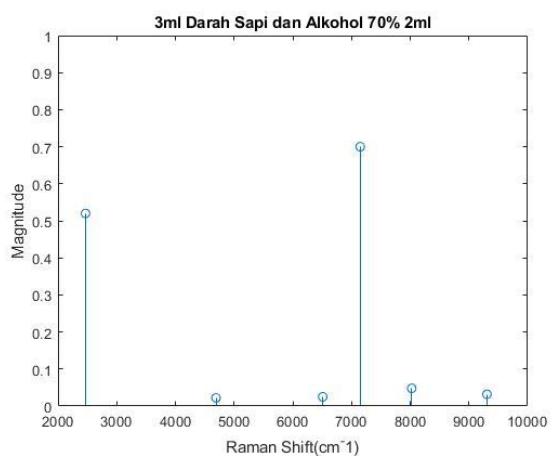


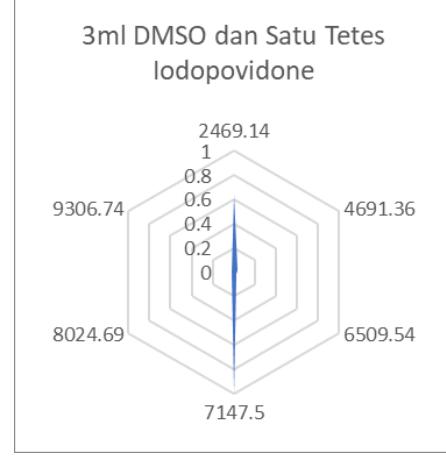
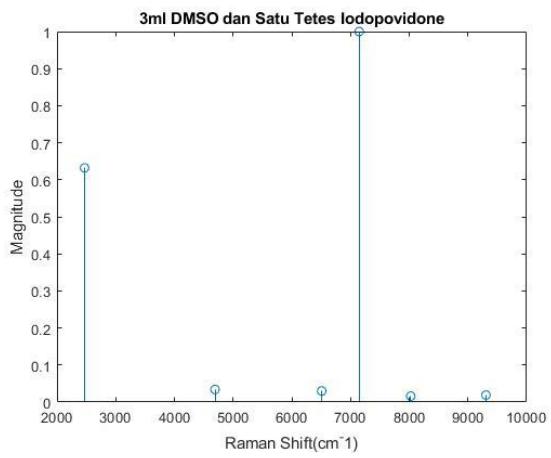
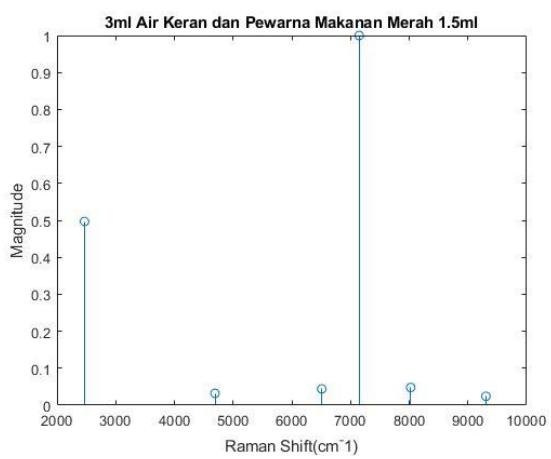
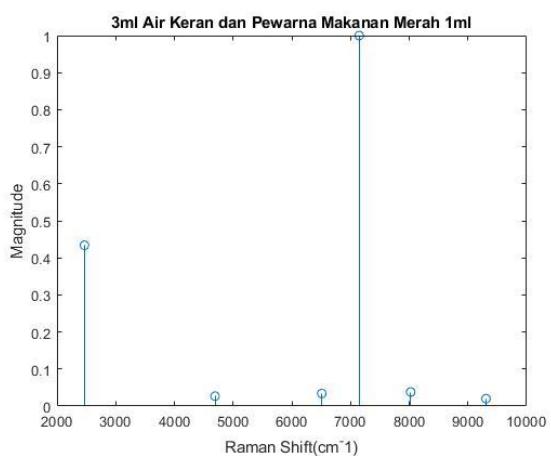


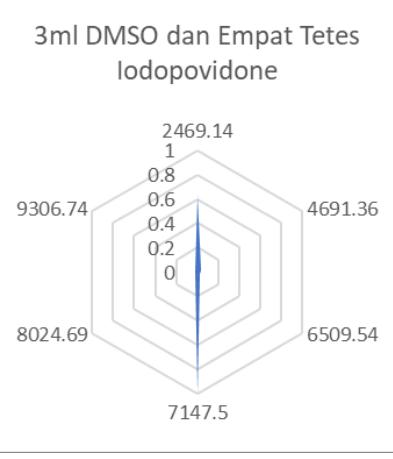
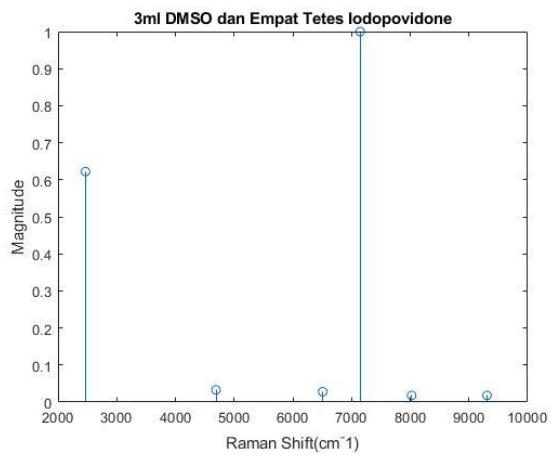
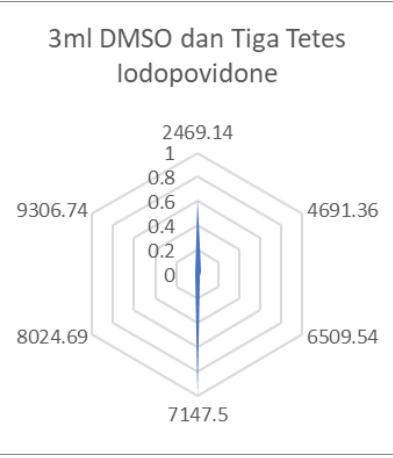
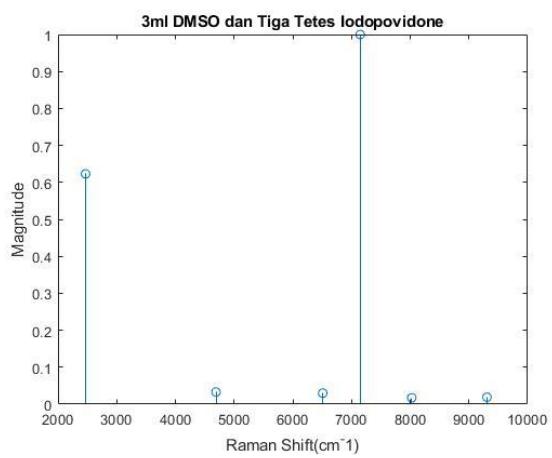
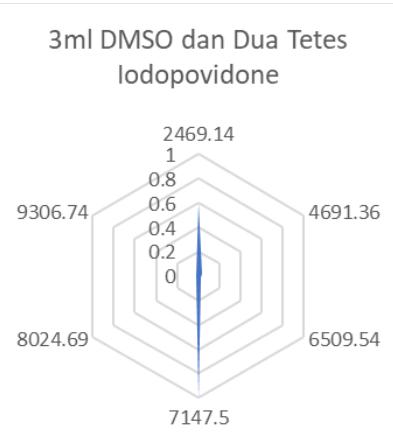
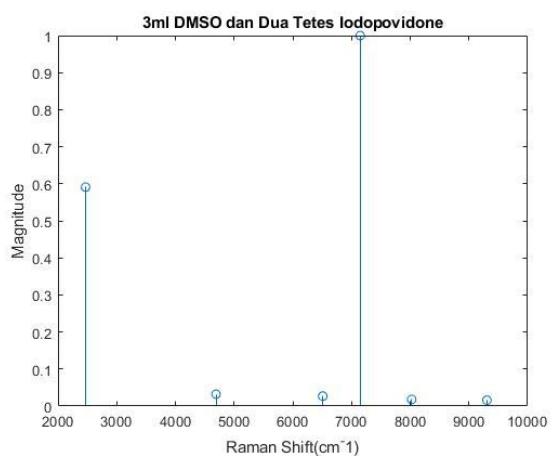




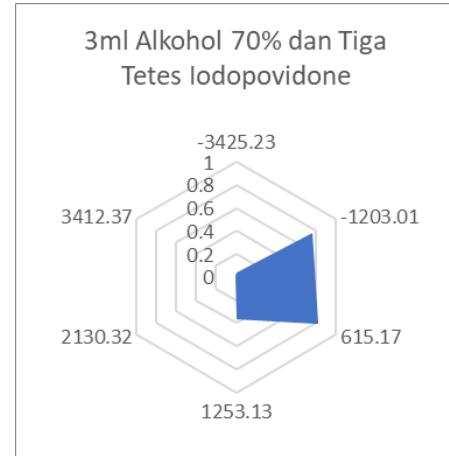
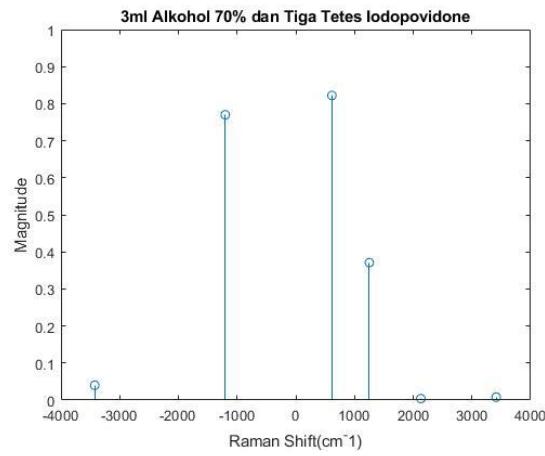
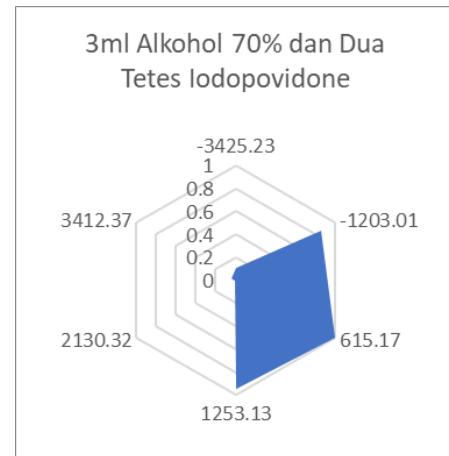
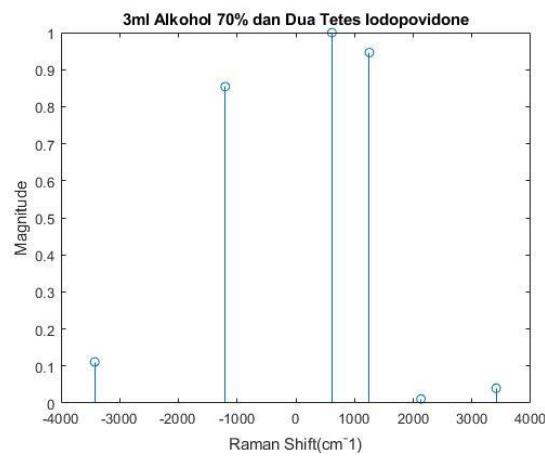
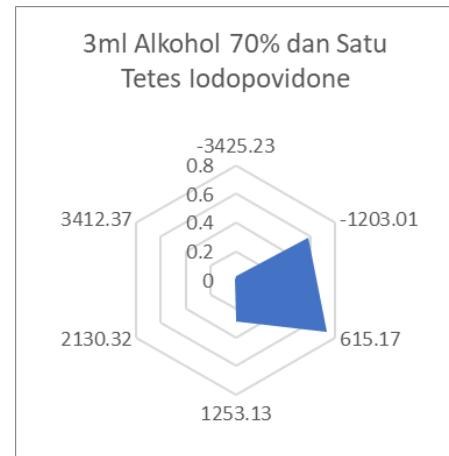
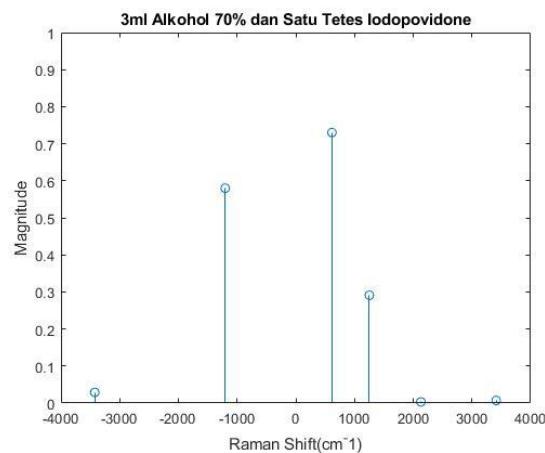


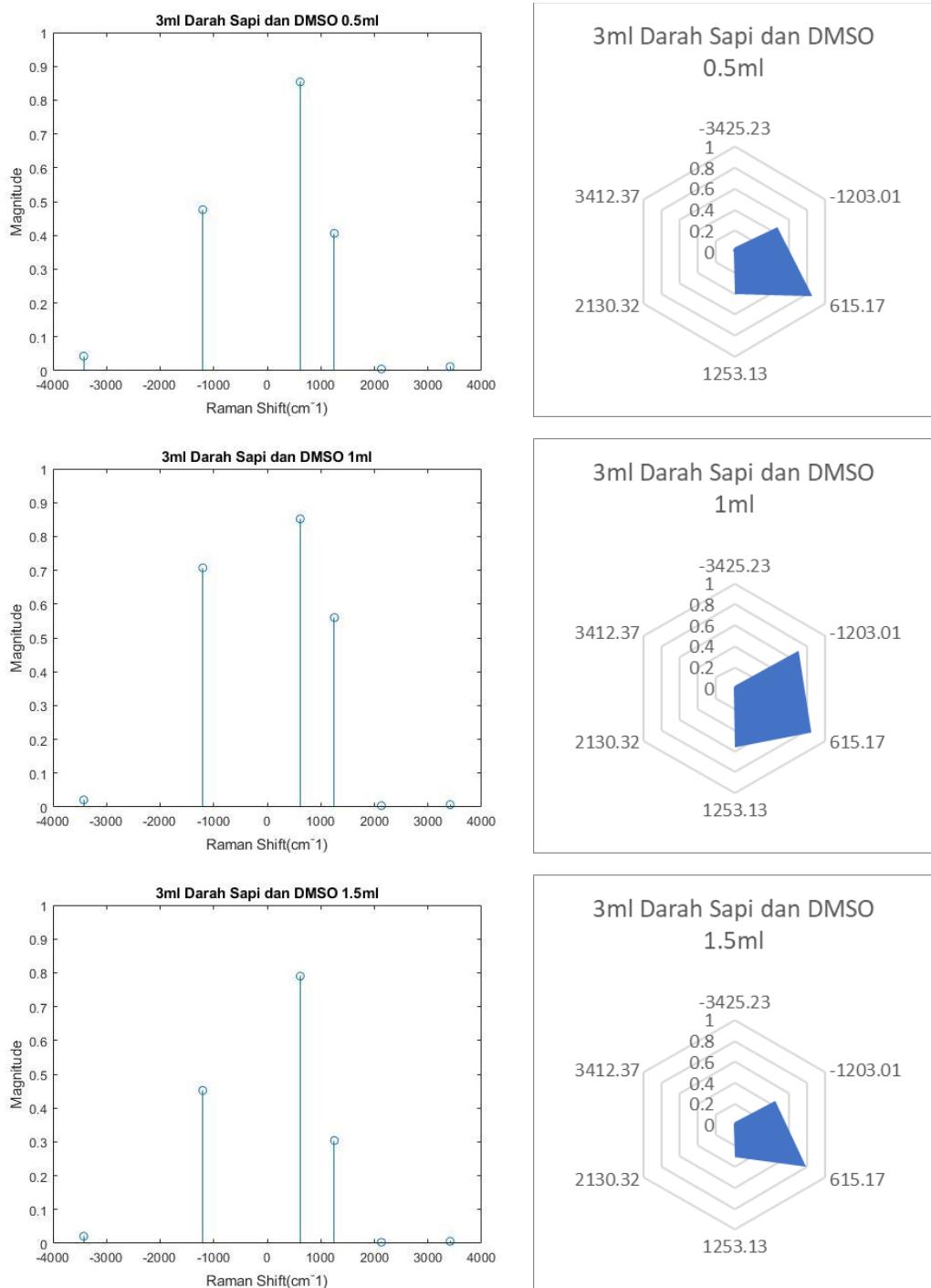


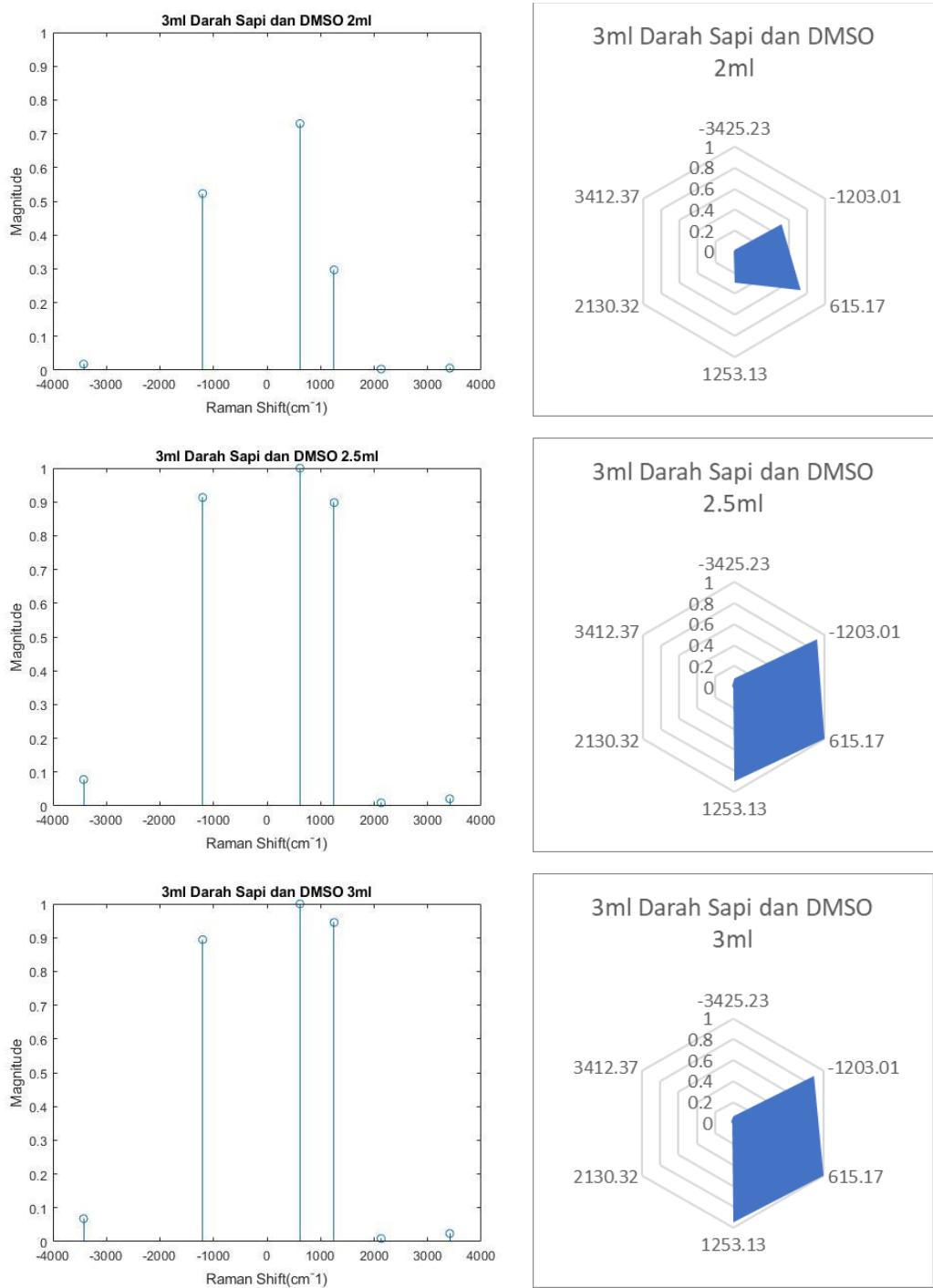


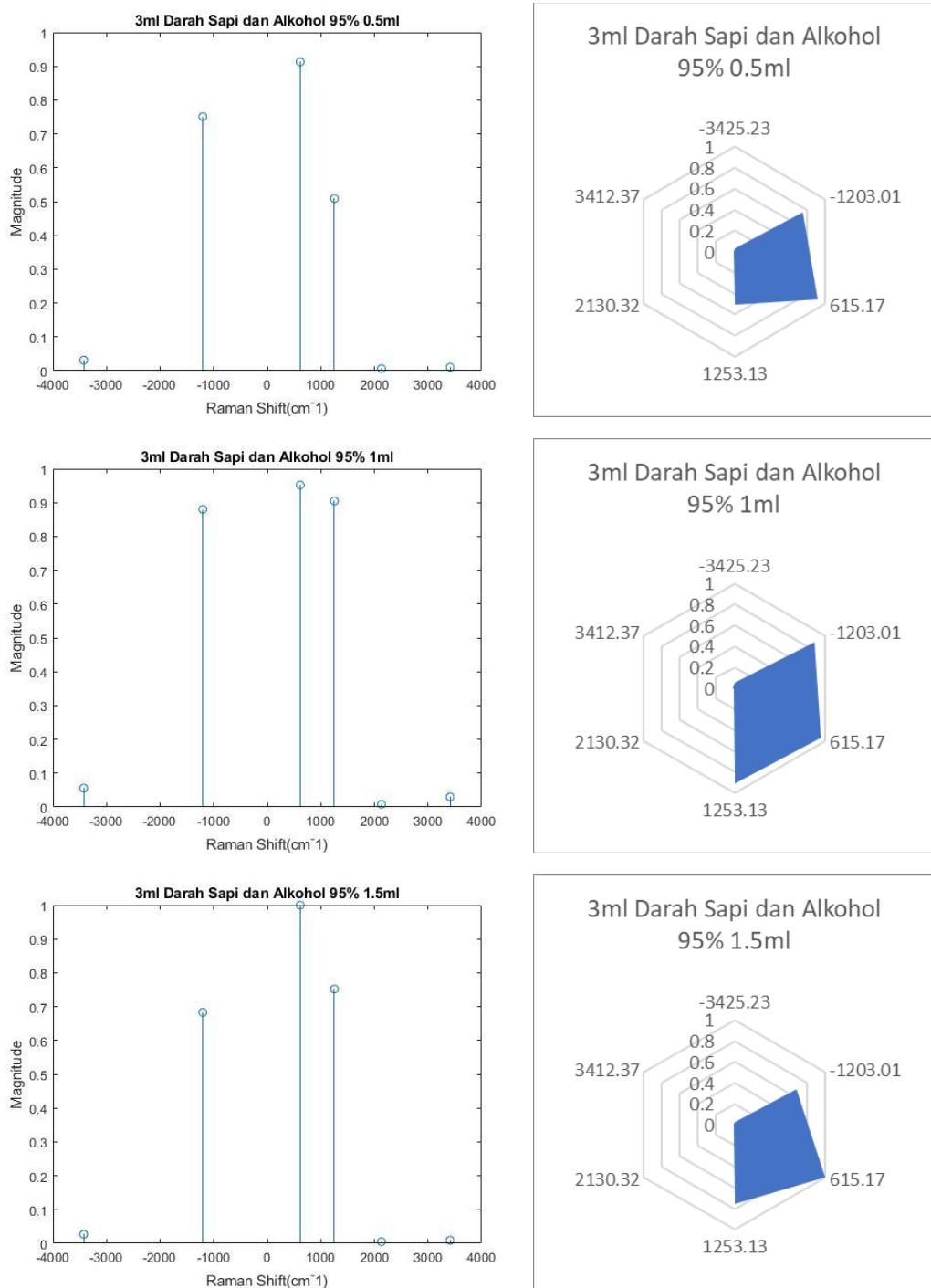


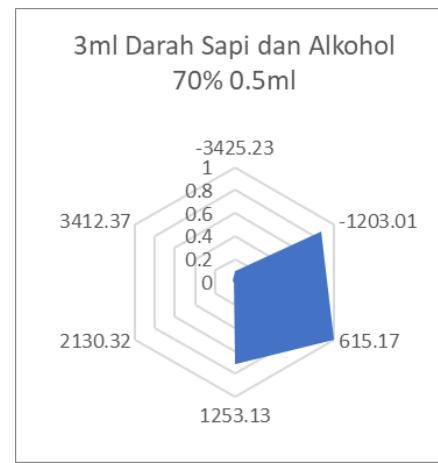
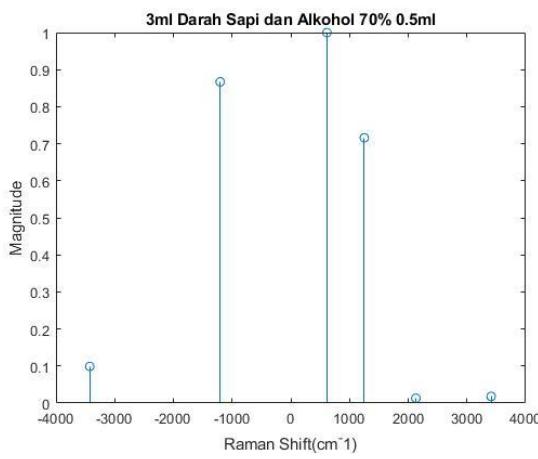
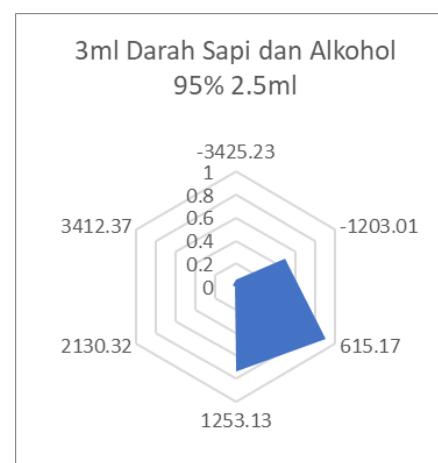
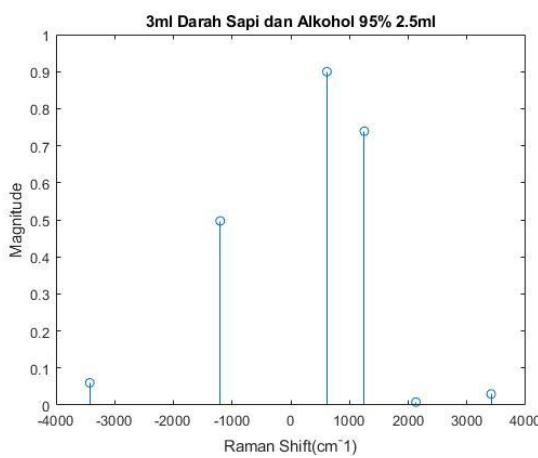
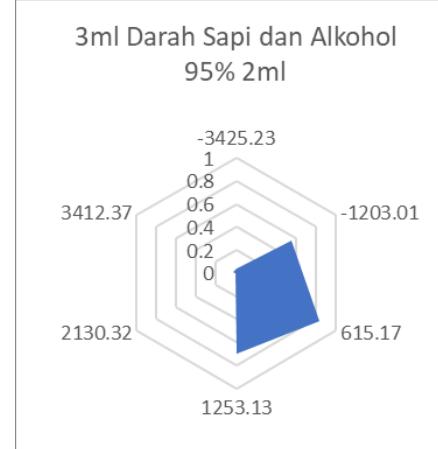
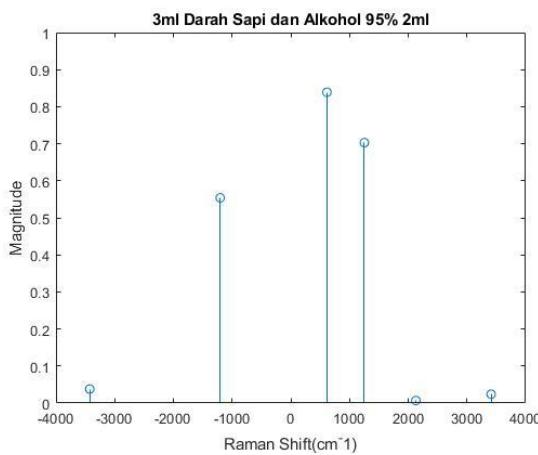
Grafik stem dan radar untuk setiap sampel cairan berwarna yang diuji dengan sumber eksitasi laser 532nm

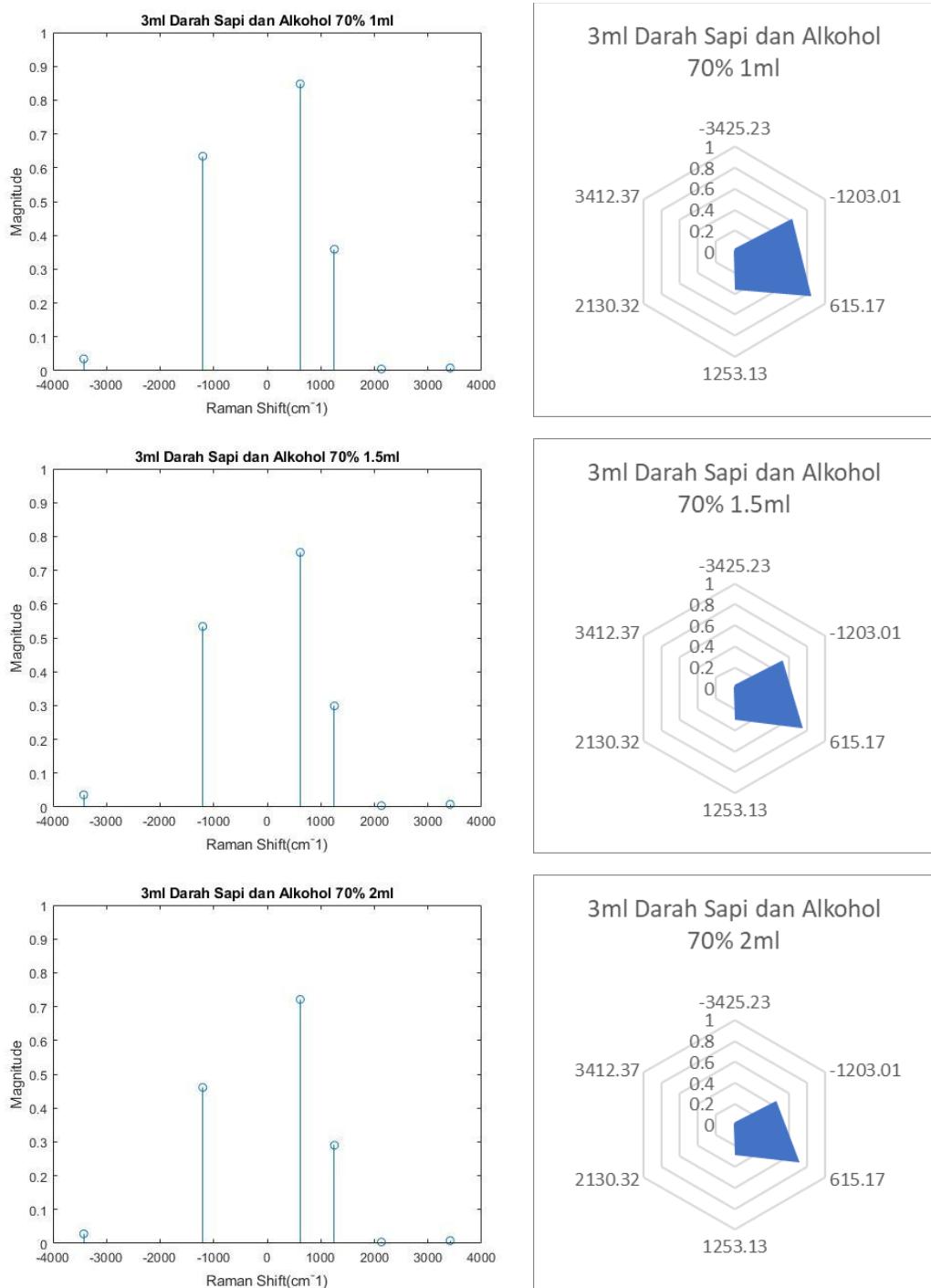


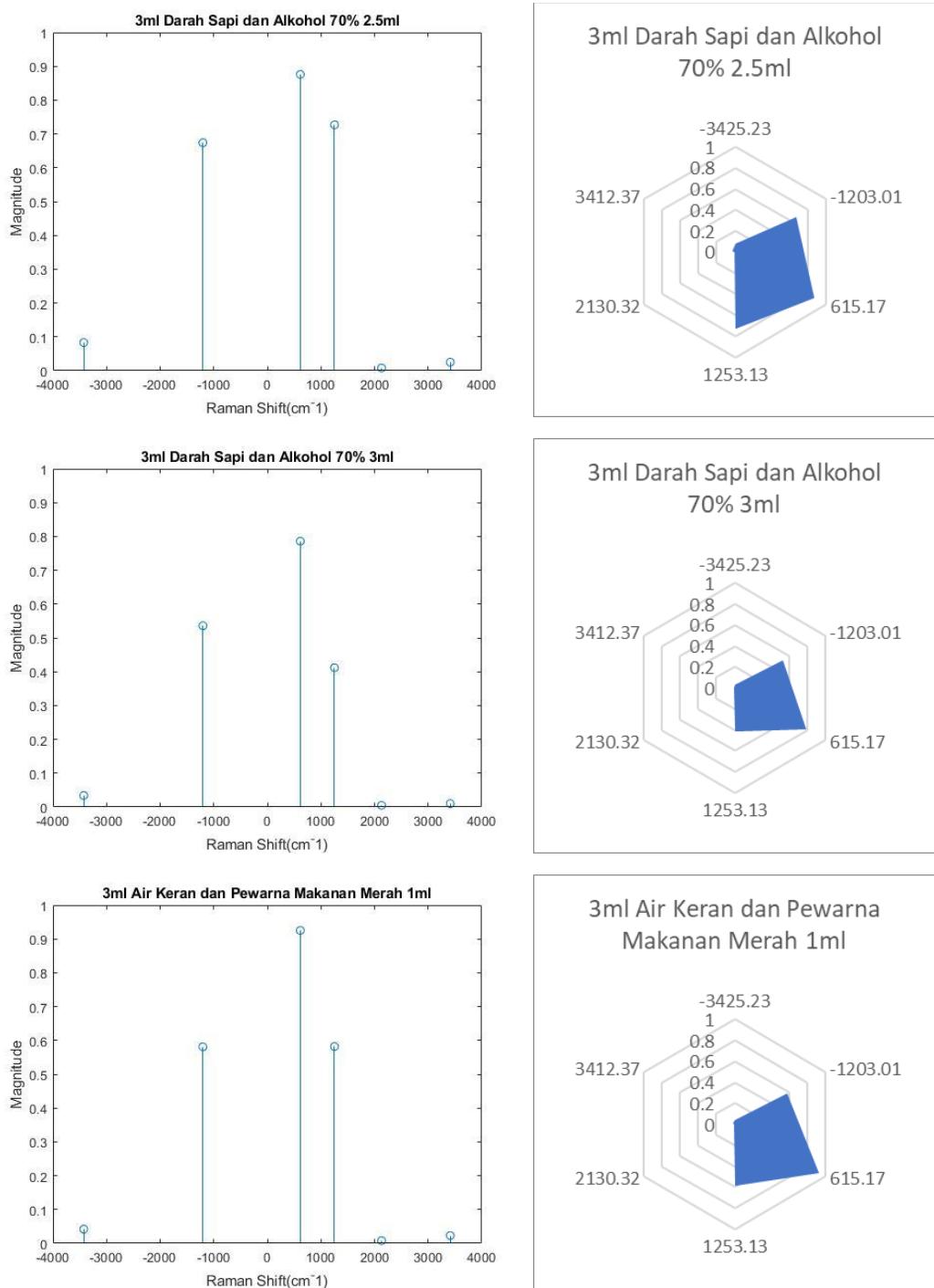


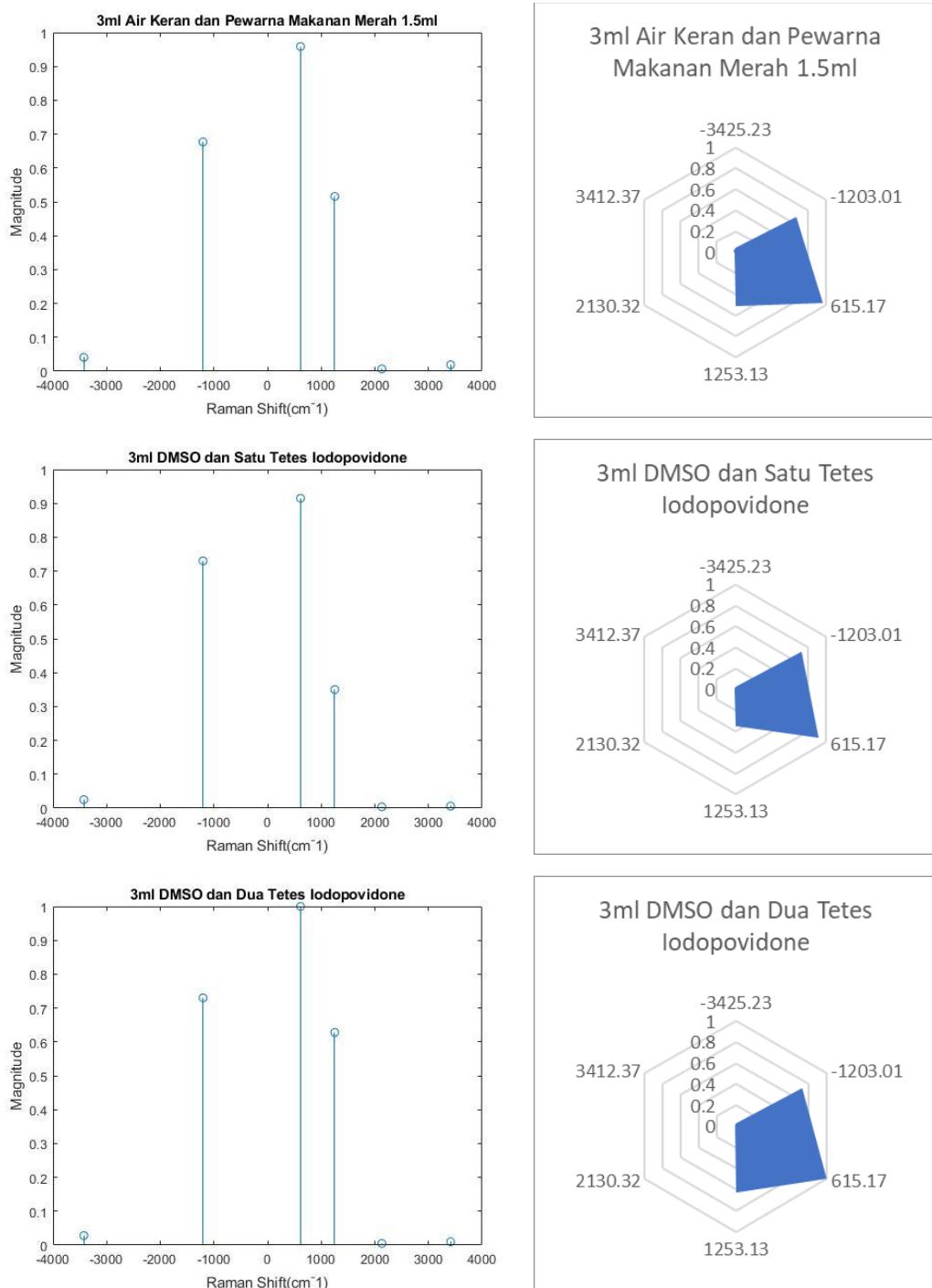


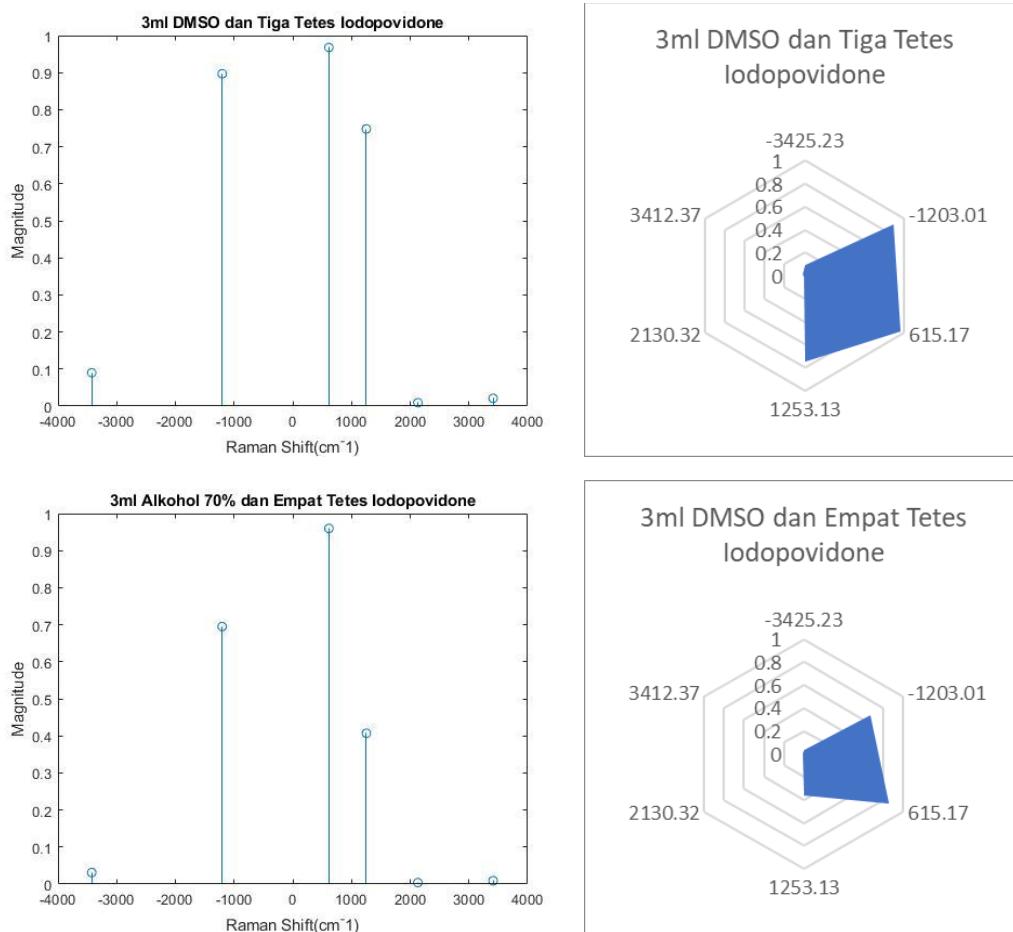












Program untuk membaca data dari detektor dan normalisasi

```

import sys
import os
import tkinter as tk
import tkinter.ttk as ttk
from tkinter import *
import tkinter.messagebox
import time
import serial
import serial.tools.list_ports
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

```

```

from matplotlib.backends.backend_tkagg import FigureCanvasTkAgg
from pandas import DataFrame

root= tk.Tk()
root.title("Data Reader")
root.geometry('750x520')
root.resizable(0,0)

mode1=['2469.14','4691.36','6509.54','7147.5','8024.69','9306.74']
mode2=[ '-3425.23',' -1203.01','615.17','1253.13','2130.32','3412.37']

mode=[mode1,mode2]
vars1=StringVar()
vars1.set(mode[0])

def serial_ports():
    return [p.device for p in serial.tools.list_ports.comports()]

label0=Label(root, text="Nilai Kanal Warna Ternormalisasi:", font='Serif 10 bold')
)
label0.grid(row=1,column=0,columnspan=3,sticky=W)
label1=Label(root, text="450nm:")
label1.grid(row=2,column=0,sticky=W)
label2=Label(root, text="500nm:")
label2.grid(row=3,column=0,sticky=W)
label3=Label(root, text="550nm:")
label3.grid(row=4,column=0,sticky=W)
label4=Label(root, text="570nm:")
label4.grid(row=2,column=2,sticky=W)
label5=Label(root, text="600nm:")

```

```

label5.grid(row=3,column=2,sticky=W)
label6=Label(root, text="650nm:")
label6.grid(row=4,column=2,sticky=W)
label17=Label(root, text="Grafik:", font='Serif 10 bold')
label17.grid(row=5,column=0,sticky=W)
text7=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)
text7.grid(row=2,column=1,columnspan=17,sticky=W)
text7.configure(state="disabled")
text8=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)
text8.grid(row=3,column=1,columnspan=17,sticky=W)
text8.configure(state="disabled")
text9=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)
text9.grid(row=4,column=1,columnspan=17,sticky=W)
text9.configure(state="disabled")
text10=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)
text10.grid(row=2,column=3,columnspan=17,sticky=W)
text10.configure(state="disabled")
text11=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)
text11.grid(row=3,column=3,columnspan=17,sticky=W)
text11.configure(state="disabled")
text12=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)
text12.grid(row=4,column=3,columnspan=17,sticky=W)
text12.configure(state="disabled")
figure1 = plt.Figure(figsize=(5,4), dpi=90)
ax1 = figure1.add_subplot(111)
scatter1=FigureCanvasTkAgg(figure1, root)
scatter1.get_tk_widget().grid(row=6,column=1,columnspan=8,sticky=NSEW)
ax1.set_xlabel('Raman Shift(cm-1)')
ax1.set_ylabel('Magnitude')

```

```

ax1.set_title('Grafik Nilai Warna Ternormalisasi')

def readserialCallBack():
    if cb.get() == ":":
        tkinter.messagebox.showwarning('Peringatan','Belum Memilih Port Serial')
        ser = serial.Serial(cb.get(),9600)
        time.sleep(0.01)
        data = []
        for i in range(1):
            b = ser.readline()
            var = 'i'
            ser.write(var.encode())
            time.sleep(1)
            for j in range(17):
                b = ser.readline()
                string_n = b.decode()
                string = string_n.rstrip()
                flt = float(string)
                #print(flt)
                data.append(flt)
                time.sleep(0.1)
            var = 'o'
            ser.write(var.encode())
            time.sleep(1)
        ser.close()
        dat0=('% .3f' %(data[11]/51201))
        dat1=('% .3f' %(data[12]/51201))
        dat2=('% .3f' %(data[13]/51201))
        dat3=('% .3f' %(data[14]/51201))

```

```
dat4='%.3f%(data[15]/51201))  
dat5='%.3f%(data[16]/51201))  
text7=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=0)  
text7.insert(1.0, dat0)  
text7.grid(row=2,column=1,columnspan=17,sticky=W)  
text7.configure(state="disabled")  
text8=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)  
text8.insert(1.0, dat1)  
text8.grid(row=3,column=1,columnspan=17,sticky=W)  
text8.configure(state="disabled")  
text9=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)  
text9.insert(1.0, dat2)  
text9.grid(row=4,column=1,columnspan=17,sticky=W)  
text9.configure(state="disabled")  
text10=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)  
text10.insert(1.0, dat3)  
text10.grid(row=2,column=3,columnspan=17,sticky=W)  
text10.configure(state="disabled")  
text11=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)  
text11.insert(1.0, dat4)  
text11.grid(row=3,column=3,columnspan=17,sticky=W)  
text11.configure(state="disabled")  
text12=Text(root, width=17, height=1, borderwidth=2)  
text12.insert(1.0, dat5)  
text12.grid(row=4,column=3,columnspan=17,sticky=W)  
text12.configure(state="disabled")  
m=str(vars1.get())  
xm=list(map(float,m.split(" ")))  
print(xm)
```

```

data1 = {'Raman_Shift(cm-1)': xm,
         'AS7262_Value': [(data[11]/51201),(data[12]/51201),(data[13]/51201),(data[14]/51201),(data[15]/51201),(data[16]/51201)]}

df1 = DataFrame(data1,columns=['Raman_Shift(cm-1)','AS7262_Value'])

figure1 = plt.Figure(figsize=(5,4), dpi=90)
ax1 = figure1.add_subplot(111)
ax1.scatter(df1['Raman_Shift(cm-1)'],df1['AS7262_Value'],c=['violet','blue','green','yellow','orange','red'])
scatter1=FigureCanvasTkAgg(figure1, root)
scatter1.get_tk_widget().grid(row=6,column=1,columnspan=8,sticky=NSEW)
ax1.set_xlabel('Raman Shift(cm-1)')
ax1.set_ylabel('Magnitude')
ax1.set_title('Grafik Nilai Warna Ternormalisasi')
ax1.set_ylim(0,1)

def close_window():
    root.destroy()

label18=Label(root, text="Port:")
label18.grid(row=0,column=0)
cb=ttk.Combobox(root, values=serial_ports())
cb.grid(row=0,column=1,sticky=W)
Button1=tk.Button(root, text = "Baca Port Serial", command = readserialCallBack)
Button1.grid(row=0,column=2,sticky=W)
Button2=tk.Button(root, text = "Keluar", command = close_window)
Button2.grid(row=9,column=0,sticky=W)
label19=Label(root, text="Laser yang digunakan:")

```

```

label19.grid(row=0,column=3)

R1 = Radiobutton(root, text="Laser Biru-
Ungu 405nm ", variable=vars1, value=mode[0])

R1.grid(row=0, column=4, sticky=W)

R2 = Radiobutton(root, text="Laser Hijau 532nm", variable=vars1, value=mode[1
])

R2.grid(row=0, column=5, sticky=W)

root.mainloop()

```

Program untuk melatih dan menyimpan model *neural network*

```

from numpy import loadtxt

from keras.models import Sequential

from keras.layers import Dense

from keras.models import model_from_json


dataset_ungu=loadtxt('405nm.csv', delimiter=',')
dataset_hijau=loadtxt('532nm.csv', delimiter=',')

X_ungu=dataset_ungu[:,0:6]
y_ungu=dataset_ungu[:,6]
X_hijau=dataset_hijau[:,0:6]
y_hijau=dataset_hijau[:,6]

model_ungu = Sequential()
model_hijau = Sequential()

model_ungu.add(Dense(10, input_dim=6, activation='relu'))
model_ungu.add(Dense(6, activation='relu'))
model_ungu.add(Dense(3, activation='relu'))
model_ungu.add(Dense(1, activation='sigmoid'))

```

```

model_hijau.add(Dense(10, input_dim=6, activation='relu'))
model_hijau.add(Dense(6, activation='relu'))
model_hijau.add(Dense(3, activation='relu'))
model_hijau.add(Dense(1, activation='sigmoid'))

model_ungu.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])
model_hijau.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

model_ungu.fit(X_ungu, y_ungu, epochs=1500, batch_size=3)
model_hijau.fit(X_hijau, y_hijau, epochs=1500, batch_size=3)

_, accuracy = model_ungu.evaluate(X_ungu, y_ungu)
print('Accuracy ungu: %.2f % (accuracy*100)')
_, accuracy = model_hijau.evaluate(X_hijau, y_hijau)
print('Accuracy hijau: %.2f % (accuracy*100)')

model_ungu.save("model_ungu.h5")
model_hijau.save("model_hijau.h5")
print("Saved model to disk")

```

Program untuk menguji deteksi model *neural network* sumber eksitasi *laser 405nm*

```

from numpy import loadtxt
from keras.models import load_model

model = load_model('model_ungu.h5')

dataset = loadtxt('test_405nm.csv', delimiter=',')

```

```
X=dataset[:,0:6]
```

```
y=dataset[:,6]
```

```
predicts=model.predict_classes(X)
```

```
for i in range(15):
```

```
    print('%s => %d (expected %d)' % (X[i].tolist(), predicts[i], y[i]))
```

Program untuk menguji deteksi model *neural network* sumber eksitasi *laser 532nm*

```
from numpy import loadtxt
```

```
from keras.models import load_model
```

```
model = load_model('model_hijau.h5')
```

```
dataset = loadtxt('test_532nm.csv', delimiter=',')
```

```
X=dataset[:,0:6]
```

```
y=dataset[:,6]
```

```
predicts=model.predict_classes(X)
```

```
for i in range(15):
```

```
    print('%s => %d (expected %d)' % (X[i].tolist(), predicts[i], y[i]))
```