



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DETEKSI KANDUNGAN KADAR LOGAM PADA AIR
DENGAN METODE HIDDEN MARKOV DAN FAST FOURIER
TRANSFORM**

SKRIPSI

HENDRA SUTISNA
0806365892

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DETEKSI KANDUNGAN KADAR LOGAM PADA AIR
DENGAN METODE HIDDEN MARKOV DAN FAST FOURIER
TRANSFORM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

HENDRA SUTISNA
0806365892

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : HENDRA SUTISNA
NPM : 0806365892
Tanda Tangan :
Tanggal : 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini di ajukan oleh :
 Nama : Hendra sutisna
 NPM : 0806365892
 Program Studi : Teknik Elektro

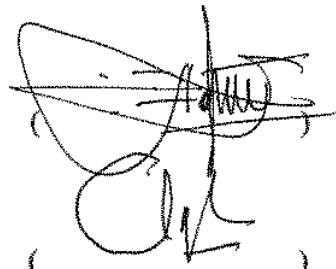
Skripsi dengan judul :

ANALISIS DETEKSI KANDUNGAN KADAR LOGAM PADA AIR DENGAN METODE HIDDEN MARKOV DAN FAST FOURIER TRANSFORM

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir.Ridwan Gunawan .M.T



Penguji 1 : Dr.Ir.Arman Djohan D, M.Eng



Penguji 2 : Dr.Ir.Retno Wigajatri P. MS.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya, penulisan skripsi ini bisa selesai tepat pada waktunya. Salawat dan salam selalu penulis haturkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, karena berkat jasa beliau kita dapat hidup di zaman yang terang benderang ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir Ridwan Gunawan .M.T, selaku dosen pembimbing I telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Arman D. Diponegoro, sumber inspirator dan telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Sunardi Msi, yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan;
4. Para Asisten Lab Kimia Afiliasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
5. Kedua Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
6. Teman dan sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2010

ABSTRAK

Nama : HENDRA SUTISNA
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Deteksi Kandungan Kadar Logam Pada Air Dengan Metode Hidden Markov dan Fast Fourier Transform

Logam merupakan salah satu unsur sering ada di sekitar kita dan dibutuhkan oleh tubuh manusia. Unsur logam mempunyai efek yang baik untuk tubuh manusia apabila sesuai dengan takaran contohnya adalah unsur tembaga (Cu) dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh. Apabila unsur logam ini melebihi yang seharusnya maka dapat menjadi racun apabila terdapat konsentrasi yang tinggi didalam tubuh. Berbagai macam pencemaran logam berat pada lingkungan khususnya di air sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Skripsi ini membahas tentang perangkat lunak yang dapat mendeteksi unsur logam di air dan kadarnya dengan menggunakan metode Hidden Markov Model Sistem ini terbagi menjadi dua proses Sistem ini terbagi menjadi dua proses utama, yaitu pembentukan database dan Identifikasi Logam. Proses pendeteksian menggunakan sampel cairan yang direkayasa, sehingga mengandung unsur logam dengan kadar tertentu. Kemudian sampel cairan ini akan diproses menggunakan perangkat *spectrophotometer*. Kedua proses ini dilakukan dengan cara yang hampir sama, yaitu tiap sampel akan mengalami proses pelabelan, pembuatan codebook dan pembentukan parameter HMM. proses pengenalan mengacu pada database yang telah lebih dulu diproses. Dimulai dengan pembentukan vektor-vektor data dengan teknik kuantisasi vektor (VQ), yang kemudian dicari suatu nilai *centroid* yang presisi untuk dijadikan *state* HMM dalam menentukan nilai-nilai parameter yang dibutuhkan. Berdasarkan parameter-parameter inilah, dapat dihitung suatu nilai probabilitas (*Log of Probability*) maksimum yang akan menunjukkan hasil keluarannya. Dari hasil sistem ini, akan dibandingkan akurasi sistem terhadap variasi nilai durasi sampel, jumlah sampel, dan ukuran *codebook*.

Kata kunci : *Spectrophotometer, HMM, Logam, LoP, centroid, VQ, jumlah sampel*

ABSTRACT

Name : HENDRA SUTISNA
Study Program : Electrical Engineering
Title : Detection of Metal content analysis in water using Hidden Markov method and Fast Faourier Transform

Metal is one of the elements that always occurred in our environment and needed by the human body. Metal element is good for human body if the dose is right, for example such as copper (Cu) are good for human body to assist the performance of body metabolism. If those metal element are exceeded, will be toxic when there are high concentration in the human body. A lot of Heavy metal pollution on the environment especially in water is very dangerous for human health.

In this essay will be designed a software that can detect a metal element in the water and measure level of the element using the HMM method consists of two main processes: database construction and logam recognition, Identification process using a sample liquid which is manipulated, so the liquid contain metal element with certain level. The liquid will be measured by spectrophotometer. Both of these processes are done with almost exact ways. Each sample is processed through labelling, codebook construction, and HMM parameter construction. In recognizing process, it will be decided to database which has been made in prior. The whole process is started with data vectors production by using vector quantization (VQ) which can be used to analyze precisely centroid positions. The centroid will define HMM states and parameters. A Log of Probability (LoP) will be calculated from the parameter values, Output of each sample are compared to obtain system accuracy based on variation of sample duration, sample amount, and codebook size

Keywords : *Spectrophotometer*, HMM, *Metal*, LoP, centroid, VQ, sample amount.

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Halaman Judul	ii
Pernyataan Orisinalitas	iii
Lembar Pengesahan	iv
Kata Pengantar	v
ABSTRAK	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Deskripsi Singkat	2
1.5 Metodologi Penulisan	
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TEORI DASAR	5
2.1 Logam	5
2.2 Spektrofotometri	7
2.2.1 Transmittance dan Absorban	8
2.2.2 Warna pada <i>Spectrophotometer</i>	10
2.2.3 Sampel <i>Spectrophotometer</i>	10
2.2.4 Analisa Kualitatif <i>Spectrophotometer</i>	12
2.2.5 Analisa Kuantitatif <i>Spectrophotometer</i>	12
2.3 UV – Vis <i>Spectrophotometer</i> 2450 Shimadzu	14
2.4 Ekstraksi	17
2.4.1 <i>Frame Blocking</i>	17
2.4.2 <i>Windowing</i>	18
2.5 <i>Discrete Fourier Transform dan Fast Fourier Transform</i>	19

2.6 <i>Vector Quantization</i>	21
2.7 <i>Hidden Markov Model</i>	23
BAB 3 PERANCANGAN DAN PENGOPERASIAN	28
3.1 Proses Pengambilan Data	28
3.2 Pembuatan Larutan	30
3.2.1 Larutan Tembaga	30
3.2.2 Larutan Kromium	31
3.2.3 Larutan Cobalt	32
3.3 Penimbangan dan Pembuatan Larutan	33
3.4 Pengukuran Larutan	36
3.5 Proses Pembuatan Database	38
3.5.1 Pelabelan	40
3.5.2 Pembuatan <i>Codebook</i>	42
3.5.3 Pembuatan Parameter HMM	44
3.6 Proses Identifikasi	46
BAB 4 UJI COBA DAN ANALISA SISTEM	49
4.1 Hasil Uji Coba	49
4.2 Presentasi Akurasi	67
4.3 Analisa Data Hasil Percobaan	69
4.3.1 Analisa Pengaruh Jumlah Data Training	69
4.3.2 Analisa Pengaruh Jumlah Data Training	70
BAB 5 KESIMPULAN	73
DAFTAR ACUAN	74

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	7
Gambar 2.2	Transmisi Gelombang Cahaya dan Warna.....	10
Gambar 2.3	Perbandingan Warna yang Diserap dengan Warna Komplemen	10
Gambar 2.4	Hasil Pengukuran 2 Unsur dengan UV-Vis Spectrophotometer	11
Gambar 2.5	Transmittance dan Path Length – Lambert Law	13
Gambar 2.6	<i>Transmittance dan Konsentrasi – Bouger</i>	13
Gambar 2.7	Perbandingan antara Absorbance dengan Konsentrasi	14
Gambar 2.8	<i>Spectrophotometer UV-Vis</i>	14
Gambar 2.9	Spektrum Gelombang Elektromagnetik untuk UV –Vis	15
Gambar 2.10	Sel tempat sampel (cuvette/kuvet).....	15
Gambar 2.11	Detektor Phototube	16
Gambar 2.12	<i>Spectrophotometer Single Beam</i>	16
Gambar 2.13	<i>Spectrophotometer Diode Array</i>	16
Gambar 2.14	Proses <i>frame blocking</i>	18
Gambar 2.15	Proses <i>frame blocking dan Windowing</i>	19
Gambar 2.16	Pemetaan pada dari FFT	20
Gambar 2.17	Pemetaan pada proses vektor kuantisasi	21
Gambar 2.18	Contoh <i>codeword</i> pada ruang dua dimensi	23
Gambar 2.19	Model Markov (a) <i>Egodic</i> (b) <i>Left-Rigth</i>	24
Gambar 2.20	18 matrik transisi	24
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Pengambilan Data	29
Gambar 3.2	Timbangan Digital Sartorius <i>Extend</i>	34
Gambar 3.3	Proses <i>Zero</i> Timbangan Digital Sartorius <i>Extend</i>	34
Gambar 3.4	Hasil Pencampuran Bahan Logam dengan <i>Aquades</i> yang Menghasilkan Larutan (a). Kobalt (b). Kromium (c). Tembaga	34
Gambar 3.5	Diagram Alir Proses Sinkronisasi dan Kalibrasi <i>Spectrophotometer</i>	36
Gambar 3.6	Diagram Alir Proses Pengukuran dengan <i>Spectrophotometer</i>	37
Gambar 3.7	<i>Spectrophotometer UV-Vis 2450 Shimadzu</i>	37

Gambar 3.8	Diagram Blok Pembuatan <i>Database</i>	39
Gambar 3.9	Diagram alir proses pembentukan basis data	39
Gambar 3.10	Tampilan Program Pembuatan <i>Database</i>	40
Gambar 3.11	Tampilan program tahap pelabelan	41
Gambar 3.12	Tampilan Program Tahap Pembentukan <i>Codebook</i>	42
Gambar 3.13	Matrik hasil proses pembentukan <i>codebook</i>	44
Gambar 3.14	Grafik pemetaan <i>codebook</i>	44
Gambar 3.15	Tampilan program tahap pembentukan parameter HMM...	45
Gambar 3.16	Matrik hasil proses pembentukan HMM	46
Gambar 3.17	Grafik label probability	46
Gambar 3.18	Diagram alir proses pengenalan Identifikasi jenis larutan logam	47
Gambar 3.19	Tampilan program tahap identifikasi.....	48
Gambar 4.1	Pemetaan centroid berdasarkan ukuran <i>codebook</i>	70
Gambar 4.2	Pemetaan centroid untuk ukuran <i>codebook</i> 256 dan 512....	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Tabel Periodik untuk Unsur Metal, Non Metal dan Metalloids (Semi Metal)..... 5
Tabel 2.2	Pengaruh Unsur Logam pada Kesehatan Manusia 6
Tabel 2.3	Daftar Senyawa <i>Chromphore</i> dan Panjang gelombang 12
Tabel 3.1	Massa bahan logam yang digunakan berdasarkan pengukuran 33
Tabel 4.1	Nama File uji coba..... 49
Tabel 4.2	Percobaan Air Danau + CO 1000ppm 51
Tabel 4.3	Percobaan Air Danau + CO 2000ppm 51
Tabel 4.4	Percobaan Air Danau + CO 3000ppm 51
Tabel 4.5	Percobaan Air Danau + Cr 10ppm 51
Tabel 4.6	Percobaan Air Danau + Cr 20ppm 51
Tabel 4.7	Percobaan Air Danau + Cr 30ppm 52
Tabel 4.8	Percobaan Air Danau + Cr 40ppm 52
Tabel 4.9	Percobaan Air Danau + Cr 50ppm 52
Tabel 4.10	Percobaan Air Danau + CU 1000ppm 52
Tabel 4.11	Percobaan Air Danau + CU 2000ppm 52
Tabel 4.12	Percobaan Air Danau + CU 3000ppm 53
Tabel 4.13	Percobaan Air Danau + CU 4000ppm 53
Tabel 4.14	Percobaan Air Danau + CU 5000ppm 53
Tabel 4.15	Percobaan Air Tanah + CO 1000ppm..... 53
Tabel 4.16	Percobaan Air Tanah + CO 2000ppm..... 53
Tabel 4.17	Percobaan Air Tanah + CO 3000ppm..... 54
Tabel 4.18	Percobaan Air Tanah + CO 4000ppm..... 54
Tabel 4.19	Percobaan Air Tanah + Cr 10ppm..... 54
Tabel 4.20	Percobaan Air Tanah + Cr 20ppm..... 54
Tabel 4.21	Percobaan Air Tanah + Cr 30ppm..... 54

Tabel 4.22	Percobaan Air Tanah + Cr 40ppm.....	55
Tabel 4.23	Percobaan Air Tanah + Cr 50ppm.....	55
Tabel 4.24	Percobaan Air Tanah+ CU 1000ppm.....	55
Tabel 4.25	Percobaan Air Tanah + CU 2000ppm.....	55
Tabel 4.26	Percobaan Air Tanah + CU 3000ppm.....	55
Tabel 4.27	Percobaan Air Tanah + CU 4000ppm.....	56
Tabel 4.28	Percobaan Air Tanah + CU 5000ppm.....	56
Tabel 4.29	Percobaan Co 1%	56
Tabel 4.30	Percobaan Co 2%	56
Tabel 4.31	Percobaan Co 3%	56
Tabel 4.32	Percobaan Cr 10ppm	57
Tabel 4.33	Percobaan Cr 20ppm	57
Tabel 4.34	Percobaan Cr 30ppm	57
Tabel 4.35	Percobaan Cr 40ppm	57
Tabel 4.36	Percobaan Cr 50ppm	57
Tabel 4.37	Percobaan Cu 1000ppm	58
Tabel 4.38	Percobaan Cu 2000ppm	58
Tabel 4.39	Percobaan Cu 3000ppm	58
Tabel 4.40	Percobaan Cu 4000ppm	58
Tabel 4.41	Percobaan Cu 5000ppm	58
Tabel 4.42	Percobaan Air Danau + CO 1000ppm.....	59
Tabel 4.43	Percobaan Air Danau + CO 2000ppm.....	59
Tabel 4.44	Percobaan Air Danau + CO 3000ppm.....	59
Tabel 4.45	Percobaan Air Danau + Cr 10ppm	59
Tabel 4.46	Percobaan Air Danau + Cr 20ppm	59
Tabel 4.47	Percobaan Air Danau + Cr 30ppm	60
Tabel 4.48	Percobaan Air Danau + Cr 40ppm	60
	Percobaan Air Danau + Cr 50ppm	60
Tabel 4.49	Percobaan Air Danau + CU 1000ppm.....	60
Tabel 4.50	Percobaan Air Danau + CU 2000ppm.....	60
Tabel 4.51	Percobaan Air Danau + CU 3000ppm.....	61
Tabel 4.52	Percobaan Air Danau + CU 4000ppm.....	61

Tabel 4.53	Percobaan Air Danau + CU 5000ppm	61
Tabel 4.54	Percobaan Air Tanah + CO 1000ppm.....	61
Tabel 4.55	Percobaan Air Tanah + CO 2000ppm.....	61
Tabel 4.56	Percobaan Air Tanah + CO 3000ppm.....	62
Tabel 4.57	Percobaan Air Tanah + CO 4000ppm.....	62
Tabel 4.58	Percobaan Air Tanah + Cr 10ppm.....	62
Tabel 4.59	Percobaan Air Tanah + Cr 20ppm.....	62
Tabel 4.60	Percobaan Air Tanah + Cr 30ppm.....	62
Tabel 4.61	Percobaan Air Tanah + Cr 40ppm.....	63
Tabel 4.62	Percobaan Air Tanah + Cr 50ppm.....	63
Tabel 4.63	Percobaan Air Tanah+ CU 1000ppm.....	63
Tabel 4.64	Percobaan Air Tanah + CU 2000ppm.....	63
Tabel 4.65	Percobaan Air Tanah + CU 3000ppm.....	63
Tabel 4.66	Percobaan Air Tanah + CU 4000ppm.....	64
Tabel 4.67	Percobaan Air Tanah + CU 5000ppm.....	64
Tabel 4.68	Percobaan Co 1%	64
Tabel 4.69	Percobaan Co 2%	64
Tabel 4.70	Percobaan Co 3%	64
Tabel 4.71	Percobaan Cr 10ppm	65
Tabel 4.72	Percobaan Cr 20ppm	65
Tabel 4.73	Percobaan Cr 30ppm	65
Tabel 4.74	Percobaan Cr 40ppm	65
Tabel 4.75	Percobaan Cr 50ppm	65
Tabel 4.76	Percobaan Cu 1000ppm	66
Tabel 4.77	Percobaan Cu 2000ppm	66
Tabel 4.78	Percobaan Cu 3000ppm	66
Tabel 4.79	Percobaan Cu 4000ppm	66
Tabel 4.80	Percobaan Cu 5000ppm	66
Tabel 4.81	Persentase akurasi untuk seluruh sampel larutan dalam persen (%)	66
Tabel 4.82	Persentase akurasi berdasarkan variasi ukuran <i>codebook</i> dengan 5 data training	67

Tabel 4.83	Persentase akurasi berdasarkan variasi ukuran <i>codebook</i> dengan 5 data training	68
Tabel 4.84	Persentase akurasi berdasarkan variasi ukuran <i>codebook</i> dengan 8 data training	68



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerapan unsur – unsur teknologi praktis dan tepat guna sangat dibutuhkan sebagai sebuah pendukung sekaligus solusi yang efektif dalam berbagai bidang, khususnya dalam pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pencemaran logam berat maupun ringan.

Dengan demikian dikembangkan beberapa metode dalam pengetesan kadar logam. Dimana salah satunya yaitu dengan Metode Hidden Markov, teknik ini memisahkan kandungan pada air berdasarkan spektrum frekuensi yang dideteksi yang membutuhkan suatu alat penunjang yaitu *Spectrophotometer* sebagai komponen utama guna menunjang pengetesan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari riset ini.

Spectrophotometer terdiri atas sumber sinar, prisma, sel sampel, detektor dan pencatat. Fungsi prisma adalah untuk memisahkan sinar polikromatis di sumber cahaya menjadi sinar monokromatis, dan dengan demikian memainkan peran kunci dalam *Spectrophotometer* [1].

Spectrophotometer adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi kadar bahan kimia dari suatu cairan dimana sinar yang datang pada sampel diubah panjang gelombangnya secara kontinyu. Hasil percobaan diungkapkan dalam spektrum dengan absisnya menyatakan panjang gelombang (bilangan gelombang atau frekuensi) sinar datang dan ordinatnya menyatakan energi yang diserap sampel [1]. Teknik ini telah dikembangkan sejak pertengahan abad ke-19 untuk mendeteksi kadar serta jenis bahan kimia yang terdapat dalam suatu cairan. Kemudian alat ini digunakan banyak kimiawan untuk menemukan unsur baru semacam galium, iridium dan unsur-unsur tanah jarang [1].

Sampai awal abad 19 sebagian besar pendeteksian kadar serta jenis bahan kimia dari suatu cairan menggunakan spektroskopi. Peralatan ini menggunakan beberapa sinar dalam pendeteksian bahan kimia, antara lain spektroskopi dengan sinar ultraviolet (UV) dan sinar tampak (VIS) [1].

Tugas akhir ini akan mendeteksi kadar bahan kimia khususnya yang berjenis logam dari suatu cairan dengan menggunakan *Spectrophotometer*, dengan cara mengambil data keluaran dari alat tersebut. Data keluaran dari alat ini berupa panjang gelombang yang bervariasi dari bahan kimia yang sedang diteliti.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisa data komponen zat logam dari air dalam bentuk spektrum frekuensi dengan *Spectrophotometer*
2. Mengolah data tersebut dalam *software* MATLAB, sehingga didapatkan korelasi data yang valid antara kandungan kimia dengan frekuensi di lingkungan sekitar dengan menggunakan *Metode Hidden Markov*.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini membahas mengenai deteksi kadar logam dari air menggunakan metode *Hidden Markov Model*. Dimana kandungan yang dideteksi adalah kandungan bahan kimia yang paling banyak ditemukan pada air yang berada di lingkungan serta pada makanan dengan menggunakan alat pendeteksi *Spectrophotometer*. Data frekuensi yang diperoleh dari alat tersebut akan diolah dengan *software* yang nanti akan menjadi acuan perbandingan antara kadar kimia yang terdeteksi dengan frekuensi yang didapat. Larutan yang diteliti adalah larutan yang mengandung bahan kimia logam, yaitu: kobalt(Co), tembaga (Cu) dan kromium(Cr). Unsur yang akan diukur akan divariasikan dengan kadar 0.01%, 0.02%, 0.03%, 0.04% , 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4% , 0.5%, 1%, 2%, dan 3%

1.4 Deskripsi Singkat

Pada penelitian ini kandungan yang dideteksi adalah kadar logam yang dapat diterima oleh tubuh dan tidak berbahaya apabila kandungan tersebut secara sengaja atau tidak sengaja dikonsumsi oleh manusia. Rancang bangun ini menggunakan simulasi dengan mencampur *aquadest* dengan kandungan bahan logam kobalt(Co), tembaga(Cu) dan kromium(Cr) dengan kadar tertentu lalu diukur dengan spektrum frekuensi yang keluar dengan menggunakan

Spectrophotometer dan data yang diperoleh nanti akan diolah menggunakan *software* MATLAB. Data yang diperoleh dari *Spectrophotometer* berupa panjang gelombang yang bervariasi, data inilah yang menjadi acuan dimana nantinya dengan *Metode Hidden Markov* panjang gelombang ini dikonversi menjadi frekuensi-frekuensi tertentu.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain:

1. Studi Literatur

Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan tugas akhir. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, data sheet, dan buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari dan selanjutnya dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

3. Uji Sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian sistem (*software*) pengolahan data hasil pendeteksian kadar logam serta akan dilakukan penghitungan persen *error* dari sistem yang telah dibangun.

4. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat pengukur serta pengambilan data. Pengambilan data meliputi kecepatan memberikan perintah sampai tanggapan sistem berupa ketepatan

pengeksekusian perintah. Setelah itu dilakukan penganalisisan dengan menggunakan *Metode Hodden Markov* sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka laporan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

Pada bab satu terdapat Pendahuluan, berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari laporan tugas akhir ini.

Pada bab dua yaitu Landasan Teori, yang berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan serta pembuatan program (*software*).

Bab tiga, Perancangan dan Cara Kerja Sistem, pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari semua perangkat program penghubung (*software*) yang terlibat.

Bab empat adalah Hasil Uji Coba dan Analisis, bab ini berisi tentang unjuk kerja hasil dari perancangan sistem (*software*). Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan perhitungan persen *error* untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.

Pada bab lima terdapat Penutup, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Logam

Logam dalam ilmu kimia memiliki beberapa pengertian, Logam merupakan sebuah elemen kimia yang siap melepaskan elektron untuk membentuk ion positif (kation) dan juga ikatan metal diantara atom – atomnya[2]. Logam juga didefinisikan sebagai struktur ion positif yang dikelilingi oleh awan elektron disekitarnya[2]. Logam merupakan salah satu dari ketiga elemen yang dibedakan berdasarkan ionisasinya dan jenis ikatannya. Dalam sebuah tabel periodik , garis diagonal ditarik dari unsur Boron (B) sampai dengan unsur Polonium (P) memisahkan antara bahan logam dengan bahan non logam[2], seperti ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tabel Periodik untuk Unsur Metal, Non Metal dan Metalloids (Semi Metal)[2]

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
8	Uue	Ubn																

* Lanthanides	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu

** Actinides	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Metals and nonmetals of the periodic table

Metals	Metalloids	Nonmetals
--------	------------	-----------

Unsur logam baik untuk tubuh manusia apabila sesuai dengan kadar contohnya adalah unsur tembaga (Cu) dan selenium (Zn) yang dibutuhkan oleh tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh, apabila unsur logam melebihi kadar yang seharusnya maka dapat

menyebabkan bahaya bagi manusia, misalkan adalah unsur tembaga (Cu) dan selenium (Zn) akan menjadi racun ketika konsentersasi yang dalam tubuh manusia tinggi [3].

Pada Tabel 2.2 dapat dilihat bahaya beberapa unsur logam terhadap tubuh.

Tabel 2.2. Pengaruh Unsur Logam pada Kesehatan Manusia[3]

No.	Unsur/Senyawa	Pengaruh pada Kesehatan Manusia
1	Nitrat (NO ₃)	Dapat menyebabkan terjadinya <i>methemoglobinemia</i> yakni terganggunya sifat darah pada bayi yang mengkonsumsi air dengan konsentrasi NO ₃ lebih dari 45 mg/l
2	Cadmium (Cd)	Dapat menyebabkan kerusakan ginjal apabila konsentrasi Cd pada kulit ginjal mencapai 200 gram/gram berat badan.
3	Timah Hitam Timbal (Pb)	Dapat menimbulkan keracunan pada saraf. Pada anak-anak dapat menyebabkan kerusakan jaringan saraf otak, anemia, dan kelumpuhan, apabila kandungan Pb dalam air minum lebih besar dari 0,1 mg/l
4	Mercury	Dapat menyebabkan penyakit minamata (saraf) bila kandungan Hg dalam air lebih dari 0,001 mg/l. Dalam bentuk metil merkuri akan meracuni sel-sel tubuh, merusak ginjal, hati, dan saraf, menyebabkan keterbelakangan mental dan <i>cerebral palcy</i> pada bayi.
5	Chrom (Cr)	Dapat menyebabkan kanker pada kulit dan alat pernafasan bila kandungan Cr dalam air lebih dari 0,005 mg/l.
6	Cobalt (Co)	Dapat merusak sel tubuh
7	Tembaga (Cu)	Dapat menyebabkan kerusakan pada hati bila kandungan Cu dalam air lebih dari 1,5 mg/l

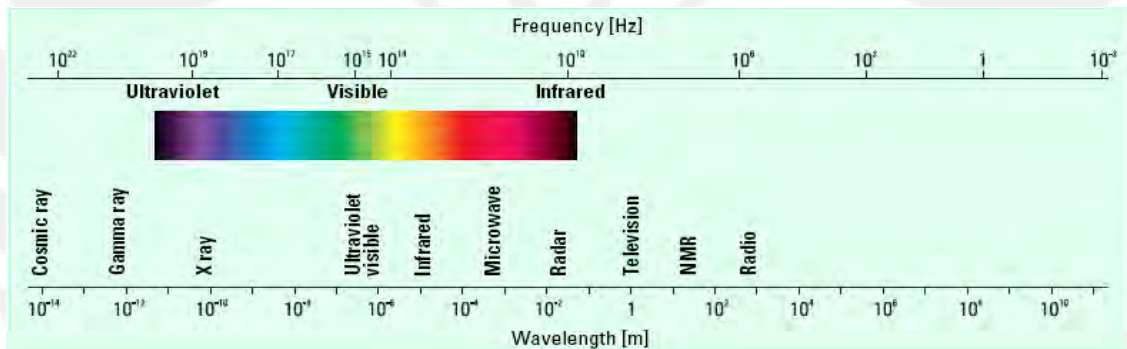
Selain itu ada limbah pertambangan, unsur logam berat juga dapat ditemui pada tubuh manusia, peralatan rumah tangga, obat-obatan, rokok, peralatan elektronik, insektisida, pipa air, bensin, udara, keramik, serta material lainnya. Konsentersasi logam berat pada barang-barang tersebut kecil dan tidak berbahaya. Namun akan menjadi berbahaya jika terakumulasi secara terus menerus dalam tubuh sehingga mengakibatkan keracunan, bahkan dapat lebih fatal yaitu berakibat kematian.

Unsur logam berat berbahaya karena umumnya memiliki rapat massa tinggi dan sejumlah konsentrasi kecil dapat bersifat racun dan berbahaya. Yang termasuk golongan

logam berat adalah seluruh elemen logam kimia yang memiliki berat molekul tinggi[3]. Merkuri atau air raksa (Hg), kadmium (Cd), arsen (As), kromium (Cr), talium (Tl), timbal (Pb), kobalt (Co) dan tembaga(Cu) adalah beberapa contoh logam berat berbahaya[3]. Elemen tersebut tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia lewat makanan, air minum, atau melalui udara. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi[3]. Bioakumulasi berarti peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai piramida makanan[3]. Jumlah yang terakumulasi setara dengan jumlah logam berat yang tersimpan dalam tubuh ditambah jumlah yang diambil dari makanan, minuman, atau udara yang terhirup. Jumlah logam berat yang terakumulasi lebih cepat dibandingkan dengan jumlah yang terekskresi dan terdegradasi[3].

2.2 Spektrophotometri

Radiasi gelombang Ultraviolet dan cahaya tampak merupakan bagian kecil dari spektrum foton, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Spektrum Gelombang Elektromagnetik[4]

Energi yang berhubungan dengan radiasi elektromagnetik dapat didefinisikan dalam persamaan 2.1 :

$$E = hv \quad (2.1)$$

Dengan keterangan :

E = energi (joule)

h = Konstanta Planck (6.62×10^{-34} Js)

v = frekuensi (second^{-1})

Radiasi elektromagnetik dapat didefinisikan sebagai kombinasi dari tegangan arus listrik dan medan magnet yang bergerak ke ruang bebas dengan pergerakkan gelombang[4]. Karena radiasi elektromagnetik berperilaku seperti gelombang, sehingga dapat diklasifikasikan dalam persamaan baik itu panjang gelombang ataupun frekuensinya, yang didefinisikan dalam persamaan 2.2 :

$$v = C / \lambda \quad (2.2)$$

Dengan :

c = kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$)

v = frekuensi (second^{-1})

λ = panjang gelombang(meter)

Sesuai dengan dua persamaan diatas radiasi dengan panjang gelombang yang lebih pendek akan mempunyai energi yang lebih tinggi[4]. Dalam UV-Vis *spectrophotometer*, panjang gelombang yang rendah akan mempunyai energi yang paling tinggi.

Ketika radiasi gelombang cahaya berinteraksi dengan sesuatu, ada beberapa proses yang akan terjadi meliputi pemantulan, penyebaran (*scattering*), penyerapan(*absorbance*), penyerapan dan emisi (*fluorescence/phosphorescence*) dan penyerapan serta pemecahan ikatan senyawa (*absorbance and bondbreaking*). Dalam pengukuran UV-Vis *Spectrophotometer*, yang diinginkan dari hasil pengukuran adalah nilai penyerapannya atau absorbannya, dikarenakan cahaya merupakan bentuk energi, penyerapan cahaya oleh sampel yang diukur menyebabkan energi molekul ataupun atom dari sampel tersebut akan ikut naik[4].

2.2.1 Transmittance dan Absorban

UV-Vis *Spectrophotometer* digunakan untuk analisa kuantitatif, yaitu dengan cara mengukur intensitas radiasi yang diabsorpsi, ditransmisikan atau diemisikan oleh suatu materi yang diradiasi dengan gelombang cahaya. Persen intensitas energi yang diabsorpsi sebanding dengan banyaknya partikel yang mengabsorpsi gelombang cahaya. Sesuai dengan hukum Lambert-Beer bahwa jika gelombang cahaya diradiasikan pada sampel, maka intensitas energi radiasi yang berkurang (di) persatuan jarak (db) akan sebanding dengan jumlah partikel yang mengabsorpsinya[4], seperti ditunjukkan pada persamaan 2.3, persamaan 2.4, persamaan 2.5 dan persamaan 2.6.

$$dI \cong NI \quad (2.3)$$

$$N = k' Cdb \quad (2.4)$$

$$dI \cong NI = k' ICd \quad (2.5)$$

$$dI = -kICdb \quad (2.6)$$

Dengan :

I = jumlah photon persatuan luas penampang perdetik

N = jumlah partikel yang mengabsorpsi

$N = (6,02 \times 10^{20} \text{ partikel/mmole}) * C \text{ mmol/ml} * X * Y \text{ cm}^3$

C = konsentersasi larutan

$X * Y = \text{luas penampang (cm}^2\text{)}$

$k' = 6,02 \times 1020 \times X \times Y \text{ partikel cm}^2/\text{mol}$

k = adalah konstanta dan tanda “-” karena berkurangnya intensitas radiasi

Ketika sebuah cahaya melewati atau direflesi dari sampel pengukuran, jumlah cahaya yang diserap adalah perbedaan antara radiasi kejadian (*incident radiation*) (I_0) dan radiasi yang ditransmisikan (*transmitted radiation*)[4]. Banyaknya cahaya yang diserap dituliskan sebagai *tranmitance* ataupun absorban. Absorban biasanya diberikan dalam bentuk pecahan ataupun persentasi yang didefinisikan pada persamaan 2.7, persamaan 2.8, persamaan 2.9, persamaan 2.10 dan persamaan 2.11:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad (2.7)$$

$$\log \frac{I_t}{I_0} = -\epsilon \cdot b \cdot C \quad (2.8)$$

$$\log T = -\epsilon \cdot b \cdot C \quad (2.9)$$

$$-\log T = \epsilon \cdot b \cdot C \quad (2.10)$$

$$A = \log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon \cdot b \cdot C \quad (2.11)$$

Dengan:

A = - log T = absorban (serapan)

I_0 = (Transmitans) perbandingan cahaya yang ditransmisikan dengan intensitas cahaya mula - mula

I_t = (Tranmitans) yaitu perbandingan cahaya yang ditransmisikan dengan intensitas cahaya yang ditransmisikan melalui sampel

ϵ = absorbtivitas molekuler/konstanta ekstingsi ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

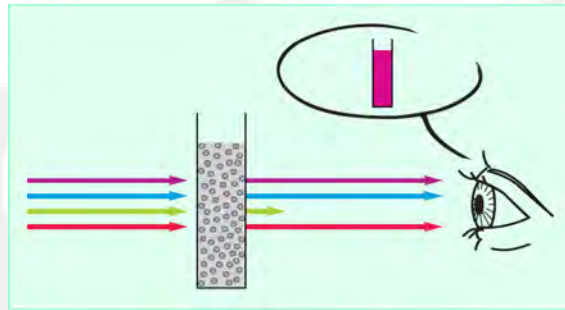
a = daya serap ($\text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

b = tebal larutan/kuvet (cm)

c = konsentrasi ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)

2.2.2 Warna pada *Spectrophotometer*

Warna merupakan salah properti dari zat kimia. Warna sangat berkaitan dengan tingkat absorpsivitas dan reflektivitas[4]. Mata manusia melihat warna komplemen dimana warna tersebut diserap seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tranmisi Gelombang Cahaya dan Warna[4]

Dalam kenyataannya, warna sangat kompleks dan bergantung pada banyak faktor, meliputi iluminasi spektrum, pantulan pada permukaan struktur material solid[4]. *Spectrophotometer* dapat digunakan untuk mengukur warna bila diberikan perangkat lunak yang tepat. Gambar 2.3 menunjukkan perbandingan warna yang diserap dengan warna komplemen[4].



Gambar 2.3. Perbandingan Warna yang Diserap dengan Warna Komplemen[4]

2.2.3 Sampel *Spectrophotometer*

Untuk hasil yang lebih akurat, sampel yang akan dianalisa harus terdiri dari komponen yang akan menyerap cahaya dimana sebelumnya telah dilakukan kalibrasi. Jika sebuah sampel akan diukur, maka sebuah sampel murni dari zat kimia akan dijadikan sebagai referensi. Analisa multiunsur (beberapa zat kimia dalam satu campuran larutan) menggunakan UV-Vis *spectrophotometer* telah dilakukan sama dengan analisa unsur tunggal

(satu zat kimia dalam satu campuran larutan), tetapi teknik ini sering memberikan hasil yang tidak tepat[4]. Bagaimanapun juga instrumen modern memberikan data yang lebih presisi dan teknik kurva pencocokan modern memberikan hasil yang lebih akurat dan yang terpenting adalah dapat mengindikasikan kesalahan bila hasil pengukuran terjadi kesalahan.

Menurut teori Beer-Law bahwa absorban berbanding lurus dengan jumlah molekul yang mengabsorpsi radiasi pada panjang gelombang yang dispesifikasikan[4]. Seluruh metode kuantitatif multiunsur didasarkan pada prinsip bahwa absorban pada panjang gelombang berapapun dari sebuah campuran multiunsur sama dengan jumlah absorban dari masing – masing unsur yang digabungkan pada panjang gelombang tersebut[4]. Analisis pendekatan untuk multiunsur didasarkan pada pengukuran banyaknya jumlah panjang gelombang dengan banyaknya komponen yang digabungkan menjadi satu. Untuk kalibrasi pada proses multiunsur, nilai standar absorban konsentrasasi dari komponen murni yang diketahui diukur untuk menentukan koefisien absorbtivitas molekuler (konstanta ekstingsi) pada panjang gelombang yang dipilih[4]. Nilai absorban multiunsur pada tiap panjang gelombang merupakan jumlah absorban dari masing – masing unsur pada tiap panjang gelombang. Untuk 2 unsur x dan y yang , seperti dituliskan pada persamaan 2.12 :

$$A'_{(x+y)} = A'_x + A'_y = e'_x b \cdot c_x + e'_y b \cdot c_y \quad (2.12)$$

Dengan :

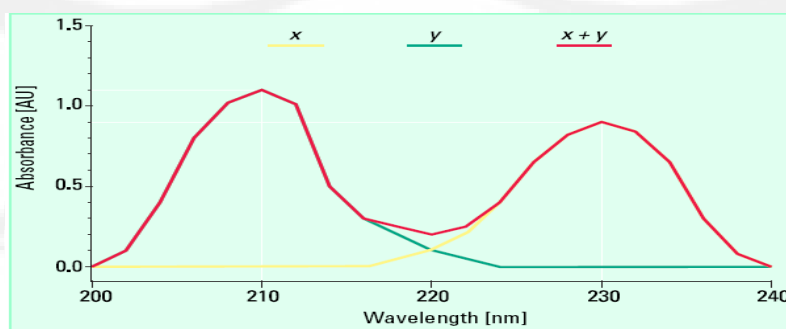
A' = absorban pada panjang gelombang tertentu

e = absorbtivitas molekuler

b = *path length*

c = konsentrasasi

Pada gambar 2.4 ditunjukkan hasil pengukuran 2 komponen x dan y dengan UV-Vis *spectrophotometer*.



Gambar 2.4. Hasil Pengukuran 2 Unsur dengan UV-Vis *Spectrophotometer*[4]

2.2.4 Analisa Kualitatif *Spectrophotometer*

UV-Vis *Spectrophotometer* biasanya hanya akan menunjukkan beberapa pita absorban. Dibandingkan dengan teknik seperti *infrared spectrophotometer* (yang menghasilkan banyak pita absorban dengan range lebih sempit). UV-Vis *spectrophotometer* menyediakan jumlah informasi kualitatif yang terbatas. Absorpsi yang disebabkan oleh senyawa organik akan dihasilkan dari ikatan atom yang tidak saturasi[4]. Chromophore adalah sebuah senyawa yang biasanya mengandung ikatan, ketika dimasukkan kedalam sebuah hidrokarbon saturasi (yang bukan termasuk dalam range UV-Vis absorban), akan menghasilkan senyawa dengan absorpsi diantara panjang gelombang 185 – 1000 nm[4]. Dibawah ini ditunjukkan Tabel 2.3 yang berisi daftar senyawa Chromophore dan panjang gelombang maksimum absorban.

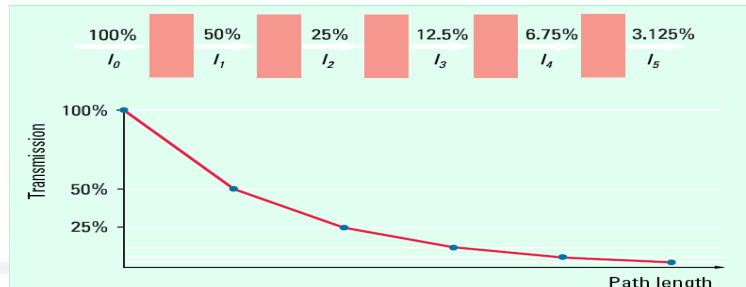
Tabel 2.3 Daftar Senyawa Chromophore dan Panjang gelombangnya[4]

Selected chromophores and their absorbance maxima			
Chromophore	Formula	Example	λ_{\max} (nm)
Carbonyl (ketone)	$RR'C=O$	Acetone	271
Carbonyl (aldehyde)	$RHC=O$	Acetaldehyde	293
Carboxyl	$RCOOH$	Acetic acid	204
Amide	$RCONH_2$	Acetamide	208
Ethylene	$RCH=CHR$	Ethylene	193
Acetylene	$RC=CR$	Acetylene	173
Nitrile	$RC=N$	Acetonitrile	< 160
Nitro	RNO_2	Nitromethane	271

Adanya pita absorban pada panjang gelombang tertentu bisa dijadikan sebagai indikator adanya senyawa chromophore. Bagaimana pun juga, posisi dari absorban maksimum tidak selalu tetap tetapi berkaitan dengan lingkungan *molecular* dari chromophore dan campuran dimana sample dilarutkan. Parameter lainnya adalah PH dan temperatur akan mengubah keduanya baik itu intensitas dan panjang gelombang pada absorban maksimum[4].

2.2.5 Analisa Kuantitatif *Spectrophotometer*

Jika 100 photon cahaya memasuki sebuah cell, hanya 50 photon yang dapat sampai kesisi berikutnya, maka nilai *transmittance* adalah 0.5 atapun 50%. Jika 50 photon ini kemudian dilewatkan kembali pada sebuah cell yang sama maka photon yang sampai ke sisi berikutnya menjadi 25 photon dan seterusnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.[4].



Gambar 2.5. Transmittance dan Path length – Lambert Law[4]

Lambert pada tahun 1760, merupakan peneliti yang pertama kali mengemukakan formula dari efek ini, selain lambert terdapat penemu lain yang mengemukakan teori yang sama pada tahun 1729 Bouguer, ditunjukkan pada persamaan 2.13.

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-kb} \quad (2.13)$$

Dengan :

T = transmittance

I_0 = intensitas Kejadian

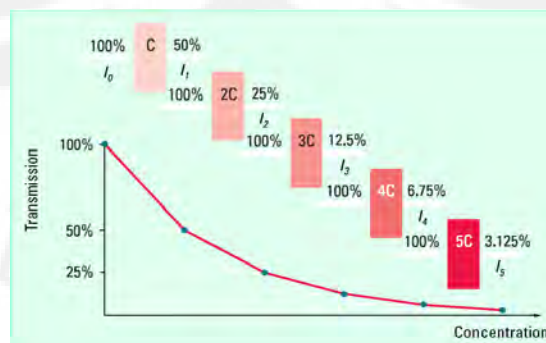
I = intensitas yang ditransmisikan

e = bilangan logaritma natural

$-k$ = konstanta

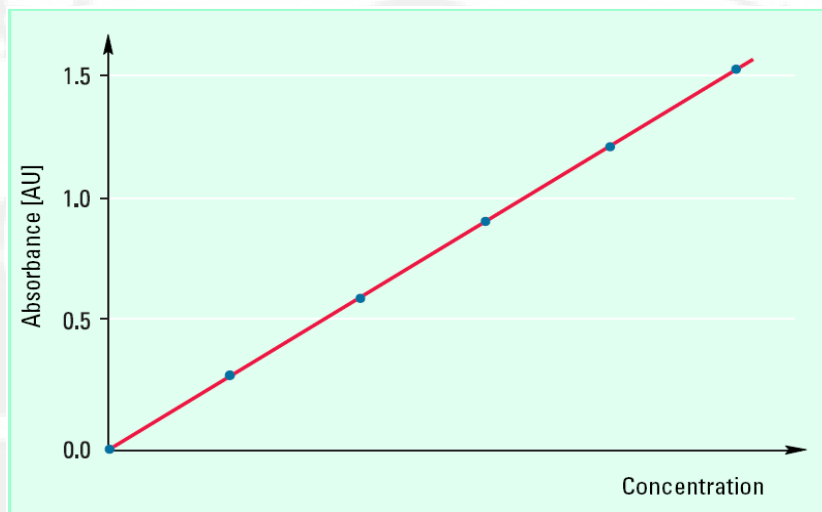
b = *path length* (dalam centimeter)

Teori Lambert-Beer sama dengan teori yang dikemukakan oleh Bouguer, kecuali teori Bouguer dinyatakan dalam konsentrasi bukan dalam *path length*. Banyaknya jumlah cahaya yang terabsorpsi adalah proporsional dengan jumlah absorpsi molekul dimana cahaya itu melewati, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.[4]



Gambar 2.6. Transmittance dan Konsentrasi – Bouguer[4]

Dimana c merupakan konsentrasi dari larutan yang menyerap (biasanya didefinisikan dalam gram per liter ataupun miligram per liter). Persamaan ini dapat ditransformasikan dalam bentuk persamaan linear sesuai dengan persamaan 2.11. Perbandingan antara absorbance dengan konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 2.7.[4]



Gambar 2.7. Perbandingan antara Absorbance dengan Konsentrasi[4]

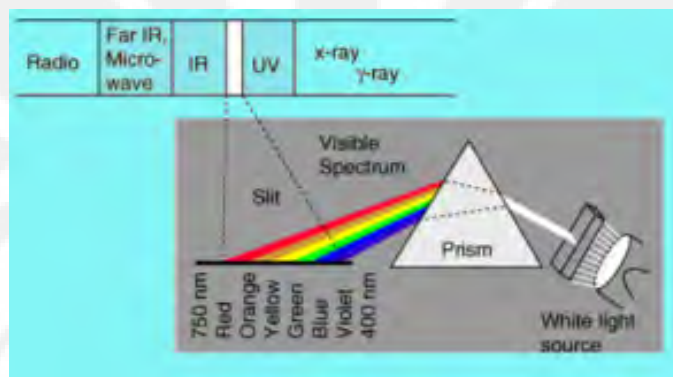
2.3 UV-Vis Spectrophotometer 2450 Shimadzu

Spektrofotometri serap merupakan pengukuran interaksi antara radiasi cahaya pada panjang gelombang tertentu yang sempit dan mendekati monokromatik, dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia[5]. Pada Gambar 2.8 menunjukkan alat *Spectrophotometer* UV-VIS 2450 Shimadzu.



Gambar 2.8. Spectrophotometer UV-Vis 2450 Shimadzu[5]

Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa molekul selalu mengabsorpsi cahaya jika panjang gelombang cahaya tersebut sama dengan panjang gelombang getaran dari molekul tersebut. Elektron yang terikat dan elektron yang tidak terikat akan tereksitasi pada suatu daerah panjang gelombang, yang sesuai dengan cahaya Ultraviolet dan cahaya Visible (UV-Vis)[5]. Spektrum absorpsi daerah ini adalah sekitar 220nm sampai 800nm dan dinyatakan sebagai spektrum elektron meliputi bagian daerah Ultraviolet (190 – 380nm), spektrum Vis (Vis = Visible) bagian sinar tampak (380 – 780nm)[5]. Pada penelitian kandungan logam ini sumber energi cahaya yang digunakan adalah Visible (Vis) Sumber cahaya untuk UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Spektrum Gelombang Elektromagnetik untuk UV –Vis [5]

Instrumentasi dari *Spectrophotometer* UV-Vis ini dapat diuraikan sebagai berikut[5]:

1. Suatu sumber energi cahaya yang berkesinambungan yang meliputi daerah spektrum dimana alat tersebut dirancang untuk beroperasi. Untuk penelitian logam ini sumber energi cahaya yang digunakan adalah Visible(Vis).
2. Suatu monokromator, yakni sebuah piranti untuk mengecilkan pita sempit panjang gelombang dari spektrum lebar yang dipancarkan sumber cahaya.
3. Suatu wadah untuk sampel (dalam hal ini menggunakan kuvet) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10
- 4.



Gambar 2.10. Sel tempat sampel (cuvette/kuvet)

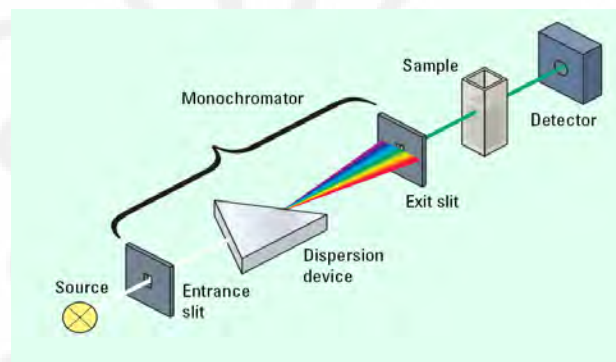
5. Suatu detektor, yang berupa *transduser* yang mengubah energi cahaya menjadi suatu isyarat listrik. Untuk sumber energi cahaya radiasi UV (Ultraviolet), detektor yang digunakan adalah detektor jenis Phototube seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Detektor Phototube

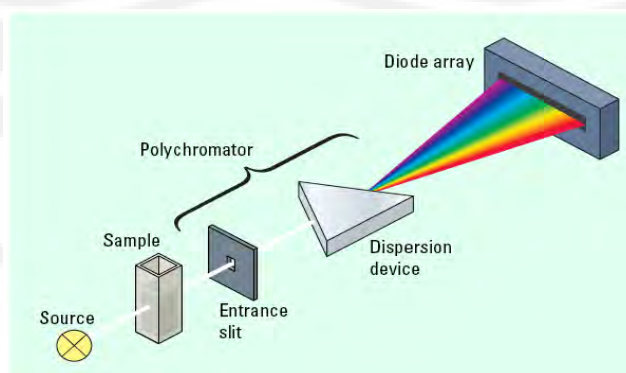
Berdasarkan detektornya *spektrophotometer* dibagi 2[4] :

- a. *Conventional Singel Beam Spectrophotometer* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.[6]



Gambar 2.12. *Spectrophotometer Single Beam*[4]

- b. *Diode Array Spectrophotometer* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.[4]



Gambar 2.13. *Spectrophotometer Diode Array*[4]

6. Suatu *amplifier* (penguat) dan rangkaian yang berkaitan dengan pembuatan isyarat listrik itu dapat dibaca.
7. Suatu sistem baca dimana diperagakan besarnya isyarat listrik yang ditangkap.

2.4 Ekstraksi

Ekstraksi atau *feature extraction* merupakan proses dimana tiap-tiap *sample* sinyal akan diubah menjadi vector - vektor data. Data yang telah ternormalisasi selanjutnya akan diekstraksi untuk mengubah data dalam domain frekuensi. Dalam proses ekstraksi terdapat beberapa proses yaitu :

2.4.1 *Frame Blocking*

Pada proses *frame blocking*, suatu sinyal kontinu yang diterima akan dibagi ke dalam N *frame* berdasarkan persamaan (2.14). Sinyal kontinu diblok dalam *frame* dari N sampel, dengan *frame* berdekatan yang terpisah oleh M ($M < N$). *Frame* pertama terdiri dari N sampel pertama. *Frame* kedua mulai M sampel setelah *frame* pertama dan saling menyusul dengan $N - M$ sampel. Begitu pula dengan *frame* ketiga mulai sampel $2M$ setelah *frame* pertama (atau M sampel setelah *frame* kedua) dan menyusul $N - 2M$ sampel. Proses ini berlanjut sampai semua sinyal dihitung dalam satu *frame* atau lebih.

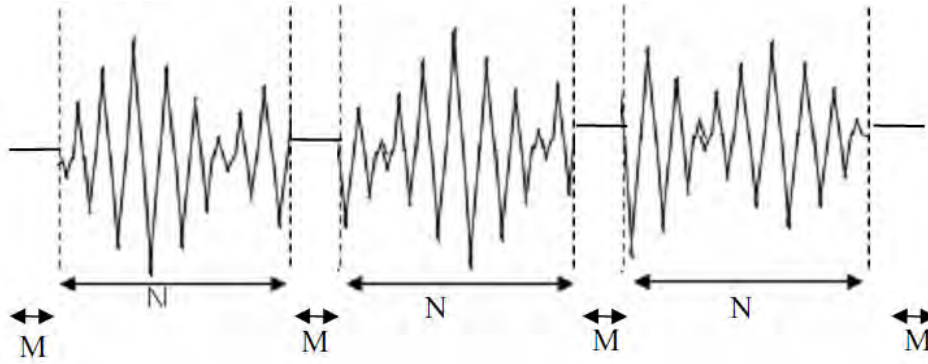
$$t = N/fs \quad (2.14)$$

Dengan : N = banyak data per *frame*

fs = frekuensi sampling

t = panjang *frame*

Panjang *frame* yang biasanya digunakan dalam pemrosesan sinyal adalah antara 10 ms – 30 ms. Proses *frame blocking* ini terus dilakukan sampai sinyal dapat diproses seluruhnya. Selain itu, proses ini umumnya dilakukan secara overlapping untuk setiap *frame*-nya. Panjang daerah overlap yang digunakan secara umum adalah 30 % sampai 50 % dari panjang *frame*-nya[6].



Gambar 2.14. Proses *Frame Blocking*

2.4.2 *Windowing*

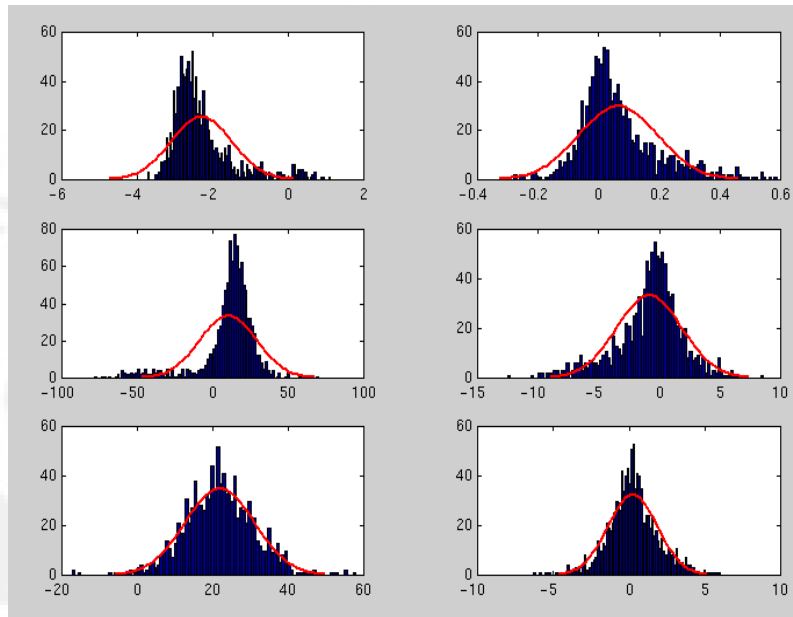
Langkah selanjutnya adalah *windowing* masing-masing *individual frame* untuk meminimalisasikan diskontinuitas sinyal pada permulaan dan akhir dari masing-masing *frame*. *Windowing* ini untuk meminimalisasikan *spectral distortion* dengan menggunakan *window* untuk mendapatkan batas sinyal ke nol pada permulaan dan akhir masing - masing *frame*. Gelombang sinyal yang dipotong-potong menjadi beberapa *frame* akan menyebabkan efek diskontinuitas sehingga menyebabkan kesalahan data pada proses *fourier transform*. *Windowing* diperlukan untuk mengurangi efek diskontinuitas dari potongan - potongan sinyal. Dalam penelitian ini digunakan metode *Hamming Window*, yaitu :

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.15)$$

Dengan : N = lebar window
 $n = 0, 1, \dots, (N-1)/2$, untuk N ganjil
 $= 0, 1, \dots, (N/2)-1$, untuk N genap

Hasil dari proses *windowing* ini adalah berupa suatu sinyal dengan persamaan :

$$y_1(n) = x_i(n)w(n), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.16)$$



Gambar 2.15 Proses *frame blocking* dan *windowing*[6]

2.5 Discrete Fourier Transform dan Fast Fourier Transform

Tujuan utama dari transformasi Fourier ini adalah untuk mengubah sinyal input menjadi vektor 2 dimensi. Untuk mengubah *frame – frame* menjadi vektor 2 dimensi menggunakan *Discrete Fourier Transform* (DFT). Sedangkan *Fast Fourier Transform* (FFT) merupakan algoritma yang lebih cepat dari *Discrete Fourier transform* (DFT). Transformasi diskrit merupakan transformasi dimana input dan output bernilai diskrit yang digunakan untuk manipulasi di komputer. Rumus *Discrete Fourier Transform* (DFT) untuk mengubah N data menjadi vektor 2 dimensi adalah sebagai berikut :

$$X(k) = F_D[x(nT)] = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT)e^{-jk\Omega nT} \quad (2.17)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

Dimana : F_D adalah transformasi Fourier

$X(nT)$ adalah sinyal input

T adalah interval waktu antar nilai diskrit

K adalah angka harmonik dari komponen transformasi

Fast Fourier Transform (FFT) dapat mereduksi jumlah perhitungan untuk setiap N data yang sama pada perhitungan *Discrete Fourier Transform* (DFT) sehingga perhitungan yang ada menjadi lebih cepat khususnya ketika nilai N yang digunakan cukup besar dengan menggunakan persamaan :

$$X_n = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi nk/N} \quad (2.18)$$

$$k = 0, 1, \dots, N-1$$

Faktor dari $e^{-j2\pi nk/N}$ dapat dituliskan sebagai W_N .

$$W_N = e^{-j2\pi nk/N} \quad (2.19)$$

Sehingga persamaan akan menjadi :

$$X_n = \sum_{n=0}^{N-1} x_n W_N^{kn} \quad (2.20)$$

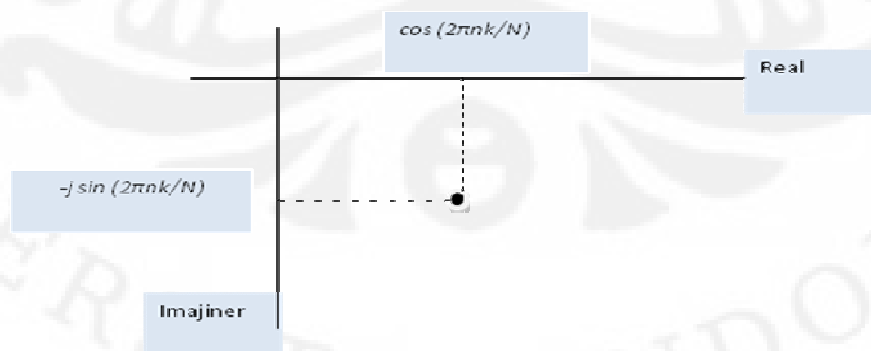
dengan $k = 0, 1, \dots, N-1$; dimana : X_n adalah sinyal hasil DFT

x_n adalah sinyal masukan

W_N^{kn} adalah *twiddle factors*

$$W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}} = \cos \frac{2\pi}{N} - j \sin \frac{2\pi}{N} \quad (2.21)$$

Baik *Discrete Fourier Transform* (DFT) maupun *Fast Fourier Transform* (FFT) akan menghasilkan kumpulan titik-titik dimana masing-masing titik terdiri dari komponen real (fungsi *Cosinus*) dan komponen imajiner (fungsi *sinusoidal*) disebabkan adanya bilangan eksponensial. Kumpulan titik-titik ini kemudian akan digunakan dalam *vector quantization* yang akan dijelaskan dalam sub bab berikut ini[6].

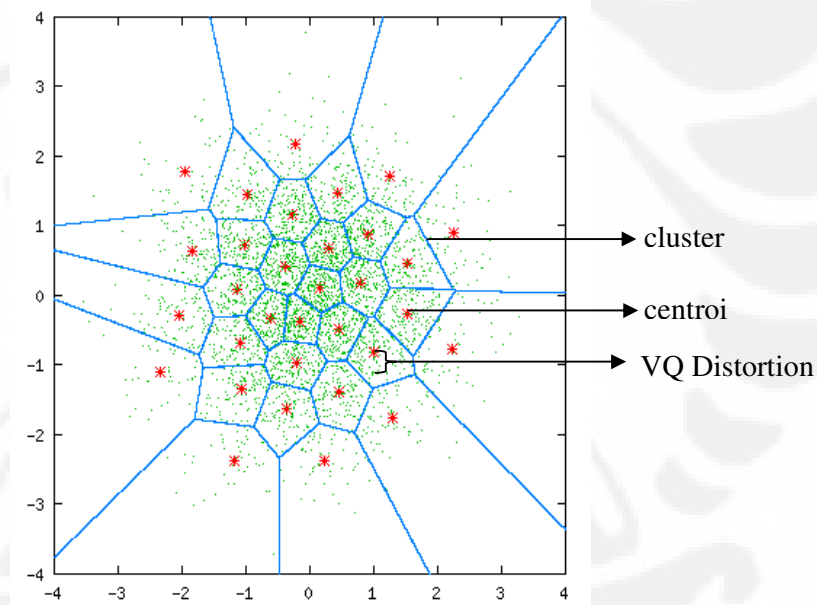


Gambar 2.16 hasil Pemetaan dari FFT

2.6 Vector Quantization [6]

Vector quantization merupakan teknik kuantisasi klasik dimana dilakukan pemodelan dari fungsi kepadatan probabilitas dengan distribusi vektor. *Vector quantization* memetakan vektor dengan dimensi k pada ruang vektor R_k menjadi suatu bentuk vektor berhingga $Y = \{y_i : i = 1, 2, \dots, n\}$. Vektor y_i disebut sebagai vektor kode. Vektor-vektor ini merupakan vektor-vektor data yang diperoleh dari hasil ekstraksi yang disebut dengan *codeword*. Kumpulan dari *codeword* ini disebut dengan *codebook*.

Vector quantization (VQ) adalah proses pemetaan vektor data yang merupakan titik-titik hasil dari proses *Fast Fourier Transform* (FFT) ke dalam sebuah wilayah yang terbatas dalam grafik dua dimensi (X-Y) dimana sumbu X merupakan komponen real dari masing-masing titik dan sumbu Y merupakan komponen imajiner dari masing-masing titik. Pemetaan titik-titik tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Pemetaan pada proses vektor kuantisasi [6]

Tujuan dari proses vektor kuantisasi adalah untuk menyederhanakan panjang data masukan agar proses selanjutnya menjadi lebih mudah. Tiap komponen vektor 2 dimensi yang merupakan hasil *Fast Fourier Transform* (FFT) memiliki beberapa titik yang masing - masing memiliki komponen real dan imajiner.

Gambar 2.18 menggambarkan vektor pada suatu ruang dengan garis horizontal menunjukkan nilai real dan garis vertikal menunjukkan nilai imajiner dari vektor. Kumpulan dari titik-titik yang memiliki jarak berdekatan membentuk suatu *cluster* dan setiap *cluster* dari vektor dapat direpresentasikan dengan *centroid* yang disebut *codeword*. Setiap *codeword* berada pada daerah *Voroinoi*-nya masing-masing. Vektor masukan ditandai dengan x sedangkan *centroid* ditandai dengan bulatan berwarna merah. Representasi *centroid* ditentukan berdasarkan jarak *Euclidian* terdekat dari vektor masukan. Jarak *Euclidian* didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$d(x, y_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_j - y_{ij})^2} \quad (2.22)$$

dimana x_j adalah komponen ke- j dari vektor masukan dan y_{ij} adalah komponen ke- j dari *centroid* y_i .

Koleksi dari semua *codeword* disebut *codebook* . Jarak antara satu titik dengan titik lain dalam sebuah cluster disebut *Vector quantization Distortion*. Luas daerah *cluster* ditentukan oleh ukuran *codebook* dimana semakin besar ukuran *codebook*-nya, maka luas daerah masing masing *cluster* menjadi lebih kecil dan jumlah *cluster* yang terbentuk menjadi lebih banyak disertai nilai *Vector quantization Distortion* yang semakin kecil sehingga *codeword* yang terbentuk akan semakin mewakili informasi dari masukannya. Semakin kecil *Vector quantization Distortion*-nya, maka cluster yang terbentuk menjadi lebih akurat.

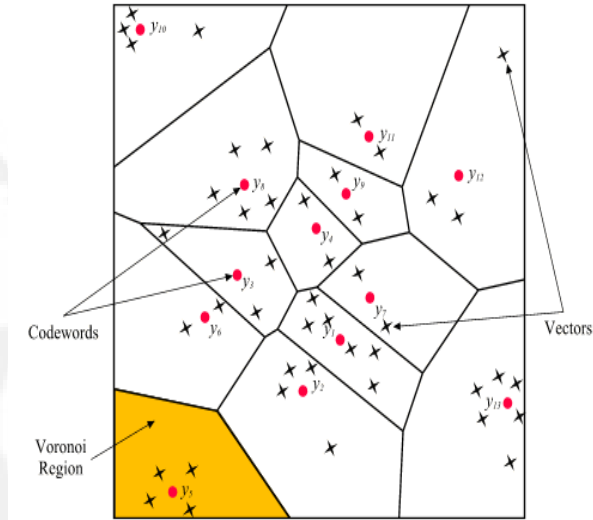
Dalam pembentukan *codebook* untuk iterasi guna memperbaiki *Vector quantization* digunakan *General Lloyd Algorithm* (GLA) atau disebut *LBG algorithm*. *LBG algorithm* tersebut dapat diimplementasikan dengan prosedur rekursif sebagai berikut :

1. Mendesain vektor *codebook* yang merupakan *centroid* dari keseluruhan hasil pelatihan vektor.
2. Melipatgandakan ukuran dari *codebook* dengan membagi masing-masing *codebook* C_n menurut aturan :

$$C_n^+ = C_n(1 + \epsilon) \quad (2.23)$$

$$C_n = C_n(1 + \epsilon) \quad (2.24)$$

dimana n bervariasi dari satu sampai dengan *current size codebook* dan epsilon adalah parameter *splitting*. ($\epsilon = 0,01$)



Gambar 2.18 Contoh *codeword* pada ruang dua dimensi [6]

3. Nearest Neighbour Search

Mengelompokkan *training* vektor yang mengumpul pada blok tertentu. Selanjutnya menentukan *centroid* dalam *current codebook* yang terdekat dan memberikan tanda vektor yaitu *cell* yang diasosiasikan dengan *centroid-centroid* yang terdekat.

4. Centroid Update

Menentukan *centroid* baru yang merupakan *codeword* yang baru pada masing-masing *cell* dengan menggunakan *training* vektor pada *cell* tsb.

5. Iterasi 1

Mengulang step 3 dan 4 sampai jarak rata-rata dibawah *present threshold*.

6. Iterasi 2

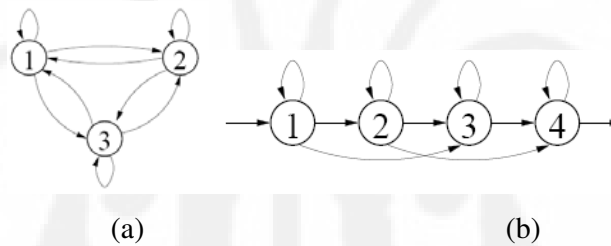
Mengulang step 2, 3, dan 4 sampai *codebook* berukuran M.

Jarak suatu vektor ke *centroid* terdekat disebut dengan distorsi. Pada proses pengenalan, total distorsi yang paling kecil antara *codeword* dari database dan *codebook* VQ dari input merupakan hasil identifikasi.

2.7 Hidden Markov Model

Intelegensi Buatan (*Artificial Intelligence*) merupakan cabang terpenting dalam dunia komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan manusia. Agar komputer bisa bertindak seperti dan sebaik manusia, maka komputer diberi bekal pengetahuan dan mempunyai

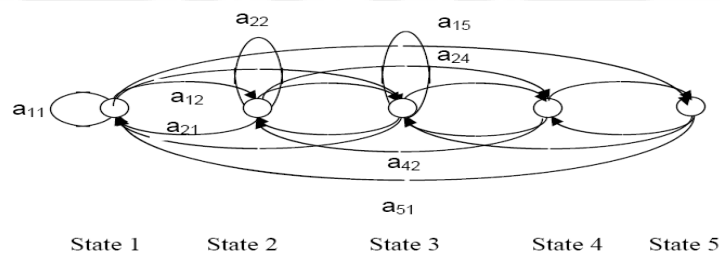
kemampuan untuk menalar[6]. Pada penelitian ini menggunakan IA dengan HMM. Alasan menggunakan Model Markov Tersembunyi atau lebih dikenal sebagai *Hidden Markov Model* (HMM) karena *Hidden Markov Model* (HMM) merupakan suatu tehnik untuk membentuk model statistic berdasarkan prinsip probabilitas suatu sistem dengan mencari parameter-parameter yang tidak diketahui untuk mempermudah proses analisis sistem tersebut. Model tersebut digunakan untuk memprediksi suatu keluaran berdasarkan data-data yang telah dimasukkan dan proses pelatihan yang telah dilakukan. Model statistik ini merupakan suatu sistem yang diasumsikan sebagai proses markov dengan parameter - parameter yang belum diketahui dan parameter - parameter yang tersembunyi tersebut harus ditentukan dari parameter yang dapat diamati (*observable*). Parameter model yang diambil kemudian dapat digunakan untuk keperluan analisa selanjutnya. Bentuk umum dari rantai Markov adalah bentuk *ergodic* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.19(a). Namun dapat juga dimodelkan dengan model *left-right Markov* seperti pada Gambar 2.19(b).



Gambar 2.19 Model Markov (a) *Ergodic* (b) *Left-right*

Hidden Markov Model (HMM) memiliki 3 (tiga) parameter utama yang harus dicari nilainya terlebih dahulu. Ketiga parameter tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Parameter A** disebut sebagai probabilitas transisi, merupakan probabilitas kedudukan suatu *state* terhadap semua *state* yang ada, termasuk kedudukan terhadap *state* itu sendiri. Penggunaan probabilitas transisi dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2. 20 matriks transisi [6]

Parameter A pada *Hidden Markov Model* (HMM) dinyatakan dalam sebuah matriks dengan ukuran $M \times M$ dimana M adalah jumlah *state* yang ada. Pada gambar terdiri dari 5 (lima) *state* sehingga setiap *state* memiliki 5 (lima) hubungan transisi, maka parameter A dapat dituliskan dalam bentuk matriks seperti pada persamaan berikut :

$$A = a_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix}$$

2. **Parameter B** disebut sebagai probabilitas *state*, merupakan probabilitas kemunculan suatu *state* dalam deretan seluruh *state* yang ada. Parameter B dalam *Hidden Markov Model* (HMM) dituliskan dalam bentuk matriks kolom dengan ukuran $M \times 1$ dimana M merupakan jumlah seluruh *state* yang ada. Misalnya terdapat n buah *state* dalam suatu kondisi, maka matriks B yang terbentuk ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix}$$

3. **Parameter π** disebut sebagai probabilitas awal, yaitu probabilitas kemunculan suatu *state* di awal. Sama halnya dengan parameter B, parameter π juga dituliskan dalam bentuk matriks kolom dengan ukuran $M \times 1$ dimana M adalah jumlah *state*-nya. maka parameter π yang dihasilkan akan ditunjukkan seperti pada persamaan berikut :

$$\pi = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ c_n \end{bmatrix}$$

Elemen π , A, dan B merupakan parameter-parameter markov dalam *Hidden Markov Model* (HMM) yang tidak diketahui atau tersembunyi (*hidden*). Ketiga parameter tersebut digabungkan menjadi sebuah parameter *Hidden Markov Model* (HMM) dan dapat dituliskan dalam bentuk $\lambda = (A, B, \pi)$.

Dari kesemua parameter yang ada maka bisa diperoleh suatu probabilitas *observasi*(O). Fungsi untuk probabilitas O ditunjukkan oleh persamaan 2.11

$$P(O) = \sum_{i=1}^N P(A_{ij}) * P(B_i) \quad (2.25)$$

Jika diberikan suatu model $P(O|\lambda)$ dengan probabilitas urutan observasi $O = O_1, O_2, \dots, O_T$, maka untuk mengetahui nilai probabilitas observasinya diperlukan suatu urutan *state* yang tetap, misalkan

$$Q = q_1 q_2 \dots q_T \quad (2.26)$$

di mana q_1 adalah *initial-state*. Maka probabilitas urutan observasi O untuk urutan *state* persamaan (2.13) adalah

$$P(O|Q, \lambda) = \prod_{t=1}^T P(Q_t|q_t, \lambda) \quad (2.27)$$

Sehingga diperoleh

$$P(O|Q, \lambda) = b_{q_1}(O_1) \cdot b_{q_2}(O_2) \dots b_{q_T}(O_T) \quad (2.28)$$

Probabilitas dari urutan *state* Q maka dapat ditulis sebagai berikut

$$P(Q|\lambda) = \pi_{q_1} a_{q_1 q_2} a_{q_2 q_3} \dots a_{q_{T-1} q_T} \quad (2.29)$$

Probabilitas gabungan O dan Q yang merupakan probabilitas saat O dan Q muncul bersamaan adalah hasil perkalian dari keduanya atau dapat ditulis sebagai berikut :

$$P(O, Q|\lambda) = P(O|Q, \lambda) P(Q, \lambda) \quad (2.30)$$

Probabilitas observasi O diperoleh dengan menjumlahkan probabilitas gabungan dari semua kemungkinan urutan *state* q , yaitu :

$$P(O|\lambda) = \sum_{q \in Q} P(O|Q, \lambda) P(Q|\lambda) \quad (2.31)$$

atau dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$P(O|\lambda) = \sum_{q_1, q_2, \dots, q_T} \pi_{q_1} b_{q_1}(O_1) a_{q_1 q_2} b_{q_2}(O_2) \dots a_{q_{T-1} q_T} b_{q_T}(O_T) \quad (2.32)$$

Log of Probability

$$(\text{LoP}) = \text{Log } P(O|\lambda) \quad (2.33)$$

Jika terdapat keadaan dengan :

State 1 : waveform segment 1 (W_1)

State 2 : waveform segment 2 (W_2)s

State 3 : waveform segment 3 (W_3)

State 4 : waveform segment 4 (W_4)

State 5 : waveform segment 5 (W_5)

Maka, probabilitas dari observasi *Hidden Markov Model* (HMM) :

$$\text{Data 1} \rightarrow (w_1, w_2, w_2, w_1, w_1) = c_1 * a_{12} * b_2 * a_{22} * b_2 * a_{21} * b_1 * a_{11} * b_1$$

$$\text{Data 2} \rightarrow (w_1, w_2, w_1, w_3, w_1) = c_1 * a_{12} * b_2 * a_{21} * b_1 * a_{13} * b_3 * a_{31} * b_1$$

$$\text{Data} \rightarrow (w_4, w_5, w_4, w_5, w_4) = c_4 * a_{45} * b_5 * a_{54} * b_4 * a_{45} * b_5 * a_{54} * b_4$$

proses yang terjadi adalah :

1. Gelombang yang telah terbagi menjadi gelombang-gelombang kecil pada *frame blocking* akan dikenali melalui *codebook* yang dimiliki. Pada proses pencocokan dengan *codebook* akan dihitung jarak dari tiap gelombang dengan *centroid-centroid*. Jarak terdekat akan menentukan urutan kode observasi.
2. Gelombang yang telah dikenali berdasarkan *codebook* akan membentuk suatu *state*. Dari *state* ini akan dicari nilai masing-masing parameter *Hidden Markov Model* (HMM) -nya, yang perhitungannya dicocokkan dengan nilai pada parameter *Hidden Markov Model* (HMM) *database*.

Dari contoh di atas, dapat diketahui bahwa data 1 terbentuk dari gelombang w_1 , gelombang w_2 , gelombang w_2 , gelombang w_1 , dan gelombang w_1 . Tiap data dibentuk oleh susunan gelombang yang berbeda-beda. Susunan-susunan gelombang tersebut memiliki probabilitas transisi yang bergantung terhadap perubahan gelombangnya[6].

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

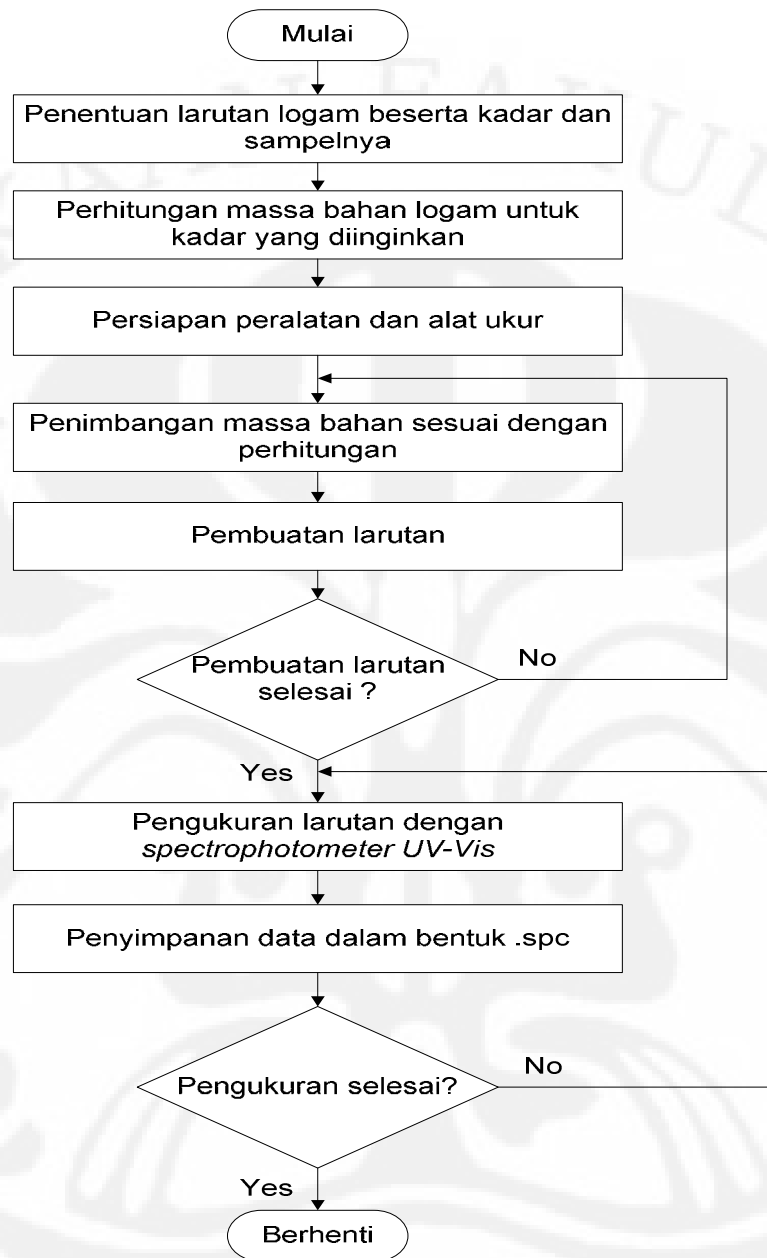
Pada penelitian ini, dilakukan beberapa tahapan, yaitu pengambilan data untuk keperluan database, proses pembuatan database HMM berdasarkan sampel data dari proses sebelumnya, dan proses identifikasi dengan metode HMM.

3.1 Proses Pengambilan Data

Tahap awal dalam merancang program pendeteksi kadar logam pada air adalah pengambilan data. Proses pengambilan data ini dilakukan untuk menghasilkan sejumlah data yang digunakan untuk database program. Dalam proses ini dibuat larutan logam dengan kadar yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian masing-masing larutan logam dengan kadar yang berbeda-beda dicampur dengan larutan lain yang banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Larutan-larutan tersebut nantinya akan diukur dengan menggunakan *spectrophotometer UV-Vis*. Dalam penelitian ini digunakan :

- a. Instrument : Spectrophotometer UV-VIS 2450
- b. Software : Uv-Probe 2.1
- c. Sistem Operasi : *Windows XP Professional*
- d. *Processor* : Pentium 2,0 GHz
- e. Tempat : Laboratorium Afiliasi, Departemen Kimia FMIPA Universitas
Indonesia (UI), Depok
- f. Waktu : Maret – April 2010
- g. Pembimbing Lab : Aryagung, ST
- h. Penanggung Jawab: Drs.Sunardi, Msi

Proses pengambilan data secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.1 yang merupakan diagram alir dari proses ini.



Gambar 3.1 Diagram alir proses pengambilan data

Proses pengambilan data untuk keperluan database ini dilakukan dengan membuat larutan dengan kadar logam yang berbeda-beda dan Pembuatan larutan untuk unsur logam berasal dari senyawa campuran.

3.2 Pembuatan larutan

Larutan yang dibuat terlebih dahulu adalah larutan logam dengan kadar yang berbeda. logam yang digunakan dalam proses ini adalah cobalt, kromium, dan tembaga . Bahan senyawa cobalt, kromium, dan tembaga secara terpisah dilarutkan ke dalam air aquadest. Untuk mendapatkan nilai kadar yang diinginkan, bahan – bahan yang dibutuhkan dihitung terlebih dahulu kemudian dilakukan penimbangan bahan tersebut sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

3.2.1 Larutan Tembaga

Pembuatan larutan Cu mengambil bahan dari senyawa CuSO_4 karena pada Laboratorium Afiliasi hanya tidak terdapat bahan tembaga murni. Dengan demikian dibutuhkan perhitungan dengan factor koreksi untuk mengetahui perbandingan kadar Cu pada bahan senyawa tersebut. Berikut ini adalah perhitungan awal yang dilakukan untuk mendapatkan factor koreksi (fk) tembaga :

Diketahui : Mr (Molekul relatif) CuSO_4 = 159,61 gr/mol
 Ar (Atom relatif) Cu = 63,55 gr/mol

Maka, faktor koreksi (fk) dari Cu adalah :

$$fk \text{ Cu} = \frac{Mr \text{ CuSO}_4}{Mr \text{ Cu}} = \frac{159,61 \text{ gr/mol}}{63,55 \text{ gr/mol}} = 2,5116$$

Dari nilai faktor koreksi di atas, perhitungan untuk mengetahui massa bahan CuSO_4 yang digunakan untuk mendapatkan kadar Tembaga 1%,2%, 3%,4%,dan 5% dalam aquadest 100 ml adalah sebagai berikut :

1. Kadar Tembaga 0,1%

$$\text{Cu } 0,1\% = 2,5116 \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 0,2511 \text{ gr}$$

2. Kadar Tembaga 0,2%

$$\text{Cu } 0,2\% = 2,5116 \times 2000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 0,5025 \text{ gr}$$

3. Kadar Tembaga 0,3%

$$\text{Cu } 0,3\% = 2,5116 \times 3000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 0,7543 \text{ gr}$$

4. Kadar Tembaga 0,4%

$$\text{Cu } 0,4\% = 2,5116 \times 4000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 1,0046 \text{ gr}$$

5. Kadar Tembaga 0,5%

$$\text{Cu } 0,5\% = 2,5116 \times 5000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 1,2557 \text{ gr}$$

Dengan: 2,5116 = Faktor koreksi Cu
 10000-50000 mg/L = Kadar Cu dalam ppm (part per million)
 0,1 L = Banyaknya larutan yang diinginkan

3.2.2 Larutan Kromium

Pembuatan larutan Cr mengambil bahan dari senyawa CrO_3 karena pada Laboratorium Afiliasi hanya tidak terdapat bahan Kromium murni. Dengan demikian dibutuhkan perhitungan dengan factor koreksi untuk mengetahui perbandingan kadar Cr pada bahan senyawa tersebut. Berikut ini adalah perhitungan awal yang dilakukan untuk mendapatkan factor koreksi (*fk*) Kromium :

Diketahui : Mr (Molekul relatif) CrO_3 = 99,999 gr/mol
 Ar (Atom relatif) Cr = 52 gr/mol

Maka, faktor koreksi (*fk*) dari Cr adalah :

$$\begin{aligned} \text{fk Cr} &= \frac{\text{Mr } \text{CrO}_3}{\text{Mr Cr}} \\ &= \frac{99,999 \text{ gr/mol}}{52 \text{ gr/mol}} = 1,9229 \end{aligned}$$

Dari nilai faktor koreksi di atas, perhitungan untuk mengetahui massa bahan CrO_3 yang digunakan untuk mendapatkan kadar kromium 1%,2%, 3%,4%,dan 5% dalam aquadest 100 ml adalah sebagai berikut :

1. Kadar Kromium 0,001%

$$Cr\ 1\% = 1,9229 \times 10 \frac{mg}{L} \times 0,1\ L = 0,0019\ gr$$

2. Kadar Kromium 0,002%

$$Cr\ 2\% = 1,9229 \times 20 \frac{mg}{L} \times 0,1\ L = 0,0038\ gr$$

3. Kadar Kromium 0,003%

$$Cr\ 3\% = 1,9229 \times 30 \frac{mg}{L} \times 0,1\ L = 0,0057\ gr$$

4. Kadar Kromium 0,004%

$$Cr\ 4\% = 1,9229 \times 40 \frac{mg}{L} \times 0,1\ L = 0,0076\ gr$$

5. Kadar Cobalt 0,005%

$$Cu\ 5\% = 2,5116 \times 50 \frac{mg}{L} \times 0,1\ L = 0,0096\ gr$$

Dengan: 2,5116 = Faktor koreksi Cr
 10000-50000 mg/L = Kadar Cr dalam ppm (part per million)
 0,1 L = Banyaknya larutan yang diinginkan

3.2.3 Larutan Cobalt

Pembuatan larutan Co mengambil bahan dari senyawa $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ karena pada Laboratorium Afiliasi hanya tidak terdapat bahan cobalt murni. Dengan demikian dibutuhkan perhitungan dengan factor koreksi untuk mengetahui perbandingan kadar Co pada bahan senyawa tersebut. Berikut ini adalah perhitungan awal yang dilakukan untuk mendapatkan factor koreksi (fk) cobalt :

Diketahui : Mr (Molekul relatif) $CoCl_2 \cdot 6H_2O = 237,93\ gr/mol$
 Ar (Atom relatif) Co = 58,93 gr/mol

Maka, faktor koreksi (fk) dari Co adalah :

$$fk\ Co = \frac{Mr\ CoCl_2 \cdot 6H_2O}{Mr\ Co} = \frac{237,93\ gr/mol}{58,93\ gr/mol} = 4,09375$$

Dari nilai faktor koreksi di atas, perhitungan untuk mengetahui massa bahan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan untuk mendapatkan kadar cobalt 1%, 2%, 3%, dalam aquadest 100 ml adalah sebagai berikut :

1. Kadar Cobalt 1%

$$\text{Co 1\%} = 4,09375 \times 10000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 4,09375 \text{ gr}$$

2. Kadar Cobalt 2%

$$\text{Co 2\%} = 4,09375 \times 20000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 8,1875 \text{ gr}$$

3. Kadar Cobalt 3%

$$\text{Co 3\%} = 4,09375 \times 30000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,1 \text{ L} = 12,28125 \text{ gr}$$

Dengan: 4,09375 = Faktor koreksi Co
 10000-50000 mg/L = Kadar Co dalam ppm (part per million)
 0,1 L = Banyaknya larutan yang diinginkan

3.3 Penimbangan dan Pembuatan Larutan

Setelah dilakukan perhitungan, massa bahan senyawa logam didapatkan nilai dari bahan yang akan di ukur seperti pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Massa bahan logam yang digunakan berdasarkan hasil perhitungan

Logam	Kadar logam	Massa bahan (gr)	Larutan aquadest (ml)
Tembaga	0,1 %	0,2511	100
	0,2 %	0,5025	100
	0,3 %	0,7543	100
	0,4 %	1,0046	100
	0,5 %	1,2557	100
Kromium	0,001 %	0,0019	100
	0,002 %	0,0038	100
	0,003 %	0,0057	100
	0,004 %	0,0076	100
	0,005 %	0,0096	100
Cobalt	1 %	4,09375	100
	2 %	8,075	100
	3 %	12,125	100

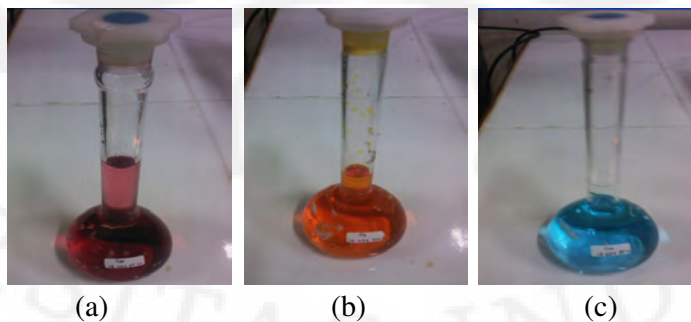
Kemudian akan ditimbang menggunakan timbangan kedap udara *Sartorius Extend* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Alat ukur ini sangat sensitive di mana dalam proses penimbangannya kaca harus tertutup rapat agar tidak ada udara yang masuk yang dapat mempengaruhi hasil penimbangan. Kemudian bahan logam tersebut dilarutkan dengan *aquadest* 100 ml dengan menggunakan tabung ukur labu agar didapatkan hasil pengukuran yang presisi. Gambar 3.4 menunjukkan tabung labu yang digunakan dalam proses pelarutan.



Gambar 3.2 Timbangan Digital Sartorius Extend



Gambar 3.3. Proses *Zero* Timbangan Digital Sartorius Extend



Gambar 3.4. Hasil Pencampuran Bahan Logam dengan Aquades yang Menghasilkan Larutan (a). Kobalt, (b). Kromium, (c). Tembaga

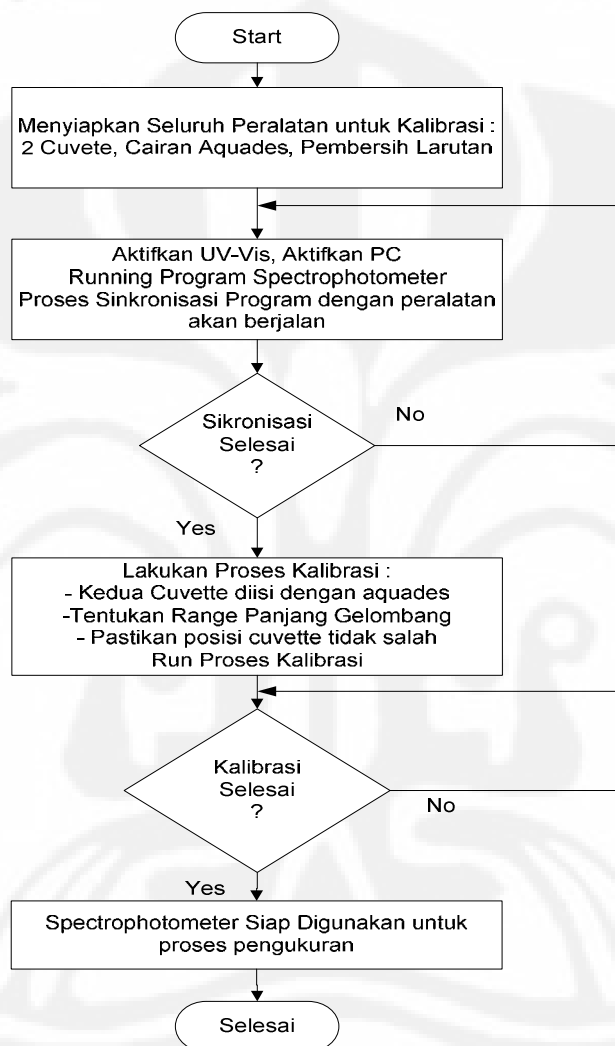
Larutan logam murni yang dibuat akan dicampur dengan 2 jenis air yang berbeda, yaitu air tanah, air danau, dengan rincian pencampuran sebagai berikut :

1. Larutan Tembaga 0,1% + air tanah
2. Larutan Tembaga 0,2% + air tanah
3. Larutan Tembaga 0,3% + air tanah
4. Larutan Tembaga 0,4% + air tanah
5. Larutan Tembaga 0,5% + air tanah
6. Larutan Tembaga 0,1% + air danau
7. Larutan Tembaga 0,2% + air danau
8. Larutan Tembaga 0,3% + air danau
9. Larutan Tembaga 0,4% + air danau
10. Larutan Tembaga 0,5% + air danau
11. Larutan Kromium 0,001% + air tanah
12. Larutan Kromium 0,002% + air tanah
13. Larutan Kromium 0,003% + air tanah
14. Larutan Kromium 0,004% + air tanah
15. Larutan Kromium 0,005% + air tanah
16. Larutan Kromium 0,001% + air danau
17. Larutan Kromium 0,002% + air danau
18. Larutan Kromium 0,003% + air danau
19. Larutan Kromium 0,004% + air danau
20. Larutan Kromium 0,005% + air danau
21. Larutan Cobalt 1% + air tanah
22. Larutan Cobalt 2% + air tanah
23. Larutan Cobalt 3% + air tanah
24. Larutan Cobalt 1% + air danau
25. Larutan Cobalt 2% + air danau
26. Larutan Cobalt 3% + air danau

Larutan logam yang dicampur dengan air tanah dan air danau karena kontaminasi logam biasanya umumnya terjadi pada sumber air yang dikonsumsi oleh makhluk hidup disekitarnya. Pencemaran air karena logam umumnya terjadi akibat limbah industri.

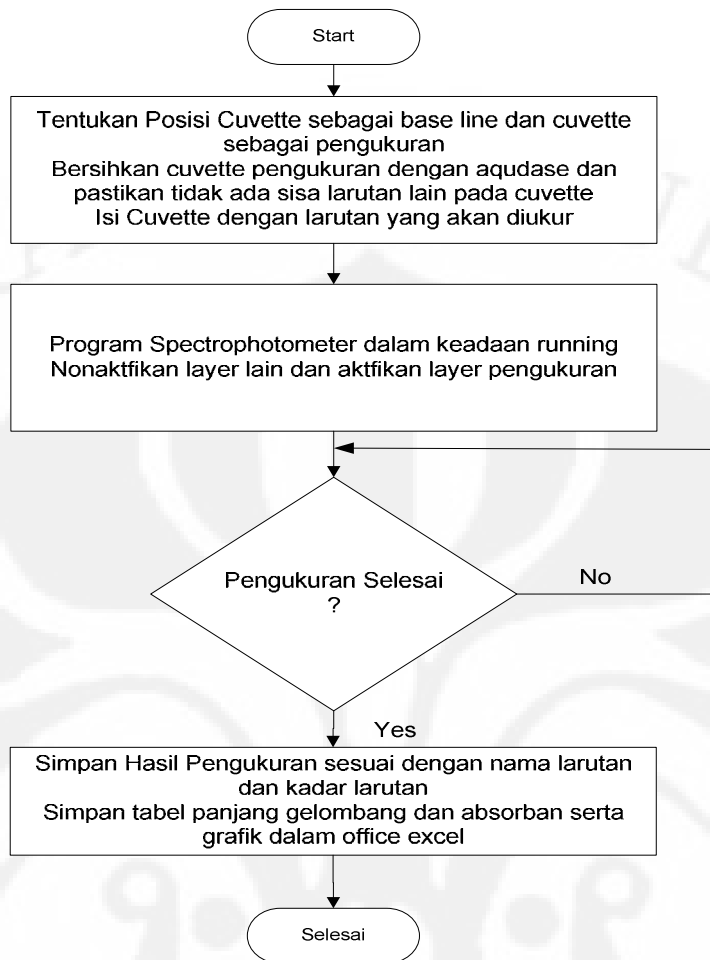
3.4 Pengukuran Larutan

Setelah dilakukan proses pembuatan sampel untuk masing – masing unsur, proses selanjutnya adalah proses pengukuran dengan *spectrophotometer UV-Vis 2450 Shimadzu* Pada Gambar 3.5 ditunjukkan diagram alir untuk proses kalibrasi dan sikronisasi.



Gambar 3.5. Diagram Alir Proses Sikronisasi dan Kalibrasi *Spectrophotometer*

Gambar 3.6 menunjukkan diagram alir untuk proses pengukuran sample *spectrophotometer*.



Gambar 3.6. Diagram Alir Proses Pengukuran dengan *Spectrophotometer*

Sesuai dengan flowchart, setelah proses sikronisasi dan kalibrasi selesai maka proses selanjutnya adalah proses pengukuran, pengukuran menggunakan *spectrophotometer UV-Vis 2450 Shimadzu* yang terhubung langsung dengan komputer *desktop* yang dapat menampilkan data hasil pengukuran menggunakan *software UV-Probe 2.1* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 yang menunjukkan perangkat pengukuran



Gambar 3.7 *Spectrophotometer UV-Vis 2450 Shimadzu*

Pengukuran ini meliputi pengukuran *absorbant* dan panjang gelombang dari masing-masing larutan. Data yang diperoleh dari *spectrophotometer UV-Vis* ini masih merupakan data primer dalam format file “.spc”, yang kemudian disalin ke dalam bentuk excel dan disimpan dengan format file “.xls”. Penyalinan data ini dilakukan untuk memudahkan pembacaan data oleh MATLAB yang merupakan *software* yang digunakan untuk membuat program pendeteksi kadar logam dari air dengan metode *Hidden Markov Model*.

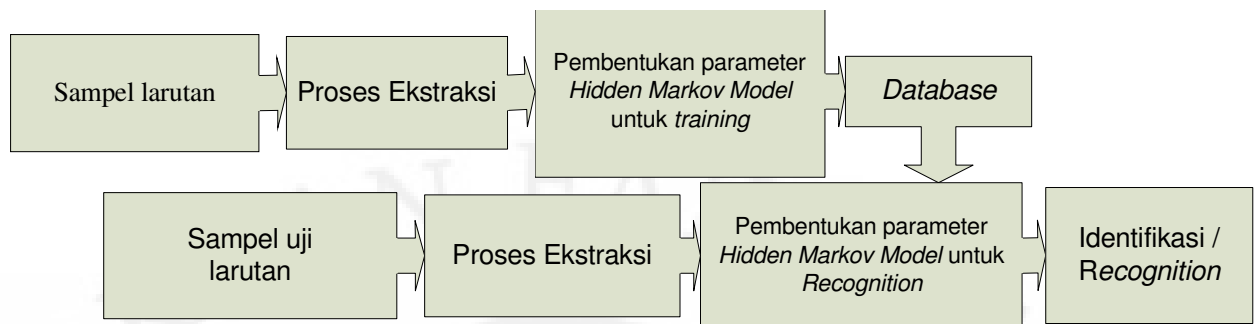
Pengukuran untuk satu sampel larutan dilakukan sebanyak 10 kali. Hal ini untuk keperluan database dan data uji coba program yang dibuat berdasarkan database yang digunakan. Gambar 3.6 merupakan diagram alir proses pengukuran dengan *spectrophotometer UV-Vis*.

Seperti yang ditunjukkan pada diagram alir pengukuran, setelah tahap sinkronisasi, dilakukan tahap kalibrasi, di mana pada tahap ini dilakukan baseline untuk menentukan range panjang gelombang yang diinginkan untuk pengukuran. Pada tahap ini, range panjang gelombang diatur adalah 200 – 800 nm. Panjang gelombang sekitar 200 – 380 nm merupakan panjang gelombang untuk daerah ultra-violet dan panjang gelombang untuk daerah visible atau sinar tampak sekitar 380 – 780 nm.

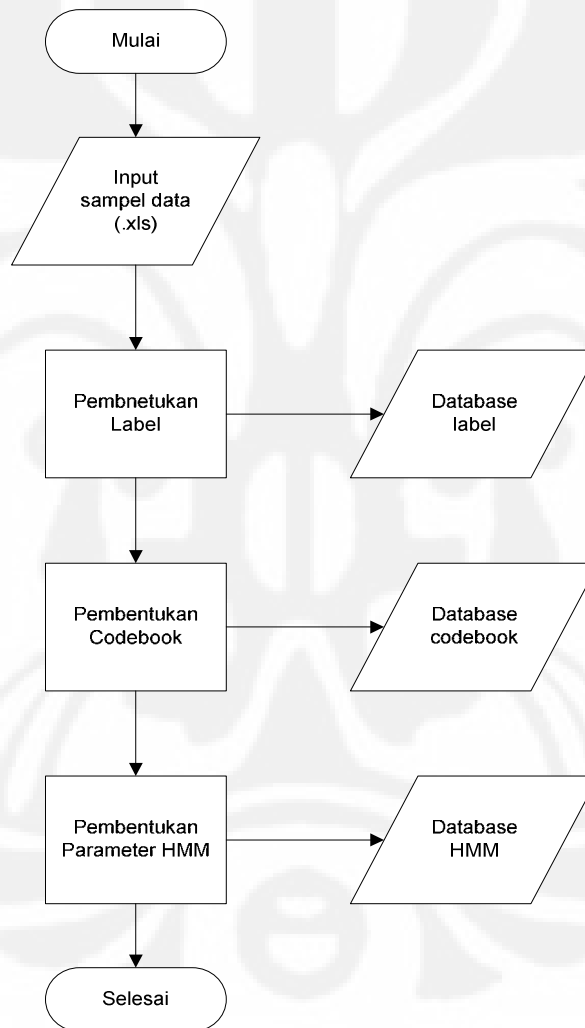
Setelah kalibrasi selesai, maka tahap selanjutnya adalah proses pengukuran. Dalam proses pengukuran ini tiap sampel larutan akan diukur sebanyak 10 kali dan hasilnya disimpan dalam bentuk format “.spc”.

3.5 Proses Pembuatan Database

Tahap awal dari proses identifikasi kadar logam pada air adalah dengan pembentukan *database*. *Database* ini digunakan sebagai basis pembandingan pada saat mengidentifikasikan kadar logam pada air. *Database* tersebut berasal dari data yang merupakan proses akhir dari proses pengambilan data. Proses pembuatan *database* ini nantinya akan menghasilkan *database* untuk data *codebook* dan data HMM yang digunakan untuk proses identifikasi. Diagram alir proses pembentukan *database* ditunjukkan pada Gambar 3.9.



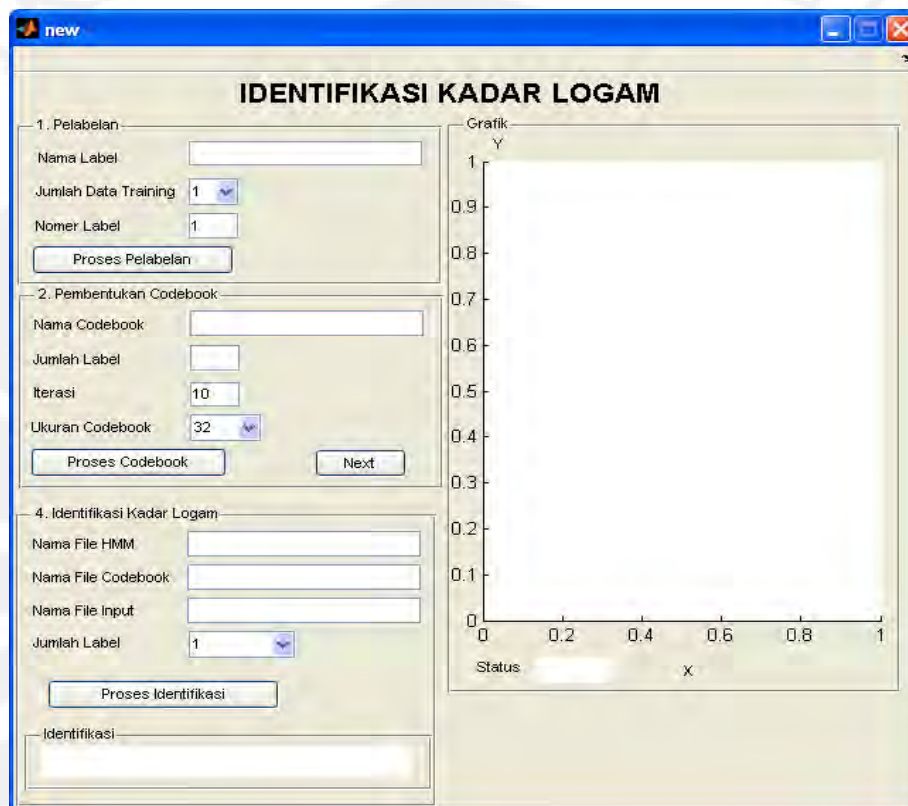
Gambar 3.8 Diagram Blok Pembuatan Data Base



Gambar 3.9 Diagram alir proses pembentukan *database*

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.9, input untuk proses pembuatan *database* adalah data hasil pengambilan data yang merupakan sampel data dalam format file “.xls”. Hasil akhir dari pengukuran dengan *spectrophotometer UV-Vis* adalah file dalam format “.spc” yang kemudian disalin secara manual ke dalam Microsoft Excel menjadi data dengan

format “.xls”. Dari sampel data ini, akan dilakukan proses pelabelan, pembentukan *codebook*, dan pembentukan parameter HMM yang masing-masing tahapnya menghasilkan *database*. Ketiga proses tersebut secara berurutan saling mempengaruhi, di mana untuk pembentukan *codebook* membutuhkan *database* dari hasil pelabelan dan pembentukan parameter HMM membutuhkan *database codebook* yang merupakan hasil dari proses pembentukan *codebook*.



Gambar 3.10 Tampilan program pembentukan *database*

3.5.1 Pelabelan

Pada proses ini dilakukan pembuatan label untuk masing-masing jenis larutan yang memiliki kadar logam berbeda-beda. Setiap sampel larutan dengan jenis larutan dan kadar yang sama akan dikelompokkan dalam satu label, sehingga setiap label akan mewakili satu jenis sampel larutan. Berikut ini adalah algoritma tahap pelabelan :

Mulai

Untuk $i = 1$ sampai banyaknya larutan

Masukkan jenis larutan;

Masukkan jumlah data training;

Baca file sampel (“.xls”);

Nama label [i] = nama larutan;

Selesai

Berdasarkan algoritma di atas, banyaknya jenis sampel larutan dalam proses pelabelan dideklarasikan dalam i yang nantinya akan menjadi index dalam penamaan label nanti. Sedangkan jumlah data training adalah banyaknya sampel dari satu larutan yang dijadikan database dalam pelabelan. Semakin banyak sampel data yang digunakan, semakin akurat pengidentifikasian kadar logam pada proses identifikasi nanti. Gambar 3.11 menunjukkan tampilan program untuk tahap pelabelan.

Gambar 3.11 Tampilan program tahap pelabelan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11, pada tahap ini terdapat tiga input data yang harus diisi terlebih dahulu, yaitu :

1. *Nama label* diisi dengan nama file sampel larutan yang akan diproses.
2. *Jumlah data training* diisi dengan banyaknya sampel yang diinginkan untuk diproses pada tahap pelabelan.
3. *Nomer label* diisi dengan angka untuk penomoran label yang akan dibuat.

Keluaran dari tahap pelabelan ini adalah kumpulan matriks-matriks kolom dari tiap sampel larutan hasil pengukuran dengan jumlah kolom sebanyak jumlah data training. Matriks-matriks ini akan disimpan dalam sebuah file dengan format “.mat” dan diberi nama “Label+Nomer Label” di dalam folder yang sama dengan program.

Pada proses pelabelan didalam program isinya berupa matrik $M \times N$. Nilai matrik M adalah jumlah baris dari *database* yang menunjukkan nilai data absorbansi dari hasil pengukuran dengan *spectrophotometer UV-Vis* dengan nilai panjang gelombang 200 – 800 nm.

Sedangkan nilai matrik N adalah jumlah kolom yang menunjukkan banyaknya jumlah data training yang digunakan sebagai *database* pelabelan, yaitu sebanyak lima data training.

3.5.2 Pembentukan Codebook

Proses pembuatan *database* selanjutnya adalah pembentukan *codebook*. Pada tahap ini dilakukan proses penggabungan dari semua label hasil proses sebelumnya ke dalam sebuah *file codebook* dengan format “.mat”. Proses ini dimulai dengan ekstraksi sampel-sampel larutan seperti *frame blocking* dan *windowing*, yang kemudian akan menghasilkan titik-titik vektor melalui proses FFT. Titik-titik ini kemudian dipetakan pada suatu grafik dengan teknik kuantisasi vektor (VQ) seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Gambar 3.12 menunjukkan tampilan program untuk tahap pembentukan *codebook*. Sedangkan algoritma pada tahap pembentukan codebook adalah sebagai berikut :

Mulai

definisikan besar vektor
 untuk $i = 1$ sampai jumlah sample
 ekstraksi sampel [i];
 hitung FFT untuk setiap sample [i];
 sample point [i] = nilai FFT;
 kembali
 definisikan ukuran codebook dan iterasi;
 untuk $j = 1$ sampai jumlah cluster
 hitung centroid sebanyak iterasi;
 simpan centroid [j] berdasarkan urutan labelnya;

Selesai

Gambar 3.12 Tampilan program tahap pembentukan codebook

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12, pada tahap ini terdapat empat input data yang harus diisi terlebih dahulu, yaitu :

1. *Nama codebook* yang diisi dengan nama file yang diinginkan yang nantinya akan tersimpan dalam format “.mat”.
2. *Jumlah label* yang diisi sesuai dengan jumlah label yang telah dibuat sebelumnya pada proses pelabelan.
3. *Iterasi* merupakan banyaknya proses pengulangan yang dilakukan dalam menentukan *centroid* agar mendapatkan *centroid* yang cukup presisi. Semakin besar jumlah iterasinya, maka akan semakin presisi letak *centroid* yang didapatkan, namun dengan mengambil iterasi yang sangat tinggi proses pembuatan *codebook* akan berjalan sangat lambat, oleh karena itu iterasi yang dilakukan juga tidak perlu terlalu besar. Dalam skripsi ini ditentukan *default* untuk besarnya iterasi adalah 10 dengan harapan letak *centroid* yang diperoleh cukup presisi dan waktu proses lebih cepat.
4. *Ukuran codebook* merupakan ukuran *codebook* yang akan digunakan. Pada program ini tersedia ukuran *codebook* 32, 64 dan 128, 256, 512, dan 1024.

Setelah memasukkan data yang diperlukan dan program dieksekusi, maka akan dihasilkan keluaran file matriks dalam format “.mat”. file matriks ini terdiri dari dua macam, yaitu matriks kode (*matrix codes*) dan matriks nama (*matrix names*). Matriks kode berisi nilai-nilai (posisi) *codeword* untuk masing-masing label dan matriks nama berisi nama-nama larutan untuk setiap label. Selain itu dihasilkan juga grafik *codebook* yang menampilkan pemetaan titik-titik vektor untuk semua sampel yang telah terdaftar pada proses pelabelan dan posisi *codeword* yang dicari. Gambar 3.13 menunjukkan database dari data matrik hasil dari proses pembentukan *codebook*. Sedangkan Gambar 3.14 adalah contoh dari grafik pemetaan *codebook*.

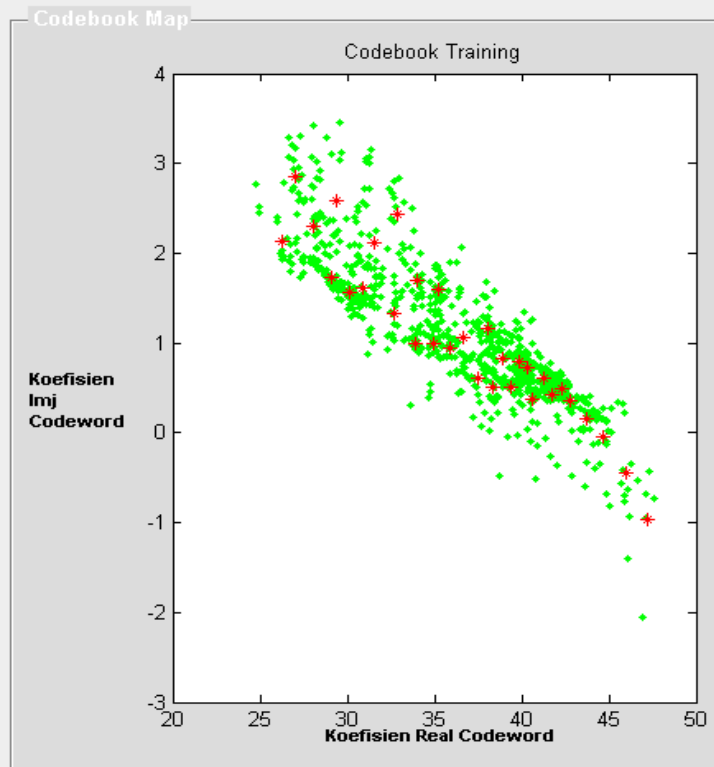
Variables in C:\Users\hendra\Documents\data hendra\CB_64.mat

Import	Name	Size	Bytes	Class
<input checked="" type="checkbox"/>	Code	64x8	4096	double
<input checked="" type="checkbox"/>	names	40x1	3650	cell

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	22.7635	3.1530	2.2200	1.6043	1.6051	2.0692	1.9749	1.9831
2	37.3810	0.7332	0.5666	0.6228	0.9755	1.2692	1.4010	1.4826
3	31.8415	1.0398	1.0549	1.1002	1.4352	1.6860	1.8249	1.8763
4	42.0422	-0.1001	0.2261	0.3195	0.7416	1.0169	1.1604	1.2293
5	27.7087	2.2529	1.7644	1.2792	1.4482	1.6900	1.7941	1.8339
6	39.7241	0.5737	0.3607	0.4211	0.7939	1.0944	1.2391	1.3103
7	34.6411	1.1654	0.9512	0.8350	1.1030	1.3952	1.4750	1.5092
8	44.3428	0.1281	-0.2489	-0.2098	0.2163	0.6129	0.7205	0.8087
9	23.8493	3.1102	2.1587	1.6339	1.5455	1.7497	1.9752	1.8043
10	38.4496	0.6690	0.4791	0.5319	0.8799	1.1872	1.3294	1.3974
11	33.1813	1.4156	1.1462	0.9392	1.2496	1.4067	1.4865	1.5313
12	43.2889	0.2029	0.0962	0.1670	0.5142	0.8426	0.9913	1.0827
13	29.9890	1.8859	1.4892	1.2641	1.4372	1.5567	1.5681	1.6087
14	40.8563	0.4901	0.3051	0.3549	0.6951	0.9960	1.1276	1.2060
15	35.7713	0.9590	0.7216	0.7389	1.0966	1.3544	1.4705	1.5466
16	45.6521	-0.1292	-0.3916	-0.1438	0.2802	0.5891	0.7881	0.8418
17	23.4083	3.1167	2.2227	1.4082	1.5181	2.0321	2.0464	1.9031
18	37.8901	0.9425	0.6215	0.5751	0.8554	1.1300	1.2603	1.3402
19	32.2512	-2.0812	1.2630	0.8473	1.1571	1.3391	1.4072	1.5591
20	42.6924	0.3626	0.1573	0.2078	0.5485	0.8524	0.9940	1.0627
21	29.3016	1.8648	1.4966	1.3809	1.5146	1.6333	1.6430	1.6321
22	40.2952	0.4727	0.3264	0.4080	0.7554	1.0587	1.1996	1.2634
23	35.4420	0.3870	0.9251	1.0170	1.1240	1.5549	1.5330	1.4760
24	44.9749	-0.0321	-0.2634	-0.2169	0.3386	0.6331	0.7701	0.9060
25	25.6714	-2.5276	2.1766	1.2297	1.7121	1.7229	1.8690	1.8530
26	39.1650	0.7239	0.4658	0.4808	0.8151	1.0909	1.2037	1.2745
27	33.6943	0.7393	0.9752	1.0926	1.2636	1.5673	1.6627	1.7044

Help < Back Next > Finish

Gambar 3.13 Matrik hasil proses pembentukan codebook



Gambar 3.14 Grafik pemetaan codebook

3.5.3 Pembentukan Parameter HMM

Tahap ini bertujuan untuk mencari parameter-parameter HMM yang dibutuhkan dalam proses identifikasi nantinya, yaitu $\lambda = (A, B, \pi)$. Untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut, dibutuhkan suatu masukan yang dikenal sebagai *state* dalam HMM. Keluaran dari proses pembuatan *codebook* yang berupa nilai-nilai (posisi) *centroid*, merupakan *state* bagi proses ini. *Centroid* ini akan membentuk suatu urutan yang mewakili urutan penggalan masing-masing sampel. Urutan *centroid* inilah yang dijadikan urutan *state* dalam pembentukan parameter HMM. Selanjutnya adalah melakukan proses pembelajaran HMM yaitu perhitungan *log of probability* (LoP) pada tiap-tiap label. Tampilan program untuk tahap pembentukan parameter HMM dapat dilihat pada Gambar 3.15. Sedangkan algoritma proses pembentukan parameter HMM adalah sebagai berikut:

Mulai

Untuk $i = 1$ sampai banyaknya label

hitung jumlah centroid;

state = jumlah centroid;

hitung nilai probabilitas transisi;

hitung nilai probabilitas kemunculan state;

hitung nilai probabilitas observasi;

kembali

hitung nilai Log of probability tiap-tiap label;

Simpan hasil dalam file format *.mat;

Selesai

The image shows a software dialog box titled "Input". It contains the following fields and controls:

- HMM File**: A text input field.
- Codebook File**: A text input field.
- Total Source**: A dropdown menu with the value "1" selected.
- Iteration**: A text input field.
- At the bottom, there are two buttons: "Proceed" and "Notes".

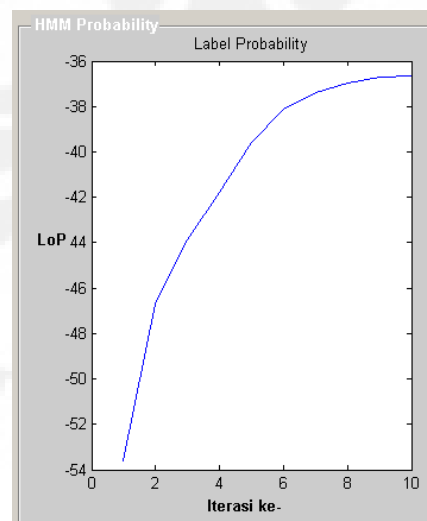
Gambar 3.15 Tampilan program tahap pembentukan parameter HMM

Variables in C:\Users\hendra\Documents\data hendra\7 training\hmm8_32.mat

Import	Name	Size	Bytes	Class	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<input checked="" type="checkbox"/>	B34	4x32	1024	double	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05
<input checked="" type="checkbox"/>	B35	4x32	1024	double	2.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05
<input checked="" type="checkbox"/>	B36	4x32	1024	double	3.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	0.1602	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05
<input checked="" type="checkbox"/>	B37	4x32	1024	double	4.0000e-05	1.0000e-05	1.0000e-05	0.0706	1.0000e-05	0.1040	1.0000e-05	0.2080	1.0000e-05	0.1040	1.0000e-05
<input checked="" type="checkbox"/>	B38	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B39	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B4	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B40	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B5	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B6	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B7	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B8	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	B9	4x32	1024	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	M	1x1	8	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	N	1x1	8	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	available	1x1	8	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p0	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p01	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p02	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p03	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p04	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p05	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p06	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p07	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p08	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p09	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p10	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p11	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p12	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p13	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p14	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p15	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	p16	4x1	32	double											
<input checked="" type="checkbox"/>	n17	4x1	32	double											

Gambar 3.16 Matrik hasil proses pembentukan HMM

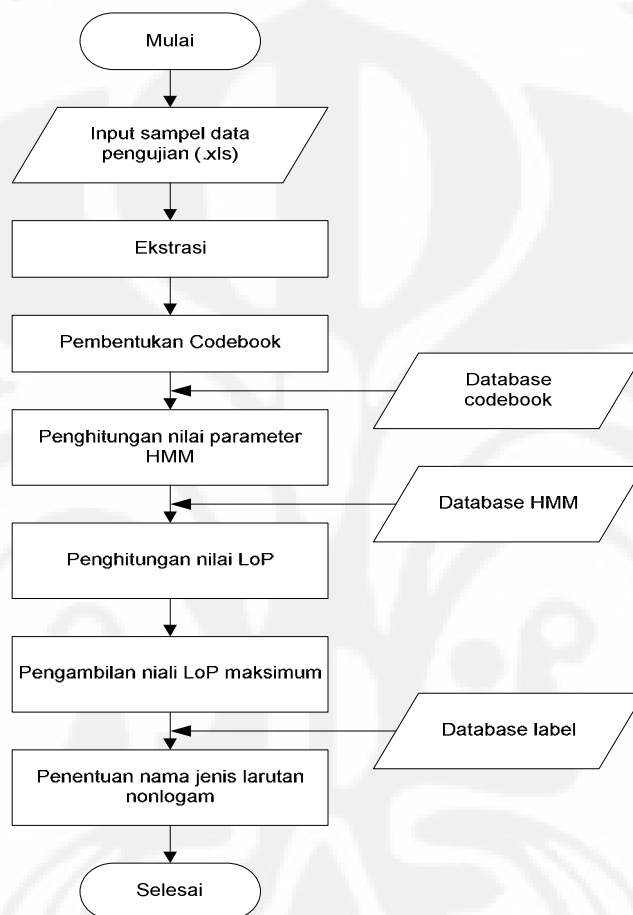
Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15, pada tahap ini hanya terdapat satu input yang harus diisi terlebih dahulu sebelum proses pembentukan parameter HMM dieksekusi, yaitu *Nama file HMM*. Data ini diisi sesuai dengan nama file HMM yang diinginkan yang nantinya akan menyimpan data dengan format “.mat” sesuai dengan penamaan yang telah dilakukan. Selain itu, setelah program dieksekusi akan dihasilkan keluaran berupa grafik yang menunjukkan nilai-nilai LoP untuk masing-masing label. Gambar 3.17 menunjukkan grafik LoP dari tahap pembentukan parameter HMM.



Gambar 3.17 Grafik label probability

3.6 Proses Identifikasi

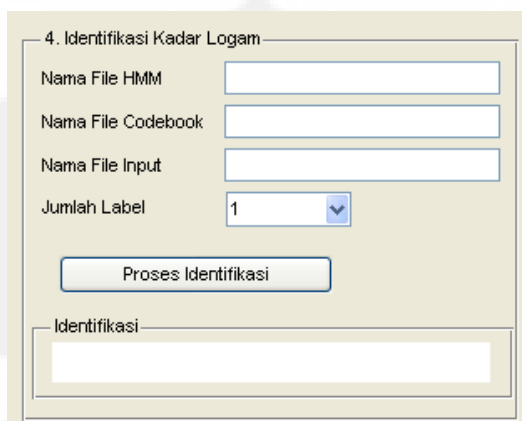
Setelah proses pembuatan database selesai dilakukan, proses identifikasi baru bisa dilakukan. Pada tahap ini, pengenalan jenis larutan logam dilakukan dengan merujuk dari database yang telah dibuat pada proses sebelumnya. Gambar 3.18 menunjukkan diagram alir dari proses identifikasi ini.



Gambar 3.18 Diagram alir proses identifikasi jenis larutan logam

Input dari program ini adalah sampel data pengujian berupa sampel jenis larutan logam dalam format “.xls” yang bukan termasuk dalam data training yang digunakan untuk pembentukan *database*. Data ini kemudian diekstraksi dan dikonversi ke bentuk vektor 2 dimensi dengan transformasi FFT. Vektor 2 dimensi yang merupakan hasil dari FFT tersebut akan membentuk nilai vektor real dan imajiner yang akan dipetakan dalam codebook dalam bentuk *sample points*. Selanjutnya beberapa *sample point* yang terdekat dikuantisasikan ke satu titik vektor yang dinamakan centroid. Letak dari centroid ini kemudian dicocokkan dengan letak centroid yang ada pada codeword dalam basis data untuk dicari nilai observasinya. Kemudian matriks dari nilai observasi yang didapat akan dicocokkan dengan

matriks-matriks dari parameter-parameter HMM dalam basis data. Berdasarkan nilai parameter-parameter HMM tersebut maka dihitung besar Log of Probability (LoP) untuk semua jenis larutan logam yang akan diidentifikasi. Gambar 3.19 menunjukkan tampilan program dari proses identifikasi kadar logam pada air.



4. Identifikasi Kadar Logam

Nama File HMM

Nama File Codebook

Nama File Input

Jumlah Label

Proses Identifikasi

Identifikasi

Gambar 3.19 Tampilan program tahap identifikasi

Pada tampilan proses pengenalan ini, terdapat tiga jenis masukan, yaitu :

1. *Nama File HMM* diisi dengan nama file HMM hasil dari proses sebelumnya.
2. *Nama File Codebook* diisi dengan nama file *codebook* hasil dari proses sebelumnya.
3. *Input File Excel* diisi dengan nama file sampel yang akan di ujicoba.

BAB IV

HASIL UJI COBA DAN ANALISIS

4.1 Hasil Uji Coba

Pada penelitian ini, uji coba dilakukan pada beberapa jenis air yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari – hari, uji coba data dilakukan pada proses identifikasi di mana pada proses ini dilakukan pengenalan kadar logam pada air sehingga dapat diketahui jenis larutan serta kadar logam yang terdapat pada larutan tersebut. Dalam uji coba ini, akan diuji 40 jenis larutan yang berbeda, di mana setiap jenis larutannya terdapat 4 data uji coba untuk mengetahui tingkat akurasi dari perangkat lunak yang telah dibuat, berikut jenis larutan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Nama file uji coba

No	Nama Larutan	Nama File Uji Coba
1	Air Danau + CO 1000ppm	airdanau(co)_1000ppm7-airdanau(co)_1000ppm10
2	Air Danau + CO 2000ppm	airdanau(co)_2000ppm7-airdanau(co)_2000ppm10
3	Air Danau + CO 3000ppm	airdanau(co)_3000ppm7-airdanau(co)_3000ppm10
4	Air Danau + Cr 10ppm	airdanau(cr)_10ppm7-airdanau(cr)_10ppm10
5	Air Danau + Cr 20ppm	airdanau(cr)_20ppm7-airdanau(cr)_20ppm10
6	Air Danau + Cr 30ppm	airdanau(cr)_30ppm7-airdanau(cr)_30ppm10
7	Air Danau + Cr 40ppm	airdanau(cr)_40ppm7-airdanau(cr)_40ppm10
8	Air Danau + Cr 50ppm	airdanau(cr)_50ppm7-airdanau(cr)_50ppm10
9	Air Danau + Cu 1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm7-airdanau(cu)_1000ppm10
10	Air Danau + Cu 2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm7-airdanau(cu)_2000ppm10
11	Air Danau + Cu 3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm7-airdanau(cu)_3000ppm10
12	Air Danau + Cu 4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm7-airdanau(cu)_4000ppm10
13	Air Danau + Cu 5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm7-airdanau(cu)_5000ppm10
14	Air Tanah + CO 1000ppm	airtanah(co)_1000ppm7-airtanah(co)_1000ppm10
15	Air Tanah + CO 2000ppm	airtanah(co)_2000ppm7-airtanah(co)_2000ppm10
16	Air Tanah + CO 3000ppm	airtanah(co)_3000ppm7-airtanah(co)_3000ppm10
17	Air Tanah + CO 4000ppm	airtanah(co)_4000ppm7-airtanah(co)_4000ppm10
18	Air Tanah + Cr 10ppm	airtanah(cr)_10ppm7-airtanah(cr)_10ppm10
19	Air Tanah + Cr 20ppm	airtanah(cr)_20ppm7-airtanah(cr)_20ppm10
20	Air Tanah + Cr 30ppm	airtanah(cr)_30ppm7-airtanah(cr)_30ppm10
21	Air Tanah + Cr 40ppm	airtanah(cr)_40ppm7-airtanah(cr)_40ppm10
22	Air Tanah + Cr 50ppm	airtanah(cr)_50ppm7-airtanah(cr)_50ppm10
23	Air Tanah + Cu 1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm7-airtanah(cu)_1000ppm10
24	Air Tanah + Cu 2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm7-airtanah(cu)_2000ppm10
25	Air Tanah + Cu 3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm7-airtanah(cu)_3000ppm10

26	Air Tanah + Cu 4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm7-airtanah(cu)_40000ppm10
27	Air Tanah + Cu 5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm7-airtanah(cu)_50000ppm10
28	Co 1%	co_1%7-co_1%10
29	Co 2%	co_2%7-co_2%10
30	Co 3%	co_3%7-co_3%10
31	Cr 10ppm	cr_1%7-cr_1%10
32	Cr 20ppm	cr_2%7-cr_2%10
33	Cr 30ppm	cr_3%7-cr_3%10
34	Cr 40ppm	cr_2%7-cr_2%10
35	Cr 50ppm	cr_3%7-cr_3%10
36	Cu 1000ppm	cu_1%7-cu_1%10
37	Cu 2000ppm	cu_2%7-cu_2%10
38	Cu 3000ppm	cu_3%7-cu_3%10
39	Cu 4000ppm	cu_4%7-cu_4%10
40	Cu 5000ppm	cu_5%7-cu_5%10

Pada uji coba ini dilakukan variasi ukuran *codebook* dan jumlah data training atau *database*. Variasi ukuran *codebook* yang digunakan adalah 64, 128, 256, 512, Sedangkan untuk variasi jumlah data training adalah 5 dan 8. Pengujian dilakukan untuk membandingkan tingkat akurasi untuk tiap masing-masing variasi yang telah dibuat. Secara lengkap proses uji coba yang dilakukan meliputi :

1. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 5 buah dan ukuran *codebook* 64
2. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 5 buah dan ukuran *codebook* 128
3. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 5 buah dan ukuran *codebook* 256
4. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 5 buah dan ukuran *codebook* 512
5. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 5 buah dan ukuran *codebook* 1024
6. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 8 buah dan ukuran *codebook* 64
7. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 8 buah dan ukuran *codebook* 128
8. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 8 buah dan ukuran *codebook* 256
9. Uji coba sampel dengan jumlah *database* 8 buah dan ukuran *codebook* 512

Pada uji coba ini dilakukan dua jenis variasi jumlah data training atau *database*, yaitu sebanyak 5 buah dan 8 buah untuk masing-masing *codebook* yang berbeda. Berikut hasil sampel pada training atau *database* 5 buah pada tabel 4.2 hingga 4.41 dan sampel pada training atau *database* 8 pada tabel 4.42 hingga 4.81 berikut ini :

Tabel 4.2 Percobaan Air Danau + CO 1000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CO 1000ppm7	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
2	Air Danau + CO 1000ppm8	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
3	Air Danau + CO 1000ppm9	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
4	Air Danau + CO 1000ppm10	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_1000ppm	cu_2000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
5	Persentase (%)	75	100	75	100	100

Tabel 4.3 Percobaan Air Danau + CO 2000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CO 2000ppm7	airtanah(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
2	Air Danau + CO 2000ppm8	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
3	Air Danau + CO 2000ppm9	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
4	Air Danau + CO 2000ppm10	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
5	Persentase (%)	75	50	100	100	100

Tabel 4.4 Percobaan Air Danau + CO 3000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CO 3000ppm7	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm
2	Air Danau + CO 3000ppm8	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm
3	Air Danau + CO 3000ppm9	airtanah(co)_2000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	cu_1000ppm	airdanau(co)_3000ppm
4	Air Danau + CO 3000ppm10	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm
5	Persentase (%)	50	100	100	75	100

Tabel 4.5 Percobaan Air Danau + Cr 10ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 10ppm7	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm
2	Air Danau + Cr 10ppm8	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm
3	Air Danau + Cr 10ppm9	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
4	Air Danau + Cr 10ppm10	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.6 Percobaan Air Danau + Cr 20ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 20ppm7	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_20ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm
2	Air Danau + Cr 20ppm8	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm
3	Air Danau + Cr 20ppm9	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm
4	Air Danau + Cr 20ppm10	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	75	75

Tabel 4.7 Percobaan Air Danau + Cr 30ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 30ppm7	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm
2	Air Danau + Cr 30ppm8	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm
3	Air Danau + Cr 30ppm9	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm
4	Air Danau + Cr 30ppm10	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.8 Percobaan Air Danau + Cr 40ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 40ppm7	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
2	Air Danau + Cr 40ppm8	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
3	Air Danau + Cr 40ppm9	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
4	Air Danau + Cr 40ppm10	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
5	Persentase (%)	75	75	100	100	100

Tabel 4.9 Percobaan Air Danau + Cr 50ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 50ppm7	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm
2	Air Danau + Cr 50ppm8	airdanau(cr)_50ppm	airtanah(cr)_10ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm
3	Air Danau + Cr 50ppm9	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm
4	Air Danau + Cr 50ppm10	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	100	100

Tabel 4.10 Percobaan Air Danau + CU 1000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 1000ppm7	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
2	Air Danau + CU 1000ppm8	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
3	Air Danau + CU 1000ppm9	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
4	Air Danau + CU 1000ppm10	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	75	75

Tabel 4.11 Percobaan Air Danau + CU 2000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 2000ppm7	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
2	Air Danau + CU 2000ppm8	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
3	Air Danau + CU 2000ppm9	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
4	Air Danau + CU 2000ppm10	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.12 Percobaan Air Danau + CU 3000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 3000ppm7	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
2	Air Danau + CU 3000ppm8	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
3	Air Danau + CU 3000ppm9	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
4	Air Danau + CU 3000ppm10	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.13 Percobaan Air Danau + CU 4000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 4000ppm7	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm
2	Air Danau + CU 4000ppm8	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
3	Air Danau + CU 4000ppm9	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm
4	Air Danau + CU 4000ppm10	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm
5	Persentase (%)	75	100	50	75	50

Tabel 4.14 Percobaan Air Danau + CU 5000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 5000ppm7	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
2	Air Danau + CU 5000ppm8	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_4000ppm
3	Air Danau + CU 5000ppm9	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm
4	Air Danau + CU 5000ppm10	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm
5	Persentase (%)	0	50	50	50	50

Tabel 4.15 Percobaan Air tanah + CO 1000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 1000ppm7	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm
2	Air Tanah + CO 1000ppm8	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_1000ppm
3	Air Tanah + CO 1000ppm9	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(cr)_20ppm	airtanah(co)_1000ppm
4	Air Tanah + CO 1000ppm10	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	50	100

Tabel 4.16 Percobaan Air tanah + CO 2000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 2000ppm7	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm
2	Air Tanah + CO 2000ppm8	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_1000ppm
3	Air Tanah + CO 2000ppm9	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm
4	Air Tanah + CO 2000ppm10	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	75

Tabel 4.17 Percobaan Air tanah + CO 3000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 3000ppm7	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_3000ppm
2	Air Tanah + CO 3000ppm8	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm
3	Air Tanah + CO 3000ppm9	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm
4	Air Tanah + CO 3000ppm10	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm
5	Persentase (%)	100	75	75	75	100

Tabel 4.18 Percobaan Air tanah + CO 4000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 4000ppm7	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
2	Air Tanah + CO 4000ppm8	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
3	Air Tanah + CO 4000ppm9	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
4	Air Tanah + CO 4000ppm10	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
5	Persentase (%)	100	100	75	100	100

Tabel 4.19 Percobaan Air tanah + Cr 10ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 10ppm7	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
2	Air Tanah + Cr 10ppm8	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
3	Air Tanah + Cr 10ppm9	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
4	Air Tanah + Cr 10ppm10	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.20 Percobaan Air tanah + Cr 20ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 20ppm7	cr_30ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
2	Air Tanah + Cr 20ppm8	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
3	Air Tanah + Cr 20ppm9	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
4	Air Tanah + Cr 20ppm10	cr_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
5	Persentase (%)	50	100	100	100	100

Tabel 4.21 Percobaan Air tanah + Cr 30ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 30ppm7	cr_50ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm
2	Air Tanah + Cr 30ppm8	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm
3	Air Tanah + Cr 30ppm9	cr_50ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm
4	Air Tanah + Cr 30ppm10	airtanah(cr)_30ppm	cr_10ppm	airtanah(cr)_30ppm	cr_50ppm	airtanah(cr)_30ppm
5	Persentase (%)	50	50	100	75	100

Tabel 4.22 Percobaan Air tanah + Cr 40ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 40ppm7	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	cr_50ppm	airtanah(cr)_40ppm
2	Air Tanah + Cr 40ppm8	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm
3	Air Tanah + Cr 40ppm9	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm
4	Air Tanah + Cr 40ppm10	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_40ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	50	100

Tabel 4.23 Percobaan Air Tanah + Cr 50ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 50ppm7	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	cr_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm
2	Air Tanah + Cr 50ppm8	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm
3	Air Tanah + Cr 50ppm9	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm
4	Air Tanah + Cr 50ppm10	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm
5	Persentase (%)	100	100	75	100	100

Tabel 4.24 Percobaan Air tanah + Cu 1000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 1000ppm7	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
2	Air Tanah + Cu 1000ppm8	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
3	Air Tanah + Cu 1000ppm9	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
4	Air Tanah + Cu 1000ppm10	cu_3000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
5	Persentase (%)	75	100	100	100	100

Tabel 4.25 Percobaan Air tanah + Cu 2000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 2000ppm7	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
2	Air Tanah + Cu 2000ppm8	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
3	Air Tanah + Cu 2000ppm9	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
4	Air Tanah + Cu 2000ppm10	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	75

Tabel 4.26 Percobaan Air tanah + Cu 3000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 3000ppm7	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
2	Air Tanah + Cu 3000ppm8	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
3	Air Tanah + Cu 3000ppm9	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
4	Air Tanah + Cu 3000ppm10	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	0	75

Tabel 4.27 Percobaan Air tanah + Cu 4000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 4000ppm7	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm
2	Air Tanah + Cu 4000ppm8	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm
3	Air Tanah + Cu 4000ppm9	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm
4	Air Tanah + Cu 4000ppm10	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_3000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_4000ppm
5	Persentase (%)	50	75	100	50	75

Tabel 4.28 Percobaan Air tanah + Cu 5000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 5000ppm7	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm
2	Air Tanah + Cu 5000ppm8	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	cu_5000ppm
3	Air Tanah + Cu 5000ppm9	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_4000ppm	airtanah(cu_5000ppm
4	Air Tanah + Cu 5000ppm10	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm	airtanah(cu_5000ppm
5	Persentase (%)	75	100	75	75	75

Tabel 4.29 Percobaan Co 1% dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	CO 1% 7	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
2	CO 1% 8	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
3	CO 1% 9	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
4	CO 1% 10	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.30 Percobaan Co 2% dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	CO 2% 7	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
2	CO 2% 8	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
3	CO 2% 9	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
4	CO 2% 10	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.31 Percobaan Co 3% dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	CO 3% 7	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%
2	CO 3% 8	co_3%	co_3%	co_3%	co_2%	co_3%
3	CO 3% 9	co_3%	co_3%	co_3%	co_2%	co_3%
4	CO 3% 10	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.32 Percobaan Cr 10ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 10ppm7	cr_40ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm
2	Cr 10ppm8	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	airtanah(cr)_30ppm	cr_10ppm
3	Cr 10ppm9	cu_1000ppm	cr_10ppm	cr_20ppm	cr_10ppm	cr_10ppm
4	Cr 10ppm10	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm
5	Persentase (%)	50	100	75	75	100

Tabel 4.33 Percobaan Cr 20ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 20ppm7	cr_30ppm	cr_20ppm	cr_50ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
2	Cr 20ppm8	cr_30ppm	cr_20ppm	cr_50ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
3	Cr 20ppm9	cr_20ppm	cr_10ppm	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
4	Cr 20ppm10	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
5	Persentase (%)	50	75	50	100	100

Tabel 4.34 Percobaan Cr 30ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 30ppm7	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
2	Cr 30ppm8	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
3	Cr 30ppm9	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
4	Cr 30ppm10	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.35 Percobaan Cr 40ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 40ppm7	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	cr_40ppm
2	Cr 40ppm8	cr_30ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm
3	Cr 40ppm9	cr_30ppm	cr_40ppm	airtanah(cr)_30ppm	cr_40ppm	airtanah(cr)_30ppm
4	Cr 40ppm10	cr_30ppm	cr_40ppm	airtanah(cr)_30ppm	cr_50ppm	cr_40ppm
5	Persentase (%)	25	100	50	50	75

Tabel 4.36 Percobaan Cr 50ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 50ppm7	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
2	Cr 50ppm8	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
3	Cr 50ppm9	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
4	Cr 50ppm10	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.37 Percobaan Cu 1000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 1000ppm7	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
2	Cu 1000ppm8	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
3	Cu 1000ppm9	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
4	Cu 1000ppm10	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.38 Percobaan Cu 2000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 2000ppm7	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm
2	Cu 2000ppm8	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm
3	Cu 2000ppm9	cu_3000ppm	cu_2000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
4	Cu 2000ppm10	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm
5	Persentase (%)	75	100	75	75	75

Tabel 4.39 Percobaan Cu 3000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 3000ppm7	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
2	Cu 3000ppm8	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
3	Cu 3000ppm9	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_5000ppm	cu_3000ppm
4	Cu 3000ppm10	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.40 Percobaan Cu 4000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 4000ppm7	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm
2	Cu 4000ppm8	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm
3	Cu 4000ppm9	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm
4	Cu 4000ppm10	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_4000ppm
5	Persentase (%)	75	75	75	75	100

Tabel 4.41 Percobaan Cu 5000ppm dengan training 5

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 5000ppm7	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
2	Cu 5000ppm8	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
3	Cu 5000ppm9	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
4	Cu 5000ppm10	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.42 Percobaan Air Danau + CO 1000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CO 1000ppm7	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
2	Air Danau + CO 1000ppm8	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
3	Air Danau + CO 1000ppm9	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
4	Air Danau + CO 1000ppm10	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm	airdanau(co)_1000ppm
5	Persentase (%)	75	75	100	100	100

Tabel 4.43 Percobaan Air Danau + CO 2000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CO 2000ppm7	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
2	Air Danau + CO 2000ppm8	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
3	Air Danau + CO 2000ppm9	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
4	Air Danau + CO 2000ppm10	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm	airdanau(co)_2000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.44 Percobaan Air Danau + CO 3000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CO 3000ppm7	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm
2	Air Danau + CO 3000ppm8	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm
3	Air Danau + CO 3000ppm9	airtanah(co)_2000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm
4	Air Danau + CO 3000ppm10	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm	airdanau(co)_3000ppm
5	Persentase (%)	75	100	100	100	100

Tabel 4.45 Percobaan Air Danau + Cr 10ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 10ppm7	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm
2	Air Danau + Cr 10ppm8	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm
3	Air Danau + Cr 10ppm9	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
4	Air Danau + Cr 10ppm10	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.46 Percobaan Air Danau + Cr 20ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 20ppm7	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm
2	Air Danau + Cr 20ppm8	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm
3	Air Danau + Cr 20ppm9	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm
4	Air Danau + Cr 20ppm10	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm	airdanau(cr)_20ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.47 Percobaan Air Danau + Cr 30ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 30ppm7	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm
2	Air Danau + Cr 30ppm8	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm
3	Air Danau + Cr 30ppm9	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_40ppm
4	Air Danau + Cr 30ppm10	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm	airdanau(cr)_30ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	75

Tabel 4.48 Percobaan Air Danau + Cr 40ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 40ppm7	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
2	Air Danau + Cr 40ppm8	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
3	Air Danau + Cr 40ppm9	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
4	Air Danau + Cr 40ppm10	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm	airdanau(cr)_40ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.49 Percobaan Air Danau + Cr 50ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + Cr 50ppm7	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm
2	Air Danau + Cr 50ppm8	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm
3	Air Danau + Cr 50ppm9	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(co)_300ppm	airdanau(cr)_50ppm
4	Air Danau + Cr 50ppm10	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm	airdanau(cr)_50ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	75	100

Tabel 4.50 Percobaan Air Danau + CU 1000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 1000ppm7	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
2	Air Danau + CU 1000ppm8	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
3	Air Danau + CU 1000ppm9	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
4	Air Danau + CU 1000ppm10	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.51 Percobaan Air Danau + CU 2000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 2000ppm7	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
2	Air Danau + CU 2000ppm8	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
3	Air Danau + CU 2000ppm9	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_1000ppm
4	Air Danau + CU 2000ppm10	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm	airdanau(cu)_2000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	75

Tabel 4.52 Percobaan Air Danau + CU 3000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 3000ppm7	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
2	Air Danau + CU 3000ppm8	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
3	Air Danau + CU 3000ppm9	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
4	Air Danau + CU 3000ppm10	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_1000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm	airdanau(cu)_3000ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	100	100

Tabel 4.53 Percobaan Air Danau + CU 4000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 4000ppm7	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm
2	Air Danau + CU 4000ppm8	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm
3	Air Danau + CU 4000ppm9	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm
4	Air Danau + CU 4000ppm10	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.54 Percobaan Air Danau + CU 5000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Danau + CU 5000ppm7	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm
2	Air Danau + CU 5000ppm8	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm
3	Air Danau + CU 5000ppm9	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm
4	Air Danau + CU 5000ppm10	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_4000ppm	airdanau(cu)_5000ppm	airdanau(cu)_5000ppm
5	Persentase (%)	75	75	75	100	100

Tabel 4.55 Percobaan Air tanah + CO 1000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 1000ppm7	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm
2	Air Tanah + CO 1000ppm8	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm
3	Air Tanah + CO 1000ppm9	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm
4	Air Tanah + CO 1000ppm10	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_1000ppm	airtanah(co)_2000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	75

Tabel 4.56 Percobaan Air tanah + CO 2000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 2000ppm7	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm
2	Air Tanah + CO 2000ppm8	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm
3	Air Tanah + CO 2000ppm9	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(co)_3000ppm
4	Air Tanah + CO 2000ppm10	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_2000ppm
5	Persentase (%)	100	100	75	50	75

Tabel 4.57 Percobaan Air tanah + CO 3000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 3000ppm7	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm
2	Air Tanah + CO 3000ppm8	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm
3	Air Tanah + CO 3000ppm9	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_2000ppm	airtanah(co)_3000ppm
4	Air Tanah + CO 3000ppm10	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm	airtanah(co)_3000ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	75	100

Tabel 4.58 Percobaan Air tanah + CO 4000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + CO 4000ppm7	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
2	Air Tanah + CO 4000ppm8	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
3	Air Tanah + CO 4000ppm9	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
4	Air Tanah + CO 4000ppm10	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm	airtanah(co)_4000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.59 Percobaan Air tanah + Cr 10ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 10ppm7	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
2	Air Tanah + Cr 10ppm8	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
3	Air Tanah + Cr 10ppm9	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airdanau(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
4	Air Tanah + Cr 10ppm10	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm	airtanah(cr)_10ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.60 Percobaan Air tanah + Cr 20ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 20ppm7	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
2	Air Tanah + Cr 20ppm8	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
3	Air Tanah + Cr 20ppm9	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
4	Air Tanah + Cr 20ppm10	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm	airtanah(cr)_20ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.61 Percobaan Air tanah + Cr 30ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 30ppm7	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm
2	Air Tanah + Cr 30ppm8	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm
3	Air Tanah + Cr 30ppm9	cr_50ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm
4	Air Tanah + Cr 30ppm10	cr_50ppm	airtanah(cr)_30ppm	airtanah(cr)_30ppm	airdanau(cr)_10ppm	airtanah(cr)_30ppm
5	Persentase (%)	50	75	100	100	100

Tabel 4.62 Percobaan Air tanah + Cr 40ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 40ppm7	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm
2	Air Tanah + Cr 40ppm8	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm
3	Air Tanah + Cr 40ppm9	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm
4	Air Tanah + Cr 40ppm10	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_50ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	100	75

Tabel 4.63 Percobaan Air Tanah + Cr 50ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cr 50ppm7	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm
2	Air Tanah + Cr 50ppm8	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm
3	Air Tanah + Cr 50ppm9	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_40ppm	airtanah(cr)_50ppm
4	Air Tanah + Cr 50ppm10	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm	airtanah(cr)_50ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	75	100

Tabel 4.64 Percobaan Air tanah + Cu 1000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 1000ppm7	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
2	Air Tanah + Cu 1000ppm8	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
3	Air Tanah + Cu 1000ppm9	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
4	Air Tanah + Cu 1000ppm10	airtanah(cu)_1000ppm	cu_4000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm	airtanah(cu)_1000ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	100	100

Tabel 4.65 Percobaan Air tanah + Cu 2000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 2000ppm7	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
2	Air Tanah + Cu 2000ppm8	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
3	Air Tanah + Cu 2000ppm9	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm
4	Air Tanah + Cu 2000ppm10	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_2000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	75

Tabel 4.66 Percobaan Air tanah + Cu 3000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 3000ppm7	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
2	Air Tanah + Cu 3000ppm8	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
3	Air Tanah + Cu 3000ppm9	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
4	Air Tanah + Cu 3000ppm10	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
5	Persentase (%)	75	75	100	100	100

Tabel 4.67 Percobaan Air tanah + Cu 4000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 4000ppm7	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm
2	Air Tanah + Cu 4000ppm8	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm
3	Air Tanah + Cu 4000ppm9	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_4000ppm
4	Air Tanah + Cu 4000ppm10	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm	airtanah(cu)_3000ppm
5	Persentase (%)	50	75	75	75	75

Tabel 4.68 Percobaan Air tanah + Cu 5000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Air Tanah + Cu 5000ppm7	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm
2	Air Tanah + Cu 5000ppm8	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm
3	Air Tanah + Cu 5000ppm9	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	cu_5000ppm	airtanah(cu)_4000ppm	airtanah(cu)_5000ppm
4	Air Tanah + Cu 5000ppm10	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm	airtanah(cu)_5000ppm
5	Persentase (%)	75	100	75	75	100

Tabel 4.69 Percobaan Co 1% dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	CO 1% 7	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
2	CO 1% 8	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
3	CO 1% 9	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
4	CO 1% 10	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%	co_1%
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.70 Percobaan Co 2% dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	CO 2% 7	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
2	CO 2% 8	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
3	CO 2% 9	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
4	CO 2% 10	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%	co_2%
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.71 Percobaan Co 3% dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	CO 3% 7	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%
2	CO 3% 8	co_3%	co_3%	co_3%	co_2%	co_3%
3	CO 3% 9	co_3%	co_3%	co_3%	co_2%	co_3%
4	CO 3% 10	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%	co_3%
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.72 Percobaan Cr 10ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 10ppm7	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm
2	Cr 10ppm8	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm
3	Cr 10ppm9	airdanau(co)_2000ppm	cr_20ppm	cr_10ppm	cr_20ppm	cr_10ppm
4	Cr 10ppm10	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_10ppm	cr_50ppm
5	Persentase (%)	75	75	100	75	75

Tabel 4.73 Percobaan Cr 20ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 20ppm7	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_50ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
2	Cr 20ppm8	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_50ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
3	Cr 20ppm9	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
4	Cr 20ppm10	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm	cr_20ppm
5	Persentase (%)	100	100	50	100	100

Tabel 4.74 Percobaan Cr 30ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 30ppm7	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
2	Cr 30ppm8	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
3	Cr 30ppm9	airtanah(cr)_40ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
4	Cr 30ppm10	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm	cr_30ppm
5	Persentase (%)	75	100	100	100	100

Tabel 4.75 Percobaan Cr 40ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 40ppm7	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm
2	Cr 40ppm8	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm
3	Cr 40ppm9	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm
4	Cr 40ppm10	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm	cr_40ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.76 Percobaan Cr 50ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cr 50ppm7	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
2	Cr 50ppm8	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
3	Cr 50ppm9	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
4	Cr 50ppm10	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm	cr_50ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.77 Percobaan Cu 1000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 1000ppm7	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
2	Cu 1000ppm8	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
3	Cu 1000ppm9	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
4	Cu 1000ppm10	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm	cu_1000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.78 Percobaan Cu 2000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 2000ppm7	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm
2	Cu 2000ppm8	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm
3	Cu 2000ppm9	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_3000ppm
4	Cu 2000ppm10	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm	cu_2000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	75

Tabel 4.79 Percobaan Cu 3000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 3000ppm7	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
2	Cu 3000ppm8	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
3	Cu 3000ppm9	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
4	Cu 3000ppm10	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm	cu_3000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Tabel 4.80 Percobaan Cu 4000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 4000ppm7	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm
2	Cu 4000ppm8	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm
3	Cu 4000ppm9	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm	cu_4000ppm
4	Cu 4000ppm10	cu_4000ppm	cu_5000ppm	cu_4000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
5	Persentase (%)	100	75	100	75	75

Tabel 4.81 Percobaan Cu 5000ppm dengan training 8

No	Nama Larutan	Codebook				
		32	64	128	256	512
1	Cu 5000ppm7	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
2	Cu 5000ppm8	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
3	Cu 5000ppm9	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
4	Cu 5000ppm10	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm	cu_5000ppm
5	Persentase (%)	100	100	100	100	100

Percobaan diatas dilakukan dengan adanya tiga buat input data pada software, yaitu File HMM yang merupakan nama *database* dari proses pembentukan parameter HMM, File *Codebook* yang merupakan nama *database* dari proses pembentukan *codebook*, dan File Excel yang merupakan file hasil pengukuran yang diuji coba pada proses ini. File Excel inilah yang akan diidentifikasi apakah akan dikenali dengan benar sesuai dengan nama jenis larutannya. Keluaran dari proses ini terdapat di kolom Identifikasi yang menampilkan hasil identifikasi dan identifikasi tergantung pada *Log of Probaility* yang menunjukkan nilai LoP dari masing-masing label, di mana nomer label paling atas merupakan label dengan LoP tertinggi yang akan dikenali sebagai nama jenis larutan dari sampel yang diuji coba.

Pada proses sebelumnya, yaitu pengambilan data, dilakukan pengukuran hasil pembuatan sampel larutan sebanyak 10 kali untuk masing-masing sampel larutan. Kemudian pada proses pembentukan *database*, dilakukan pembentukan *database* dengan variasi jumlah data training.

4.2 Presentase Akurasi

Berdasarkan Tabel 4.2 hingga 4.81 ada beberapa larutan yang di indentifikasi tidak sesuai dengan larutan yang di uji coba, Dari hasil tersebut dapat dihitung presentase akurasi dari masing-masing jumlah data training dan ukuran *codebook* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.82. Sedangkan Tabel 4.83 dan Tabel 4.84 menampilkan presentase akurasi untuk variasi ukuran *codebook*.

Tabel 4.82 Presentase akurasi untuk seluruh sampel larutan dalam persen (%)

No	Ukuran <i>Codebook</i>	32		64		128		256		512	
	<i>Database</i>	5	8	5	8	5	8	5	8	5	8
	Jenis Larutan										
1	Air Danau + CO 1000ppm	75	75	100	75	75	100	100	100	100	100
2	Air Danau + CO 2000ppm	75	100	50	100	100	100	100	100	100	100
3	Air Danau + CO 3000ppm	50	75	100	100	100	100	75	100	100	100
4	Air Danau + Cr 10ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	Air Danau + Cr 20ppm	100	100	75	100	100	100	75	100	75	100
6	Air Danau + Cr 30ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
7	Air Danau + Cr 40ppm	75	100	75	100	100	100	100	100	100	100
8	Air Danau + Cr 50ppm	100	100	75	100	100	100	100	75	100	100
9	Air Danau + Cu 1000ppm	100	100	100	100	100	100	75	100	75	100
10	Air Danau + Cu 2000ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75

11	Air Danau + Cu 3000ppm	100	100	100	75	100	100	100	100	100	100
12	Air Danau + Cu 4000ppm	75	100	100	100	50	100	75	100	50	100
13	Air Danau + Cu 5000ppm	0	75	50	75	50	75	50	100	50	100
14	Air Tanah + CO 1000ppm	100	100	100	100	100	100	50	100	100	75
15	Air Tanah + CO 2000ppm	100	100	100	100	100	75	100	50	75	75
16	Air Tanah + CO 3000ppm	100	100	75	75	75	100	75	75	100	100
17	Air Tanah + CO 4000ppm	100	100	100	100	75	100	100	100	100	100
18	Air Tanah + Cr 10ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19	Air Tanah + Cr 20ppm	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	Air Tanah + Cr 30ppm	50	50	50	75	100	100	75	100	100	100
21	Air Tanah + Cr 40ppm	100	100	75	75	100	100	50	100	100	75
22	Air Tanah + Cr 50ppm	100	100	100	100	75	100	100	75	100	100
23	Air Tanah + Cu 1000ppm	75	100	100	75	100	100	100	100	100	100
24	Air Tanah + Cu 2000ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75
25	Air Tanah + Cu 3000ppm	100	75	75	75	100	100	0	100	75	100
26	Air Tanah + Cu 4000ppm	50	50	75	75	100	75	50	75	75	75
27	Air Tanah + Cu 5000ppm	75	75	100	100	75	75	75	75	75	100
28	Co 1%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
29	Co 2%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
30	Co 3%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31	Cr 10ppm	50	75	100	75	75	100	75	75	100	75
32	Cr 20ppm	50	100	75	100	50	50	100	100	100	100
33	Cr 30ppm	100	75	100	100	100	100	100	100	100	100
34	Cr 40ppm	25	100	100	100	50	100	50	100	75	100
35	Cr 50ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
36	Cu 1000ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
37	Cu 2000ppm	75	100	100	100	75	100	75	100	75	75
38	Cu 3000ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
39	Cu 4000ppm	75	100	75	75	75	100	75	75	100	75
40	Cu 5000ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
41	Persentase(%)	83.125	93.125	90.625	93.125	90	96.35	85	94.375	91.75	93.75

Tabel 4.83 Presentase akurasi berdasarkan variasi ukuran *codebook* dengan 5 data training

Ukuran <i>Codebook</i>	32	64	128	256	512
Presentase Akurasi (%)	83.125	90.625	90	85	91.75

Tabel 4.84 Presentase akurasi berdasarkan variasi ukuran *codebook* dengan 8 data training

Ukuran <i>Codebook</i>	32	64	128	256	512
Presentase Akurasi (%)	93.125	93.125	96.35	94.375	93.75

4.3 Analisis Data Hasil Percobaan

Pada penelitian yang telah dilaksanakan, sampel larutan yang ingin diidentifikasi dibandingkan dengan *database* yang telah dibuat. Dari proses identifikasi dihasilkan suatu keluaran yaitu nama jenis larutan beserta kadarnya. Hasil keluaran ini berdasarkan perhitungan jumlah *Log of Probability* (LoP) dari masing-masing sampel. Label dengan LoP tertinggi akan dipilih sebagai hasil pengenalan dari sampel larutan yang diuji.

Keberhasilan proses identifikasi ini dipengaruhi beberapa faktor, yaitu jumlah data training yang akan dijadikan *database* untuk proses identifikasi dan ukuran *codebook* yang dipilih saat proses pembentukan *codebook*.

4.3.1 Analisa Pengaruh Jumlah Data Training

Pada penelitian ini digunakan dua variasi jumlah data training, yaitu 5 buah dan 8 buah sampel yang dimasukkan sebagai training atau *database*. Pemilihan jumlah *database* yang sedikit ini dikarenakan keterbatasan jumlah sampel untuk ada untuk setiap jenis larutan yang telah diukur.

Berdasarkan Tabel 4.82 dapat dilihat presentase akurasi untuk variasi jumlah data training dengan ukuran *codebook* yang sama adalah berbeda. Secara keseluruhan peningkatan jumlah data training berbanding lurus dengan peningkatan presentase akurasi dalam proses identifikasi.

Semakin banyak jumlah data training atau *database* yang digunakan maka proses identifikasi semakin akurat karena semakin banyak basis data yang dapat dibandingkan dengan sampel yang diuji coba, sehingga masalah kemiripan antar jenis larutan dengan kadar logam yang berbeda-beda akan berkurang.

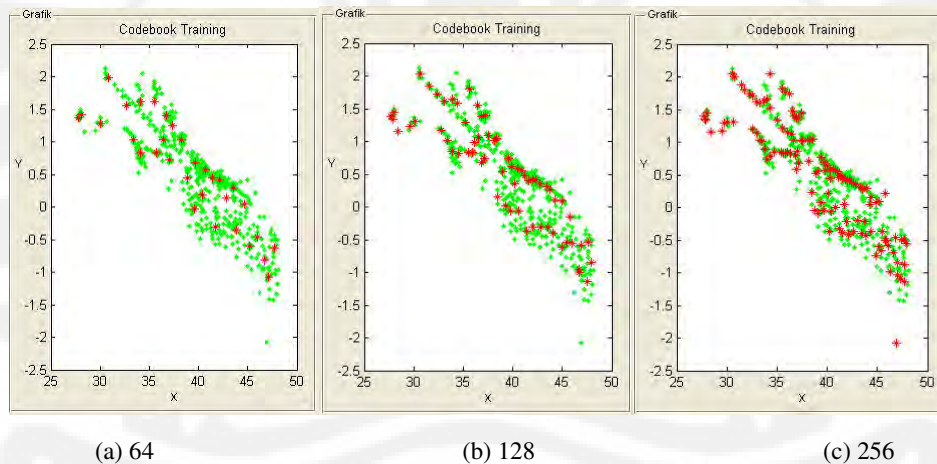
Pada titik-titik vektor atau *sample points* untuk 8 buah *database* untuk masing-masing label lebih banyak dibandingkan yang berjumlah 5 buah. Dengan lebih banyaknya jumlah *sample points*, letak *centroid* pada pemetaan *codebook* juga lebih bervariasi, sehingga label untuk masing-masing jenis larutan akan memiliki *centroid* dengan koordinat yang berbeda-beda walaupun memiliki karakteristik yang menyerupai. Dengan demikian proses pengenalan

akan semakin mudah dan tingkat keberhasilan yang dicapai akan semakin tinggi dengan meningkatkan jumlah training atau database.

4.3.2 Analisa Pengaruh Ukuran *Codebook*

Pengaruh ukuran *codebook* terhadap tingkat keberhasilan pada proses identifikasi kadar logam ini dapat dilihat dari variasi ukuran *codebook* atau jumlah *codeword* atau *centroid* yang ditunjukkan pada Tabel 4.83 dan Tabel 4.84. Pada kedua tabel tersebut menampilkan presentase akurasi untuk masing-masing ukuran *codebook* dengan nilai berbeda dimulai dari 32, 64, 128, 256, dan 512.

Berdasarkan teori bahwa semakin besar ukuran *codebook* yang diberikan, maka semakin tinggi tingkat akurasinya. Hal ini dikarenakan semakin banyak *centroid* maka pemetaan *centroid* pada peta *codebook* akan semakin presisi terhadap *sample points* yang disebabkan oleh makin kecilnya nilai *VQ distortion*, yaitu nilai untuk jarak antar *sample point* dengan *centroid* terdekatnya. Penyebaran *centroid* berdasarkan ukuran *codebook* yang berbeda-beda ditunjukkan pada Gambar 4.1.



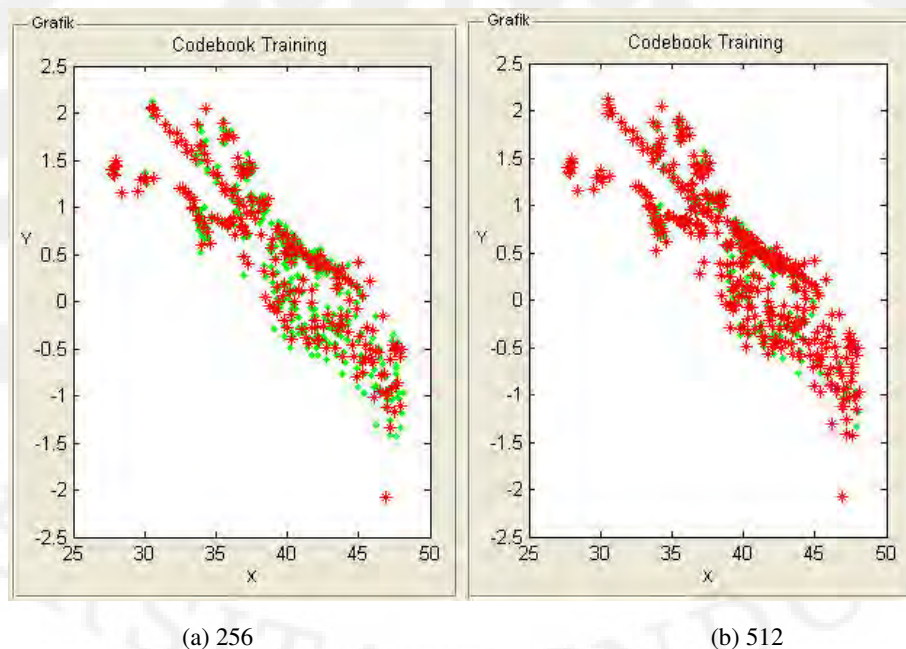
Gambar 4.1 Pemetaan *centroid* berdasarkan ukuran *codebook*

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa ukuran *codebook* dengan nilai 64 memiliki jumlah *centroid* sebanyak 64 buah yang tersebar pada *sample point* yang ada. Letak *centroid* antar satu dengan yang lainnya terlihat renggang, di mana satu *centroid* mewakili beberapa *sample points* yang ada. Sedangkan untuk ukuran *codebook* 128 terlihat lebih rapat dibandingkan dengan ukuran *codebook* 64. Hal ini dikarenakan *VQ distortion* antar *centroid* dengan *sample points* terjauh lebih kecil karena banyaknya jumlah *centroid* yang terbentuk, sehingga satu

centroid mewakili jumlah *sample points* yang lebih sedikit dibandingkan dengan ukuran *codebook* 64.

Peningkatan ukuran *codebook* dapat meningkatkan presentase akurasi sistem. Namun, identifikasi larutan yang telah dikenali pada ukuran *codebook* yang lebih kecil tidak selamanya akan dikenali pada ukuran *codebook* yang lebih besar. Sebagai contoh dapat dilihat pada Tabel 4.82 untuk jenis larutan dengan nama file Air Danau + CO 1000ppm yang awalnya dikenali dengan tepat pada saat ukuran *codebook* diatur dengan nilai 64, tetapi tidak dikenali dengan benar pada saat nilai ukuran *codebook* 128. Hal ini dikarenakan pada perubahan ukuran *codebook* akan terjadi perubahan jumlah *centroid* yang mewakili *sample points* untuk proses pengenalan. Dengan demikian, walaupun jenis larutan dan kadarnya sama, tetapi urutan *centroid* yang dibentuk tiap *codebook* berbeda-beda. Perbedaan urutan *centroid* inilah yang mengakibatkan perbedaan dalam pendeteksian kadar larutan logam yang dilakukan.

Pada kondisi lain di mana ukuran *codebook* yang terlalu besar dapat mengakibatkan presentase akurasi menurun. Hal ini dapat dikarenakan kemiripan karakteristik data larutan logam antara yang satu dengan lainnya untuk label yang berbeda. Gambar 4.82 menunjukkan perbandingan ukuran *codebook* pada pemetaan *centroid* untuk nilai ukuran *codebook* 256 dan 512.



Gambar 4.2 Pemetaan *centroid* untuk ukuran *codebook* 256 dan 512

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa pemetaan *centroid* untuk ukuran *codebook* 256 lebih renggang dibandingkan dengan ukuran *codebook* 512. Selain itu dapat dilihat juga bahwa semakin besar ukuran *codebook*, maka jarak antar *centroid* yang terbentuk akan semakin dekat untuk jumlah *sample points* yang sama. Terlalu rapatnya letak *centroid* ini dapat mengakibatkan sampel larutan yang diuji coba melakukan kesalahan pada saat mencari letak *centroid* yang terdekat dengan *sample points*-nya yang mengacu pada *database codebook*. Kondisi ini dapat mengakibatkan sampel larutan tersebut mendekati letak *centroid* jenis larutan lain yang dekat dengan *centroid* jenis larutannya sendiri, sehingga kombinasi urutan *centroid* yang dihasilkan agak berbeda dengan jenis larutan yang sebenarnya. Hal ini mengakibatkan *log of probability* tertinggi yang dihasilkan bukan dari label larutan yang sama dengan file yang diuji coba.

Selain itu, Hal ini juga mengakibatkan adanya titik jenuh terhadap nilai ukuran *codebook*, di mana semakin sempit jarak antar *centroid* karena terlalu besarnya ukuran *codebook* untuk suatu *sample points*, maka tingkat akurasinya semakin menurun. Hal ini juga berlaku untuk ukuran *codebook* 512 untuk jumlah *database* sebanyak 8 buah yang memiliki presentase akurasi lebih kecil dibandingkan dengan ukuran *codebook* 256, yaitu 93.75%.

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 presentase akurasi untuk jumlah *database* sebanyak 8 buah dengan ukuran *codebook* 128 adalah lebih baik dari pada ukuran *codebook* yang 256 dan 512, dan pada . Hal ini menunjukkan bahwa ukuran *codebook* dengan nilai 128 yang paling presisi dibandingkan dengan ukuran *codebook* lainnya untuk kondisi tersebut, karena setelah ukuran *codebook* melewati titik jenuh, yaitu 256, maka akan terjadi penurunan tingkat akurasi.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut.

1. Nilai akurasi rata-rata keseluruhan rangkaian uji coba yang dicapai pada data training atau database 5 adalah antara 83.125 % sampai dengan 91.75%
2. Nilai akurasi rata-rata keseluruhan rangkaian uji coba yang dicapai pada data training atau database 8 adalah antara 93.125 % sampai dengan 96.35%
3. Pendeteksi dilakukan berdasarkan database yang diambil dari hasil pengukuran data dari perangkat *spectrophotometer*
4. Semakin besar ukuran *codebook*, dapat mempengaruhi tingkat akurasi yang dicapai sistem dalam mendeteksi kadar logam tetapi adanya titik jenuh terhadap nilai ukuran *codebook*, di mana semakin sempit jarak antar *centroid* karena terlalu besarnya ukuran *codebook* untuk suatu *sample points*.
5. Semakin besar jumlah *training*, semakin besar pula tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi kadar logam.
6. Pada penelitian ini, ukuran *codebook* yang optimal adalah 512 untuk data training 5 dan 128 untuk data training 8
7. Semakin banyak jumlah *codebook* maka waktunya semakin lama diperlukan untuk mengidentifikasi kadar dan unsur logam.

DAFTAR ACUAN

- [1] *Metoda Spektroskopik*. Diakses tanggal 1 Maret 2010 dari chem-is-try.org
<http://www.chem-is-try/> *Metoda Spektroskopik*
- [2] *Logam*. Diakses tanggal 5 Mei 2009 dari Wikipedia.org
<http://en.wikipedia.org/wiki/Metal>
- [3] Bahaya Pencemaran logam. Diakses tanggal 1 Maret 2010 dari hanggarline.com
<http://www.hanggarline.com>
- [4] Tony Owen . *Fundamental Analysis of UV-Vis Spectroscopy*, Penerbit Agilent Technology, Germany, 2000.
- [5] <http://www.ssi.shimadzu.com>
- [6] Hartaman, Muhammad rizky. "Rancang Bangun Sistem Pengenalan Penyakit Jantung dengan Metode Hidden Markov Model". Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia., Depok 2009.

