



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENDETEKSI KADAR DAN JENIS ZAT WARNA
PADA MAKANAN ATAU MINUMAN DENGAN METODE
HIDDEN MARKOV MODEL**

SKRIPSI

**DESTI EKASARI
0806365614**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA EKSTENSI
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENDETEKSI KADAR DAN JENIS ZAT WARNA
PADA MAKANAN ATAU MINUMAN DENGAN METODE
HIDDEN MARKOV MODEL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**DESTI EKASARI
0806365614**

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

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : DESTI EKASARI
NPM : 0806365614**

**Tanda Tangan :
Tanggal : 30 Juni 2010**

PENGESAHAN

Seminar ini diajukan oleh :

Nama : DESTI EKASARI
NPM : 0806365614
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : **ANALISA PENDETEKSI KADAR DAN
JENIS ZAT WARNA PADA MAKANAN
ATAU MINUMAN DENGAN METODE
HIDDEN MARKOV MODEL**

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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. Arman D. Diponegoro**



Penguji : **Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo, M.Sc**



Penguji : **Prof. Drs. Ir. Benyamin Kusumoputro, M.Eng, Dr.Eng**



Ditetapkan di : Ruang Rapat LT.1 DTE
Universitas Indonesia Depok

Hari / Tanggal : Rabu, 30 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 seminar ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan seminar ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Arman D. Diponegoro, selaku dosen pembimbing I telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Drs. Sunardi, M.Si, yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama penelitian berlangsung.
3. Para Asisten Lab Afiliasi yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam pengambilan data.
4. Kedua Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral dan
5. 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,

Penulis



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : DESTI EKASARI

NPM : 0806365614

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISA PENDETEKSI KADAR DAN JENIS ZAT WARNA PADA
MAKANAN ATAU MINUMAN DENGAN METODE HIDDEN MARKOV
MODEL**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 30 Juni 2010

Yang menyatakan

(DESTI EKASARI)

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Desti Ekasari
Program Studi : 0806365614
Judul : **Analisa Pendeteksi Kadar dan Jenis Zat Warna Pada Makanan atau Minuman dengan Metode Hidden Markov Model**

Penambahan pewarna pada produk pangan dimaksudkan untuk memberi atau memperbaiki warna makanan atau minuman serta melindungi zat-zat pada makanan atau minuman yang peka terhadap cahaya selama penyimpanan, sehingga dapat meningkatkan daya tarik konsumen. Hal ini akan mempengaruhi penampilan produk pangan, sehingga semakin menarik maka semakin diminati konsumen. Walaupun beberapa pewarna alami mulai banyak diaplikasikan untuk pewarna pangan, namun pewarna sintetik masih banyak digunakan. Bahkan pewarna sintesis yang dilarang, sering digunakan sebagai produk pewarna pangan. Diantaranya Amaranth, yang merupakan pewarna pangan yang berwarna merah dan dilarang untuk makanan dan minuman. Alasan menggunakan pewarna yang dilarang adalah mudah dibeli, harganya lebih murah, warnanya lebih cerah dan mencolok. Salah satu pewarna alami yang telah dipakai masyarakat antara lain sombo keling untuk mewarnai kerupuk. Keuntungan pewarna alami adalah pewarna ini aman untuk dikonsumsi, sedangkan kerugiannya adalah warna pewarna alami tidak homogen dan ketersediaannya yang terbatas. Analisa pewarna pangan dapat dilakukan dengan berbagai metode, teknik dan cara. Salah satu analisa pewarna adalah dengan menggunakan Hidden Markov Model, karena dapat digunakan untuk mendeteksi zat pewarna secara teliti. Data yang diperoleh yaitu dari pengukuran yang dilakukan di LAB afiliasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan (FMIPA) Universitas Indonesia menggunakan Spectrophotometer UV – Vis.

Kata kunci:

Zat Pewarna Sintetis, Zat Pewarna Alami, Hidden Markov Model dan Spectrophotometer

ABSTRACT

Name : Desti Ekasari
Study Programs : 0806365614
Title : Analysis of Detection Levels and Types of Dyes in food or drink with a Hidden Markov Model Method

Addition of colorants in food products intended to provide or improve the color of food or beverages as well as protecting substances in foods or beverages that are sensitive to light during storage, thus increasing consumer appeal. This will affect the appearance of food products, so the more attractive the more consumers demand. Although some natural dyes are being applied to food coloring, but still widely used synthetic dyes. Even the banned synthetic dyes, often used as a food colorant products. Among Amaranth, which is a red food coloring and food and beverages are prohibited. Reasons for using the banned dye is easy to buy, cheaper, brighter colors and flashy. One of the natural dyes have been used, among others, Sombo TAMILIAN society to color chips. The advantage of this natural dye is dye safe for consumption, while the loss is a natural dye colors are not homogeneous and its availability is limited. Analysis of food coloring can be done by various methods, techniques and methods. One of the dyes were analyzed using Hidden Markov Model, as it can be used to detect dyes carefully. Data obtained from measurements taken at LAB Affiliated Faculty of Mathematics and Science (Science Faculty), University of Indonesia using a Spectrophotometer UV - Vis.

Keywords:
Substance Synthetic Dyes, Natural Dyes Substance, Hidden Markov Model and Spectrophotometer

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Halaman Judul	ii
Pernyataan Orisinalitas	iii
Lembar Pengesahan	iv
Kata Pengantar	v
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Skripsi untuk Kepentingan	vi
ABSTRAK	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1.....	Latar
Belakang	1
1.2.....	Tujuan
Penelitian	2
1.3.....	Batasa
n Masalah	2
1.4.....	Deskri
psi Singkat	2
1.5.....	Metod
ologi Penulisan	2
1.6.....	Sistem
atika Penulisan	3
BAB 2 TEORI DASAR	5
2.1.....	Zat
Warna Sintetis	5
2.1.1.....	Poncea
u 4R	5

2.1.2.....	Tartraz	
ine		7
2.1.2.1 Produk yang Mengandung Tartrazine		8
2.1.2.2 Sensitivitas dan Intoleransi		9
2.1.3.....	Fast	
Green FCF		10
2.2.....	Peratur	
an Mengenai Zat Warna		11
2.3.....	Perana	
n Pewarna dalam Makanan di Industri Pangan		13
2.4.....	Spektr	
ophotometri		14
2.4.1.....	Transm	
itance dan Absorban		15
2.4.2.....	Warna	
pada Spectrophotometer		17
2.4.3.....	Sampel	
Spectrophotometer		18
2.4.4.....	Analisa	
Kualitatif Spectrophotometer		19
2.4.5.....	Analisa	
Kuantitatif Spectrophotometer		20
2.5.....	UV –	
Vis Spectrophotometer		22
2.6.....	Ekstrak	
si		25
2.6.1.....	Frame	
Blocking		25
2.6.2.....	Windo	
wing		26
2.6.3	Discret	
e Fourier Transform dan Fast Fourier Transform		26

2.7.....	Vector	
Quantization		28
2.8.....	Hidden	
Markov Model		31
2.8.1.....	Tipe –	
tipe Hidden Markov Models		31
2.8.2.....	Elemen	
– elemen Hidden Markov Model (HMM)		33
BAB 3 PERANCANGAN DAN PENGOPERASIAN		36
3.1.....	Penga	
mbilan Data		36
3.2.....	Pembu	
atan Larutan		37
3.3.....	Penguk	
uran Larutan		45
3.4.....	Pengop	
erasian Perangkat Lunak (Software)		46
3.4.1.....	Proses	
Pelabelan		47
3.4.2.....	Pembu	
atan Codebook		50
3.4.3.....	Pembu	
atan Parameter HMM		54
3.4.4.....	Proses	
Identifikasi		55
BAB 4 UJI COBA DAN ANALISA SISTEM		60
4.1.....	Daftar	
Larutan Zat Warna dan Jenis Percobaan		60
4.2.....	Hasil	
Uji Coba		61
4.3.....	Analisa	
Hasil Percobaan		69

4.3.1.....	Analisa	
Hasil Percobaan Berdasarkan Ukuran Codebook		71
4.3.2.....	Analisa	
Hasil Percobaan Berdasarkan Variasi Jumlah Training ...		
.....		74
BAB 5 KESIMPULAN		76
DAFTAR ACUAN		
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.....	Struktu
r Kimia Ponceau	6
Gambar 2.2.....	Struktu
r Kimia dan Model Tartrazine	8
Gambar 2.3.....	Struktu
r Kimia Fast Green FCF.....	11
Gambar 2.4.....	Spektr
um Gelombang Elektromagnetik.....	14
Gambar 2.5.....	Transm
isi Gelombang Cahaya dan Warna	17
Gambar 2.6.....	Perban
dingan Warna yang Diserap dengan Warna Komplemen.....	17
Gambar 2.7.....	Hasil
Pengukuran 2 Unsur dengan UV-Vis Spectrophotometer ...	19
Gambar 2.8.....	Transm
ittance dan Path Length – Lambert Law	20
Gambar 2.9.....	Transm
ittance dan Konsentrasi – Bouger	21

Gambar 2.10	Perbandingan antara Absorbance dengan Konsentrasi.....	22
Gambar 2.11	Spectrophotometer UV-Vis	22
Gambar 2.12	Spektrum Gelombang Elektromagnetik untuk UV –Vis	23
Gambar 2.13	Sel tempat sampel (cuvette/kuvet).....	23
Gambar 2.14	Detector Phototube	24
Gambar 2.15	Spectrophotometer Single Beam.....	24
Gambar 2.16	Spectrophotometer Diode Array	24
Gambar 2.17	Proses frame blocking dan windowing.....	25
Gambar 2.18	Pemetaan pada proses vektor kuantisasi	28
Gambar 2.19	Kumpulan Codebook.....	30
Gambar 2.20	HMM dengan 6 state	32
Gambar 2.21	Left – Right.....	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengambilan Data dan Pengukuran Larutan Zat Warna	37
Gambar 3.2	Spectrophotometer UV-Vis 2450 Shimadzu	44
Gambar 3.3	Contoh Output dari UV-Probe 2.1	45

Gambar 3.4	Diagra	
m alir pembentukan basis data		47
Gambar 3.5	Tampil	
an Program Pembuatan Label		48
Gambar 3.6	Works	
pace untuk jenis warna dengan konsentrasi “tartrazine_10ppm”		
.....		49
Gambar 3.7	Tampil	
an Program Codebook		51
Gambar 3.8	Matrik	
hasil proses pembentukan codebook		53
Gambar 3.9	Grafik	
pemetaan codebook		53
Gambar 3.10	Tampil	
an software pembentukan parameter HMM.....		55
Gambar 3.11	Grafik	
label probability		55
Gambar 3.12	Diagra	
m alir proses pengenalan Kadar dan Jenis Zat Warna		56
Gambar 3.13	Tampil	
an program identifikasi kadar dan jenis zat warna		58
Gambar 4.1	Codeb	
ook 32 bit		71
Gambar 4.2	Codeb	
ook 64 bit		72
Gambar 4.3	Codeb	
ook 128 bit.....		72
Gambar 4.4	Codeb	
ook 256 bit.....		73
Gambar 4.5	Codeb	
ook 512 bit.....		73



Universitas Indonesia

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Zat	
pewarna bagi makanan dan minuman yang diizinkan di Indonesia	
.....	12
Tabel 2.2 Daftar	
Senyawa Chromophore dan Panjang gelombangnya	20
Tabel 3.1 Contoh	
Data Keluaran Spectrophotometer UV-Vis dalam Format Excel	
.....	46
Tabel 3.2 Nilai	
Log of Probability.....	59
Tabel 4.1 Nama	
File dan Jenis Percobaan.....	60
Tabel 4.2 Hasil	
Uji Coba untuk 5 Data Training	62
Tabel 4.3 Hasil	
Uji Coba untuk 7 Data Training	65
Tabel 4.4 Hasil	
Presentasi Keseluruhan Sistem	70
Tabel 4.5 Present	
ase akurasi berdasarkan variasi ukuran codebook dengan 5 data	
training	70
Tabel 4.6 Present	
ase akurasi berdasarkan variasi ukuran codebook dengan	70
training	70
Tabel 4.7 Present	
ase akurasi berdasarkan variasi jumlah data training	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penampilan makanan, termasuk warnanya, sangat berpengaruh untuk menggugah selera. Penambahan zat pewarna pada makanan bertujuan agar makanan atau lebih menarik. Zat pewarna sendiri secara luas digunakan di seluruh dunia. Di Indonesia, sejak dahulu orang banyak menggunakan pewarna makanan tradisional yang berasal dari bahan alami, misalnya kunyit untuk warna kuning, daun suji untuk warna hijau dan daun jambu untuk warna merah. Kemajuan teknologi pangan pangan memungkinkan zat pewarna dibuat secara sintetis. Dalam jumlah yang sedikit, suatu zat kimia bisa memberi warna yang stabil pada produk pangan. Dengan demikian produsen bisa menggunakan lebih banyak pilihan warna untuk menarik perhatian konsumen.

Pemerintah sendiri telah mengatur penggunaan zat pewarna dalam makanan. Namun demikian masih banyak produsen makanan, terutama pengusaha kecil, yang menggunakan zat-zat pewarna yang dilarang dan berbahaya bagi kesehatan, misalnya rhodamine B sebagai pewarna untuk tekstil atau cat yang pada umumnya mempunyai warna yang lebih cerah, lebih stabil dalam penyimpanan, harganya lebih murah dan produsen pangan belum menyadari bahaya dari pewarna tersebut.

Untuk mendeteksi zat warna tersebut tidak harus melalui proses kimia karena membutuhkan waktu dan biaya yang cukup banyak. Karena itu dengan adanya teknik pengenalan kecerdasan tiruan (Artificial Intelligent) yaitu Hidden Markov Model (HMM). Maka kadar dan jenis zat warna pada makanan atau minuman dapat dideteksi dengan cepat dan mudah.

1.1 TUJUAN PENELITIAN

Untuk mengetahui kadar dan jenis zat warna dengan cepat menggunakan Metode Hidden Markov Model.

1.2 BATASAN MASALAH

Skripsi ini pada dasarnya adalah mendeteksi kadar dan jenis zat warna pada bahan makanan atau menggunakan metode Hidden Markov Model. Jenis zat warna yang akan diteliti adalah jenis zat warna yang sering digunakan para produsen untuk membuat makanan atau minuman yang akan dijual dan dikonsumsi oleh para konsumen. Jenis zat warna yang sering digunakan adalah Pewarna sintesis (buatan) seperti panceau 4R, tartrazine dan fast green. Sedangkan untuk para produsen yang menginginkan keuntungan yang cukup besar maka menggunakan pewarna tekstil seperti wantek. Sampel makanan atau minuman yang digunakan yaitu air gula, agar dan jelly.

1.3 DESKRIPSI SINGKAT

Penelitian ini pada dasarnya adalah mendeteksi kadar dan jenis zat warna pada bahan makanan atau minuman sejauh yang diperbolehkan menurut Departemen Kesehatan. Untuk mengukur kadar dan jenis zat warna ini menggunakan Spectrophotometer UV-Vis 2450 sebagai alat bantu untuk mendeteksi panjang gelombang dan absorbansi (%T) dari sample yang diukur, dimana data-data dari Spectrophotometer yang masih berupa *.spc dikonversikan ke *.xls. Data yang diperoleh dari Spectrophotometer nantinya diolah dengan software MATLAB dengan menggunakan metode Hidden Markov Model.

1.4 METODOLOGI PENULISAN

Dalam penulisan skripsi ini, metode yang dilakukan meliputi tahap – tahap sebagai berikut:

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 dan jenis warna pada makanan atau minuman 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 pengekseskuan perintah. Setelah itu dilakukan penganalisisan dengan menggunakan Metode Hodden Markov Model sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.5 SISTEMATIK PENULISAN

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menerangkan latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisikan teori – teori mengenai kadar dan jenis zat warna, konsep dasar Pengolahan sinyal, spectrophotometer, spectrophotometer Shimadzu UV-Vis 2450 dan Metode Hidden Markov Model.

BAB III UJI COBA DAN ANALISIS

Bab ini berisikan penjelasan secara keseluruhan tentang sistem kerja penelitian dan rancangan perangkat lunak pengolahan data serta diagram alir dan algoritma proses dari program pengolahan data. memaparkan mengenai cara menghitung pembuatan larutan, proses pembuatan larutan, proses pengukuran spectrophotometer, hasil pengukuran, teknik pembuatan database matlab untuk tiap – tiap data hasil pengolahan kemudian pengenalan Hidden Markov Model.

BAB IV ANALISIS DATA

Bab ini berisikan Uji coba dan analisis akan dijelaskan pada berupa data-data hasil analisis dan simulasi riset pengenalan kandungan logam pada cairan. 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.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh setelah dilakukan melakukan uji coba dan analisis.

BAB 2

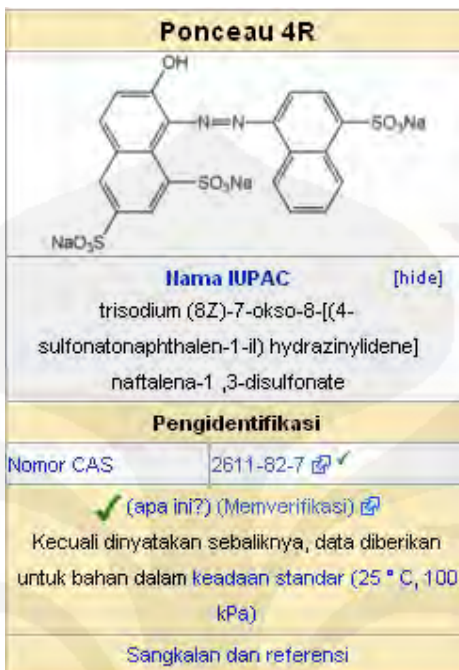
LANDASAN TEORI

2.1 Zat Warna Sintetis

Zat warna sintetis atau pewarna buatan untuk makanan diperoleh melalui proses sintesis kimia buatan yang mengandalkan bahan-bahan kimia, atau dari bahan yang mengandung pewarna alami melalui ekstraksi secara kimiawi. Beberapa contoh zat warna buatan yaitu Ponceau 4R (merah), Tartrazine (kuning) dan Fast Green FCF (hijau).

2.4.1 Ponceau 4R

Ponceau 4R (juga dikenal sebagai **CI 16.255 [1]**, **cochineal Red A [1]**, **CI Acid Red 18 [1]**, **Brilliant Scarlet 3R [1]**, **Brilliant Scarlet 4R [1]** , **New Coccine**, **SX ungu**, adalah sebuah sintetis pewarna yang dapat ditambahkan pada makanan untuk menimbulkan perubahan warna. Hal ini dilambangkan dengan E Nomor E124[1] , Kimianya Nama trisodium garam dari 1 - (4-sulpho-1-naphthylazo) - 2-naphthol-6,8-disulphonic asam. Ponceau 4R adalah merah pewarna biasanya disintesis dari tar batubara yang dapat digunakan dalam berbagai produk makanan. Struktur kimia ponceau 4R dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Ponceau

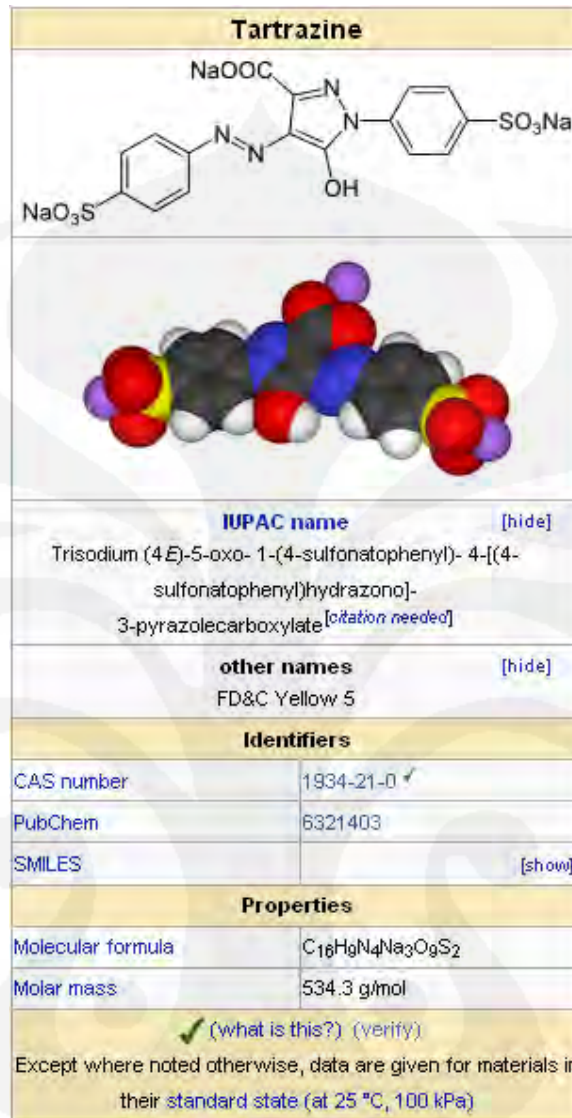
Karena ini adalah azo dye, hal itu mungkin menimbulkan intoleransi pada orang alergi terhadap salisilat (aspirin). Selain itu, ini adalah histamin pembebas, dan dapat meningkatkan gejala asma. Ponceau 4R dianggap karsinogenik di beberapa negara, termasuk Amerika Serikat, Norwegia, dan Finlandia, dan saat ini terdaftar sebagai dilarang substansi oleh US Food and Drug Administration (FDA) [1]. Sejak tahun 2000, FDA telah menyita cina - diproduksi haw flakes (buah permen) pada berbagai kesempatan untuk mengandung Ponceau 4R [2].

EFSA telah memutuskan 2009/09/23 untuk menurunkan Acceptable Daily Intake (ADI) untuk Ponceau 4R dari 4 mg / kg menjadi 0,7 mg / kg berat badan per hari. Substansi menyebabkan peningkatan migrasi nuklir DNA dalam kelenjar perut, kandung kemih (≥ 100 mg / kg) dan usus besar jaringan (≥ 10 mg / kg). Dan clastogenic aktivitas dalam tulang sumsum at ≥ 80 mg / kg. Proses produksi dapat mengakibatkan unsulphonated aromatik amine untuk hadir dalam konsentrasi sampai 100 mg / kg yang mungkin berhubungan dengan kanker. Juga sebuah studi oleh McCann et al. Menemukan bahwa campuran Ponceau 4R ditambah dengan pengawet natrium benzoat (E211) menyebabkan meningkatnya hiperaktivitas

pada manusia. Juga EFSA panel dicatat bahwa JECFA batas untuk memimpin adalah ≤ 2 mg / kg sedangkan EC spesifikasi adalah ≤ 10 mg / kg. Warna aditif juga dapat meningkatkan asupan aluminium luar lumayan mingguan asupan (TWI) 1 mg / kg / minggu. Oleh karena itu batas untuk aluminium dapat menjadi disesuaikan untuk mengakomodasi untuk ini [2].

2.4.2 Tartrazine

Tartrazin (dikenal juga sebagai **E102** atau **FD&C Yellow 5**) adalah pewarna kuning lemon sintetis yang umum digunakan sebagai pewarna makanan [3]. Tartrazin merupakan turunan dari coal tar, yang merupakan campuran dari senyawa fenol, hidrokarbon polisiklik, dan heterosklik. Karena kelarutannya dalam air, tartrazin umum digunakan sebagai bahan pewarna minuman [4]. Absorbansi maksimal senyawa ini dalam air jatuh pada panjang gelombang 427 ± 2 nm [5]. Tartrazin merupakan bahan pewarna yang umum digunakan di Afrika, Swedia, dan Indonesia. Untuk menghasilkan warna lain, tartrazin dapat dicampurkan dengan E133 Biru Brilian Brilliant Blue FCF atau E142 Hijau Green S untuk menghasilkan sejumlah variasi warna hijau. Parlemen Eropa mengizinkan penggunaan senyawa ini di negara Uni Eropa dengan Surat Keputusan Konsul (Council Directive) 94/36/EC. Struktur kimia dan Model Tartrazine dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Kimia dan Model Tartrazine

2.1.2.1 Produk yang Mengandung Tartrazine

Banyak makanan yang mengandung tartrazine dalam berbagai proporsi, tergantung pada pabrik, walaupun yang sering digunakan saat ini adalah menghindari atau pengganti non-zat pewarna sintetis seperti annatto, malt warna, atau betakaroten (Lihat sensitivitas & Intoleransi, di bawah). Produk termasuk tartrazine umumnya termasuk gula-gula, kembang gula, minuman ringan (Mountain Dew), minuman energi, instan puding, rasa keripik jagung (Doritos, Nacho, dll), sereal (corn flakes, muesli, dll), kue Mixes, kue-kue, custard bubuk, sup (terutama instan atau "kubus" sup), saus, beberapa rices (seperti paella,

risotto, dll), minuman bubuk campuran, minuman olahraga, es krim, es muncul, permen, permen karet, marzipan, selai, jeli, gelatins, selai jeruk, mustard, lobak, yogurt, mie, acar dan acar lain produk, merek-merek tertentu buah labu, buah-buahan ramah, keripik kentang, Biskuit, dan banyak makanan kenyamanan bersama-sama dengan gliserin, lemon dan madu produk. Non-produk makanan yaitu Sabun, kosmetik, sampo dan produk rambut lainnya, pelembab, krayon, Hand Sanitizer dan stempel pewarna. Pengobatan yaitu Vitamin, antasida, obat kapsul dan obat resep tertentu.

2.1.2.2 Sensitivitas dan Intoleransi

Tartrazine tampaknya menyebabkan alergi dan intoleransi kebanyakan reaksi dari semua pewarna azo, khususnya di antara penderita asma dan orang-orang dengan intoleransi aspirin [6]. Gejala dari tartrazine kepekaan dapat terjadi baik oleh penelanan atau kulit terpapar suatu zat yang mengandung tartrazine. Berbagai tanggapan kekebalan telah dihubungkan dengan tartrazine penelanan, termasuk kecemasan, migrain, depresi klinis, penglihatan kabur, gatal-gatal, kelemahan umum, gelombang panas, rasa sesak napas, kulit ungu patch, dan gangguan tidur [7].

Orang-orang tertentu yang terkena gejala-gejala pengalaman pewarna tartrazine kepekaan bahkan pada dosis sangat kecil, sebagian untuk periode sampai dengan 72 jam setelah terkena. Pada anak-anak, asma serangan dan gatal-gatal telah diklaim, serta seharusnya link ke tiroid tumor, kerusakan kromosom, dan hiperaktif [8]. Tartrazine prevalensi intoleransi diperkirakan sekitar 360.000 orang Amerika yang terkena dampak, sekitar 0,12% dari populasi umum [9]. Menurut FDA, tartrazine menyebabkan gatal-gatal dalam waktu kurang dari 1 dalam 10.000 orang, atau 0,01% [10]. Sebuah studi 1994 di University of Melbourne menyarankan bahwa anak-anak yang sebelumnya diidentifikasi sebagai hiperaktif mungkin menunjukkan peningkatan iritabilitas, gelisah, dan gangguan tidur setelah menelan tartrazin [7].

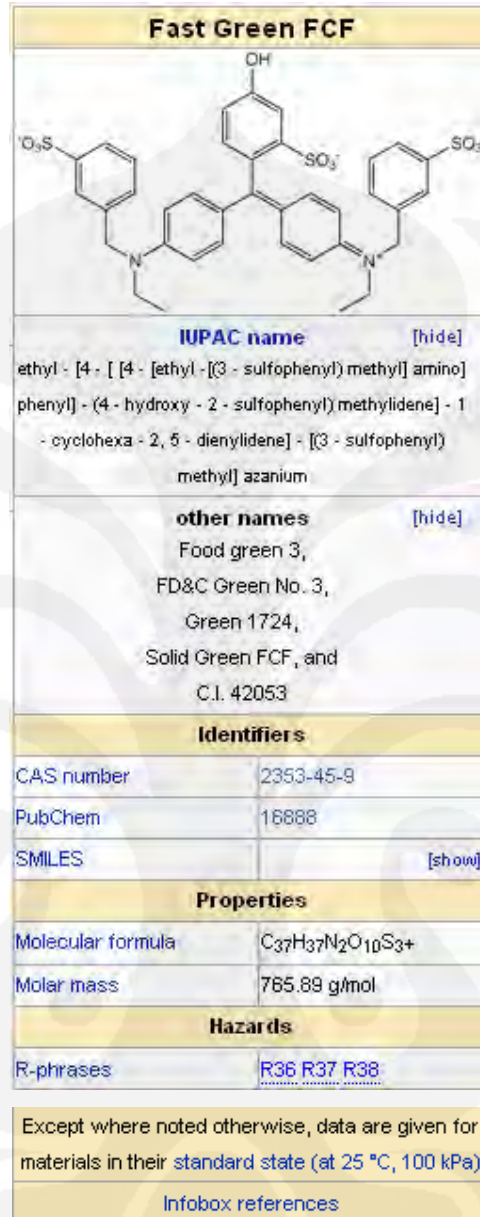
Tidak jelas sejauh mana masalah-masalah ini dapat secara khusus dikaitkan dengan tartrazine dalam individu yang terkena dampak. Adanya reaksi sensitivitas terkenal, tetapi adanya efek yang lebih ekstrem tetap kontroversial.

Insiden intoleransi tartrazine cukup rendah seperti ditunjukkan di atas, dan ada banyak kontroversi tentang apakah tartrazine memiliki efek buruk pada individu yang tidak jelas tidak toleran. Penghindaran total adalah cara yang paling umum untuk menangani sensitivitas tartrazine [11], namun kemajuan telah dicapai dalam mengurangi sensitivitas tartrazine orang dalam sebuah studi tentang orang-orang yang sensitif secara simultan baik aspirin dan tartrazine [12].

2.4.3 Fast Green FCF

Fast Green FCF, juga disebut **Makanan hijau 3**, **FD & C Green No 3**, **Hijau 1724**, **Solid Hijau FCF**, dan **CI 42.053**, adalah laut hijau triarylmethane pewarna makanan.. Nomor E adalah E143. Fast Green FCF dianjurkan sebagai pengganti Light Green SF kekuningan di Masson's trichrome, sebagai warna yang lebih cemerlang dan kurang cenderung memudar. Digunakan sebagai kuantitatif noda untuk histon pada pH basa asam setelah ekstraksi DNA. Hal ini juga digunakan sebagai noda protein dalam elektroforesis. Penyerapan maksimum pada 625 nm.

Fast Green FCF sulit diserap oleh usus [13]. Penggunaannya sebagai pewarna makanan adalah dilarang di Uni Eropa dan beberapa negara lainnya. Hal ini dapat digunakan untuk kaleng kacang hijau dan sayuran, jeli, saus, ikan, makanan pencuci mulut, dan roti kering pada tingkat campuran sampai 100 mg / kg [14]. Struktur kimia fast green FCF dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Fast Green FCF

2.2 Peraturan Mengenai Zat Warna

Peraturan mengenai pemakaian zat warna dalam makanan ditetapkan oleh masing-masing Negara, dengan tujuan antara lain untuk menjaga kesehatan dan keselamatan rakyat dari hal-hal yang dapat timbul karena pemakaian zat warna tertentu yang dapat membahayakan kesehatan. Peraturan dari suatu Negara berbeda dengan Negara lainnya. Misalnya amaranth yang dilarang di Amerika

Serikat karena ditakutkan dapat menyebabkan kanker, masih diperbolehkan di Negara-negara Eropa dan berbagai Negara lainnya.

Timbulnya penyalahgunaan zat pewarna tersebut disebabkan oleh ketidaktahuan rakyat mengenai zat pewarna makanan, atau disebabkan karena tidak adanya penjelasan pada label yang melarang penggunaan senyawa tersebut untuk bahan pangan. Disamping itu, harga zat pewarna untuk industry relative lebih murah dibandingkan zat pewarna untuk makanan. Hal ini disebabkan bea masuk zat pewarna untuk bahan makanan jauh lebih tinggi daripada zat pewarna untuk bahan makanan.

Hingga saat ini aturan penggunaan zat pewarna di Indonesia diatur dalam SK Menteri Kesehatan RI tanggal 22 Oktober 1973 No. 11332/A/SK/73 seperti terlihat pada Tabel 2.1. Tetapi dalam peraturan itu belum dicantumkan tentang dosis penggunaannya dan tidak adanya sanksi bagi pelanggaran terhadap ketentuan tersebut.

Tabel 2.1. Zat pewarna bagi makanan dan minuman yang diizinkan di Indonesia

Warna	Nama	Nomor indeks nama
I. Zat warna alam		
Merah	Alkanat	75520
Merah	<i>Cochineal red</i> (karmin)	75470
Kuning	<i>Annato</i>	75120
Kuning	Karoten	75130
Kuning	Kurkumin	75300
Kuning	Safron	75100
Hijau	Klorofil	75810
Biru	Ultramarin	77007
Coklat	Karamel	-
Hitam	<i>Carbon black</i>	77266
Hitam	Besi oksida	77499
Putih	Titanium dioksida	77891
II. Zat warna sintetik		
Merah	<i>Carmoisine</i>	14720
Merah	<i>Amaranth</i>	16185
Merah	<i>Erythrosium</i>	45430
Oranye	<i>Sunsetyellow FCF</i>	15985
Kuning	<i>Tartrazine</i>	19140
Kuning	<i>Quineline yellow</i>	47005
Hijau	<i>Fast green FCF</i>	42053
Biru	<i>Brilliant blue FCF</i>	42090
Biru	<i>Indigocarmine</i> (indigotine)	42090
Ungu	<i>Violet GB</i>	42640

2.3 Peranan Pewarna Dalam Makanan di Industri Pangan

Penggunaan pewarna makanan telah banyak memperoleh sorotan baik di luar negeri maupun di dalam negeri sehubungan dengan segi-segi keamanannya.

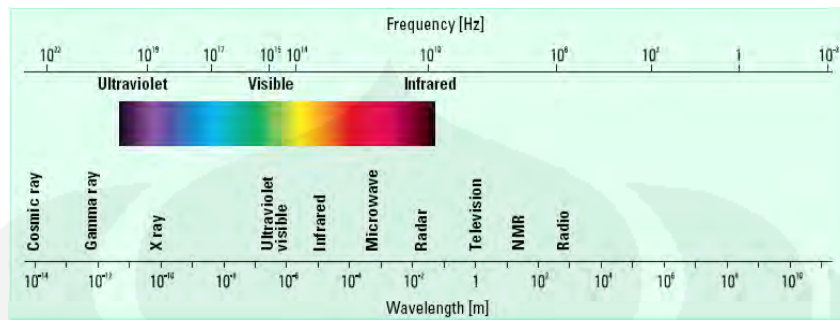
Tidak dapat disangka bahwa pewarna makanan tidak berperan dalam memperbaiki nilai gizi makanan kecuali beta-karoten, apo-karotenal dan riboflavin, akan tetapi ditinjau dari sudut estetika bahan pewarna ini amat penting. Pertama-tama karena keberhasilan dalam pemasaran suatu produk sangat ditentukan oleh penampakkannya, sehubungan dengan kenyataan bahwa konsumen pada umumnya menilai kualitas dan produk tersebut. Kedua, produk yang memiliki warna yang menarik akan memiliki peluang yang lebih besar untuk dibeli konsumen dan dikonsumsi.

Beberapa peranan pewarna industri pangan diantaranya yaitu :

- a. Memperbaiki penampilan dari makanan yang warnanya akibat proses termal atau yang warnanya diperkirakan akan menjadi pudar selama penyimpanan, misalnya sayuran.
- b. Memperoleh warna yang seragam pada komoditi yang warna alamiahnya tidak seragam. Dengan penambahan pewarna diharapkan penampilan produk tersebut akan lebih seragam dengan demikian penerimaan produk tersebut oleh konsumen juga akan lebih mantap. Contohnya : pewarna kulit jeruk.
- c. Memperoleh warna yang lebih tua dari aslinya. Misalnya pada produk-produk seperti minuman ringan dan yogurt yang diberi tambahan flavor tertentu konsumen seringkali mengasosiasikan flavor tersebut dengan suatu warna yang khas.
- d. Melindungi zat-zat flavor dan vitamin-vitamin yang peka terhadap cahaya/tirai yang menghambat masuknya cahaya.
- e. Memperoleh penampilan yang lebih menarik dari bahan aslinya, misalnya pewarnaan agar-agar.
- f. Untuk identifikasi produk, misalnya margarine bewarna kuning.
- g. Sebagai indikator visual untuk kualitas. Sehubungan dengan ini pewarna juga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses pengolahan, penyimpanan dan pengawasan kualitas.

2.4 Spektrofotometri

Radiasi gelombang Ultraviolet dan cahaya tampak merupakan bagian kecil dari spektrum foton, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Spektrum Gelombang Elektromagnetik[15]

Energi yang berhubungan dengan radiasi elektromagnetik didefinisikan dalam Persamaan 2.1 :

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

dengan :

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 pergerakan gelombang[15]. 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[15]. 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 data yang diukur menyebabkan energi molekul ataupun atom dari sampel data tersebut akan ikut naik[15].

2.4.1 Transmittance dan Absorban

UV-Vis Spectrophotometer digunakan terutama 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 data, maka intensitas energi radiasi yang berkurang (di) persatuan jarak (db) akan sebanding dengan jumlah partikel yang mengabsorpsinya[15], 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 = luas penampang (cm²)

$$k' = 6,02 \times 10^{20} \times X \times Y \text{ partikel cm}^2/\text{mol}$$

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

Ketika sebuah cahaya melewati atau direfleksi dari sampel data pengukuran, jumlah cahaya yang diserap adalah perbedaan antara radiasi kejadian (incident radiation) (I_o) dan radiasi yang ditransmisikan (transmitted radiation)[15]. 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:

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

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

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

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

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

dengan:

A = - log T = absorban (serapan)

I_o = (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 data

ε = absorbtivitas molekuler/konstanta ekstingsi (L.mol⁻¹.cm⁻¹)

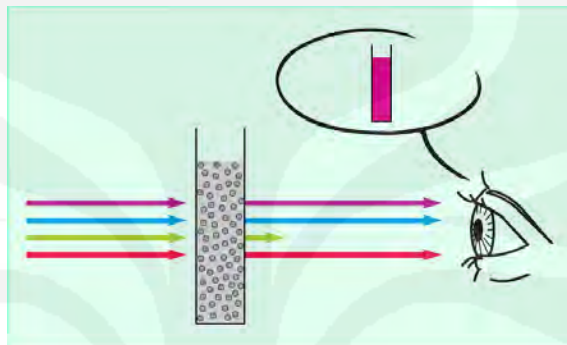
a = daya serap (L.g⁻¹.cm⁻¹)

b = tebal larutan/kuvet (cm)

c = konsentrasi (g.L⁻¹, mg.mL⁻¹)

2.4.2 Warna pada Spectrophotometer

Warna merupakan salah properti dari zat kimia. Warna sangat berkaitan dengan tingkat absorpsivitas dan reflektivitas[15]. Mata manusia melihat warna komplemen dimana warna tersebut diserap seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.5. 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[15]. Spectrophotometer dapat digunakan untuk mengukur warna bila diberikan perangkat lunak yang tepat. Gambar 2.4 menunjukkan perbandingan warna yang diserap dengan warna komplemen[15].



Gambar 2.6 Perbandingan Warna yang Diserap dengan Warna Komplemen[15]

2.4.3 Sampel Larutan Spectrophotometer

Untuk hasil yang lebih akurat, sampel data yang akan dianalisa harus terdiri dari komponen yang akan menyerap cahaya dimana sebelumnya telah dilakukan kalibrasi. Jika sebuah sampel larutan akan diukur, maka sebuah sampel larutan 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[15]. 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[15]. 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[15]. 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 konsentration dari komponen murni yang diketahui diukur untuk menentukan koefisien absorbtivitas molekuler (konstanta ekstingsi) pada panjang gelombang yang dipilih[15]. 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 :

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

dengan :

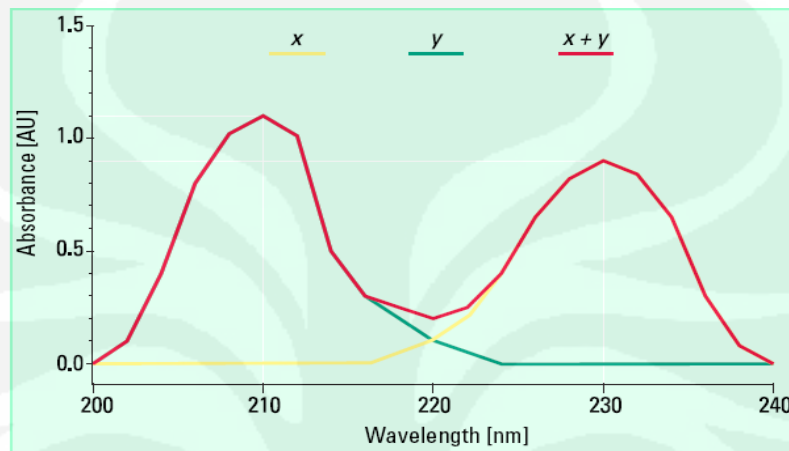
A' = absorban pada panjang gelombang tertentu

e = absorbtivitas molekuler

b = path length

c = konsentrasi

Pada Gambar 2.7 ditunjukkan hasil pengukuran 2 komponen x dan y dengan UV-Vis spectrophotometer.



Gambar 2.7 Hasil Pengukuran 2 Unsur dengan UV-Vis Spectrophotometer[15]

2.4.4 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[15]. 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[15]. Dibawah ini ditunjukkan Tabel 2.2 yang berisi daftar senyawa Chromophore dan panjang gelombang maksimum absorban.

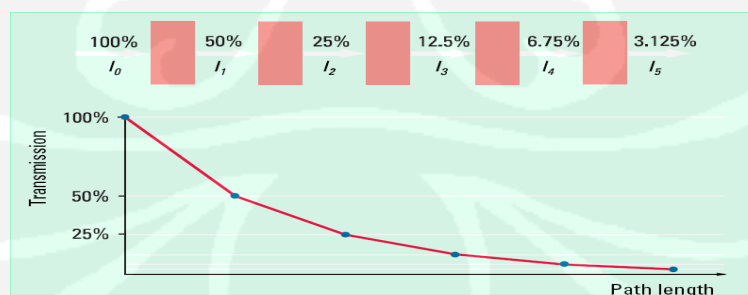
Tabel 2.2 Daftar Senyawa Chromophore dan Panjang gelombangnya[15]

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 indikator adanya senyawa chromophore. Bagaimana pun juga, posisi dari absorban maksimum tidak selalu tetap tetapi tergantung 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[15].

2.4.5 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 2.8.[15].

**Gambar 2.8.** 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

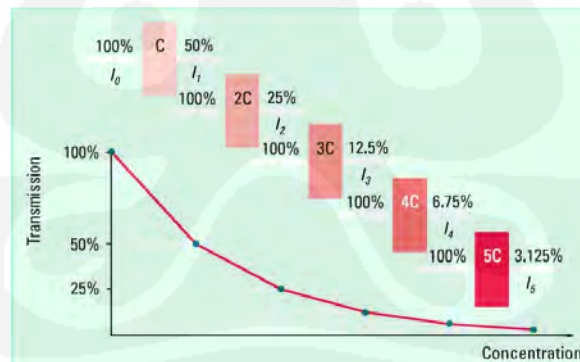
mengemukakan teori yang sama pada tahun 1729 Bouguer, ditunjukkan pada Persamaan 2.13.

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

dengan :

- T = transmittance
- I_0 = intensitas Kejadian
- I = intensitas yang ditransmisikan
- e = bilangan logaritma natural
- k = konstanta
- b = path length (dalam centimeter)

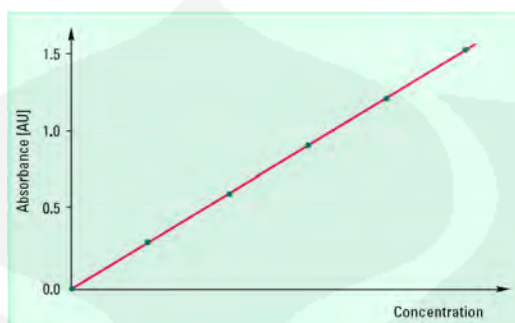
Teori Lambert-Beer sama dengan teori yang dikemukakan oleh Bouguer, kecuali teori Bouguer dinyatakan dalam konsentrasi bukan dalam path length. Banyaknya jumlah cahaya yang terabsorpsi adalah proporsional dengan jumlah absorpsi molekul dimana cahaya itu melewati, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.[15]



Gambar 2.9 Transmittance dan Konsentserasi – Bouguer[15]

Dimana c merupakan konsentserasi 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 2.10.[15]



Gambar 2.10. Perbandingan antara Absorbance dengan Konsentrasi[15]

2.5 UV-Vis Spectrophotometer

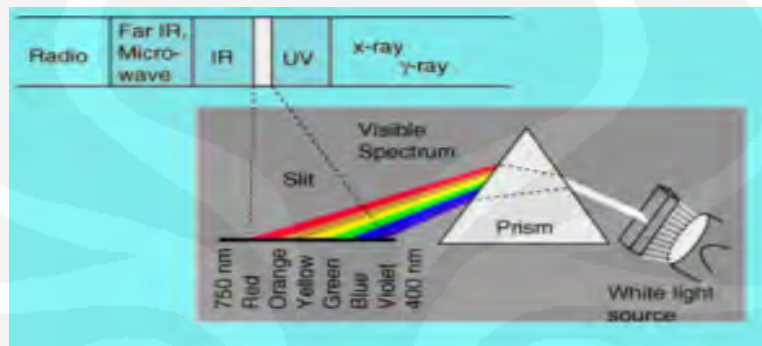
Spektrofotometri serap merupakan pengukuran interaksi antara radiasi cahaya pada panjang gelombang tertentu yang sempit dan mendekati monokromatik, dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia[16]. Pada Gambar 2.11 menunjukkan alat Spectrophotometer.



Gambar 2.11. Spectrophotometer UV-Vis [16]

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) [16]. 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) [16]. Pada penelitian kandungan logam ini sumber energi cahaya yang digunakan adalah Visible (Vis) Sumber cahaya untuk UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Spektrum Gelombang Elektromagnetik untuk UV –Vis [16]

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 larutan (dalam hal ini menggunakan kuvet) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13



Gambar 2.13. Sel tempat sampel larutan (cuvette/kuvet)

4. Suatu detektor, yang berupa transduser yang mengubah energi cahaya menjadi suatu isyarat listrik. Untuk sumber energi cahaya radiasi UV

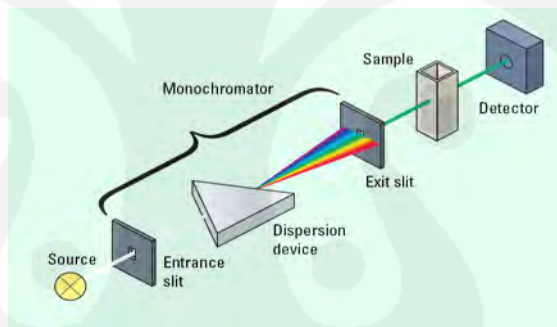
(Ultraviolet), detektor yang digunakan adalah detektor jenis Phototube seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Detektor Phototube

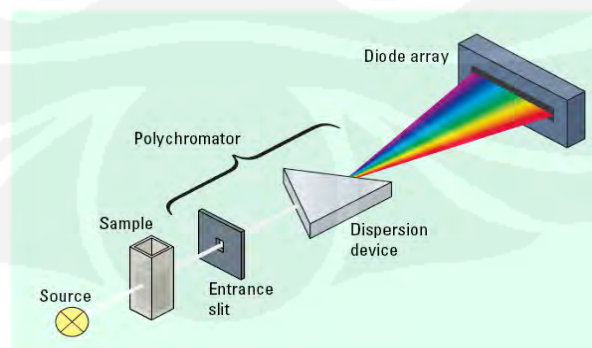
Berdasarkan detektornya spektrophotometer dibagai 2[15] :

- a. Conventional Singel Beam Spectrophotometer seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15.[6]



Gambar 2.15. Spectrophotometer Single Beam[15]

- b. Diode Array Spectrophotometer seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16.[15]

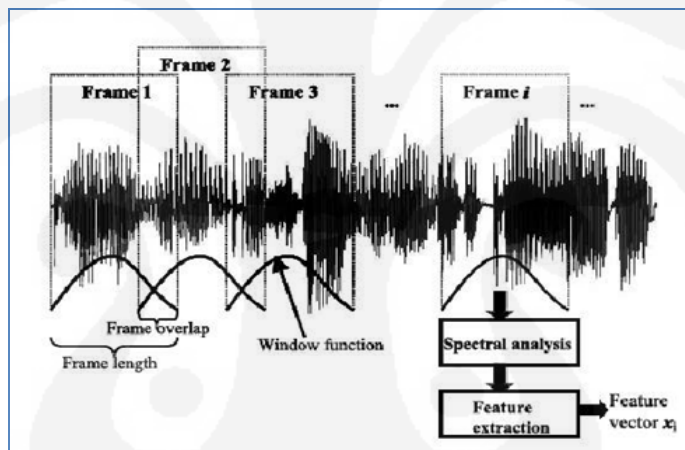


Gambar 2.16. Spectrophotometer Diode Array[15]

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

2.6 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. Proses frame blocking dan windowing dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Proses frame blocking dan windowing[19]

2.6.1 Frame Blocking

Pada proses frame blocking, suatu sinyal kontinu yang diterima akan dibagi ke dalam N frame berdasarkan persamaan (2.17). Sinyal kontinu diblok dalam frame dari N sampel data, dengan frame berdekatan yang terpisah oleh M ($M < N$). Frame pertama terdiri dari N sampel data pertama. Frame kedua mulai M sampel data setelah frame pertama dan saling menyusul dengan $N - M$ sampel data. Begitu pula dengan frame ketiga mulai sampel data $2M$ setelah frame pertama (atau M sampel data setelah frame kedua) dan menyusul $N - 2M$ sampel data. Proses ini berlanjut sampai semua sinyal dihitung dalam satu frame atau lebih.

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

Dimana : N = banyak data per frame

f_s = 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.

2.6.2 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. Windowing diperlukan untuk mengurangi efek diskontinuitas dari potongan - potongan sinyal. Jenis windowing yang digunakan adalah metode Hamming.. Hasil windowing adalah sinyal yang dinyatakan dalam persamaan :

$$y_1(n) = x_1(n)w(n), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.15)$$

Pada program ini menggunakan Hamming windowing yang dinyatakan dalam persamaan

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.16)$$

2.6.3 Discrete Fourier Transform dan Fast Fourier Transform

Tujuan utama dari transformasi Fourier ini adalah untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi spektrum pada domain frekuensi. Discrete Fourier Transform (DFT) digunakan untuk mengubah frame-frame dari domain spasial ke domain frekuensi. Transformasi diskrit merupakan transformasi dimana input

dan output bernilai diskrit yang digunakan untuk manipulasi di komputer. Rumus DFT untuk mengubah N data dari domain spasial ke domain frekuensi adalah sebagai berikut :

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) e^{-j2\pi ux/N} \quad (2.17)$$

dimana : $F(u)$: transformasi fourier

$f(x)$: fungsi image dalam domain spasial

N : jumlah data

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan algoritma yang lebih cepat dari Discrete Fourier transform (DFT). FFT dapat mereduksi jumlah perhitungan untuk setiap N data yang sama pada perhitungan DFT sehingga perhitungan yang ada menjadi lebih cepat khususnya ketika nilai N yang digunakan cukup besar[17] menggunakan persamaan:

$$F(u) = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(2x) W_M^{ux} + \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(2x+1) W_M^{ux} W_{2M}^u \right] \quad (2.18)$$

W_M^{ux} dapat dituliskan sebagai

$$W_M^{ux} = e^{-j2ux\pi/M} \quad (2.19)$$

W_{2M}^u dapat dituliskan sebagai

$$W_{2M}^u = e^{-j\pi u/M} \quad (2.20)$$

$$e^{-j\pi u/M} = \cos(\pi u/M) + j \sin(\pi u/M) \quad (2.21)$$

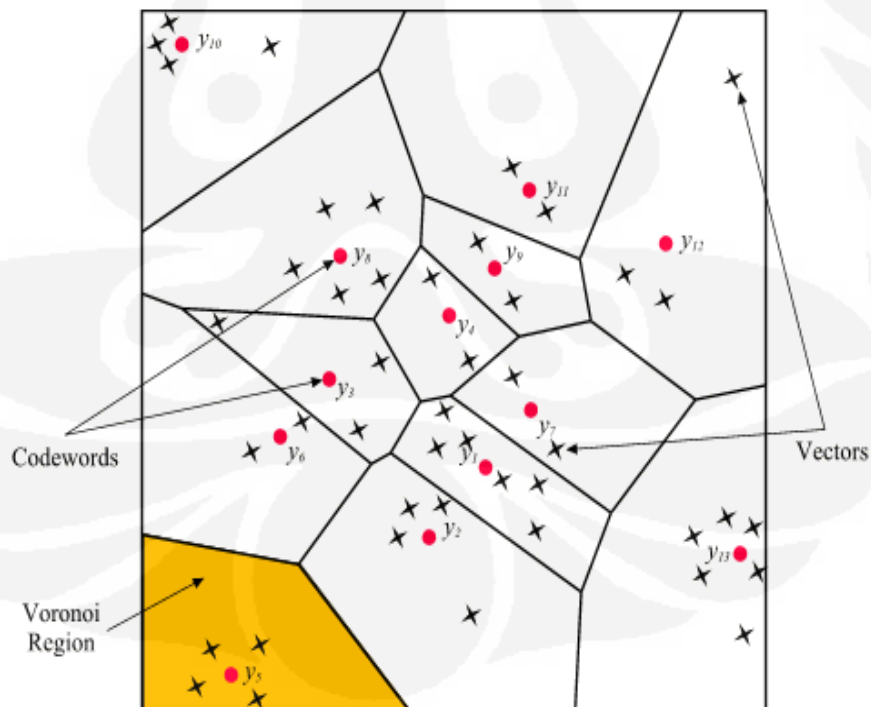
Dimana : $M = \frac{1}{2} N$

Tujuan membuat DFT ke FFT adalah untuk vector titik-titik disetiap gelombang dari nilai Persamaan 2.21 yang kemudian akan digunakan dalam Vector quantization.

2.7 Vector Quantization

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 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 2.18.



Gambar 2.18 Pemetaan pada proses vektor kuantisasi[17]

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

Gambar 2.19 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 codebooknya, 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.

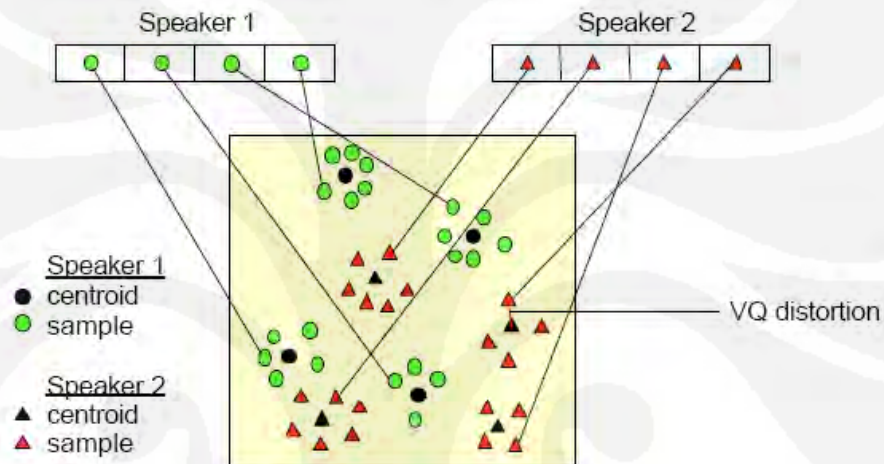
Dalam pembentukan codebook untuk iterasi guna memperbaiki Vector quantization digunakan General Lloyd Algorithm (GLA) atau disebut LBG algorithm. LBG algorithm tersebut dapat diimplementasikan dengan prosedur rekursif sebagai berikut :

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 :

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

$$C_n^- = C_n(1 - \varepsilon) \quad (2.24)$$

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



Gambar 2.19 Kumpulan Codebook

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 tersebut.
5. Iterasi 1
Mengulang step 3 dan 4 sampai jarak rata-rata dibawah present treshold.

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.

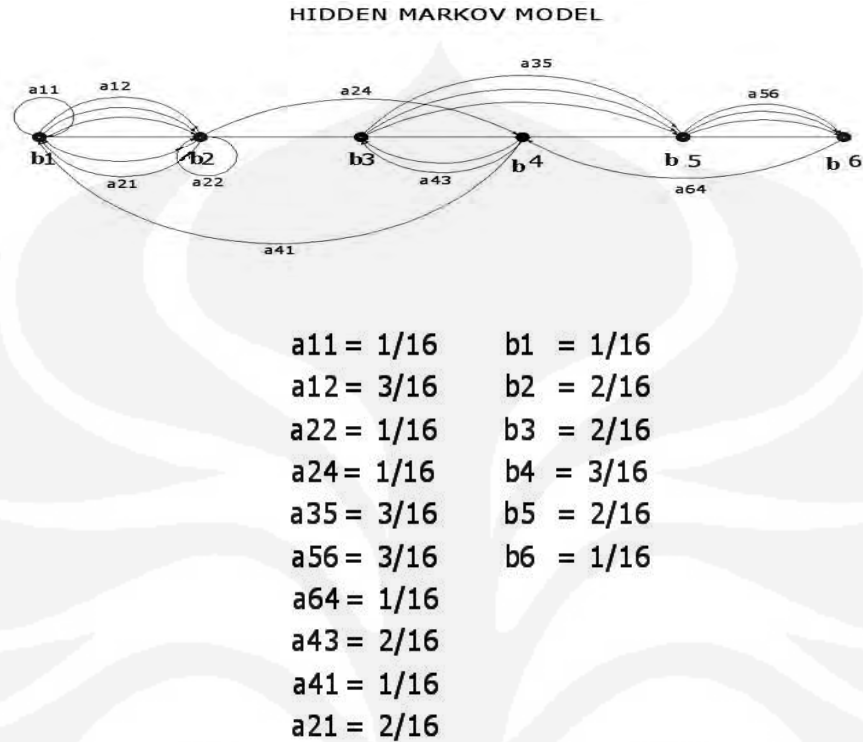
2.8 HIDDEN MARKOV MODEL

Hidden Markov models (HMM) merupakan model dengan pendekatan statistik yang digunakan dalam berbagai implementasi gelombang. Time variance dalam suatu bahasa dimodelkan sebagai proses Markov dengan discrete state. Masing-masing state menghasilkan observasi menurut karakteristik distribusi probabilitas dari state tersebut. Observasi dapat mengambil pada harga diskrit atau kontinyu. Observasi merepresentasikan durasi waktu yang tetap yang disebut frame. Pada model ini state tidak secara langsung dapat diamati, hal ini yang menjadikan model ini disebut sebagai hidden Markov model.

2.8.1 Tipe-tipe Hidden Markov Model

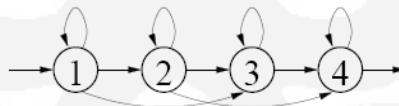
Salah satu cara untuk mengklasifikasikan HMM adalah dengan melihat bentuk matrix transisinya (A) dari rantai markov. Bentuk yang umum adalah bentuk ergodic atau bentuk yang setiap state saling terhubung (fully connected HMM). Seperti terlihat pada Gambar 2.18, a untuk N = 6 state model, model ini mempunyai nilai a_{ij} antara 0 dan 1. Nilai 0 dan 1 tidak termasuk, jika tidak maka bentuk model ergodic tidak akan terwujud. Matriks transisi untuk ergodic model dapat dimisalkan seperti dibawah ini[17].

$$A_{nn} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$



Gambar 2.20 HMM dengan 6 state ^[17]

Namun dapat juga dimodelkan dengan model left-right Markov seperti pada Gambar 2.18



Gambar 2.21 left-right

Untuk voice recognition atau speech recognition model yang tepat digunakan adalah model left-right HMM atau biasa disebut Bakis Model. Mengikuti kenyataan bahwa dalam suara aliran waktu terus bertambah, hal ini dapat diwakili oleh perpindahan state dari kiri ke kanan (left-to-right). Seperti terlihat pada Gambar 2.20^[17]. Pada a_{11} menunjukkan perpindahan state ada 1 sehingga nilai kemungkinan munculnya yaitu $1/16$, a_{12} menunjukkan perpindahan state ada 3 sehingga nilai kemungkinan munculnya yaitu $3/16$, dan begitu

selanjutnya untuk semua matriks. Pada b_1 menunjukkan munculnya state menuju ke 1 ada 4 yaitu a_{11} , a_{12} , a_{21} , dan a_{41} sehingga nilai kemungkinan munculnya 4/16, begitu selanjutnya untuk semua state.

2.8.2 Elemen-elemen Hidden Markov Model (HMM)

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 :

Parameter A pada 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 :

$$A = a_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

2. **Parameter B** disebut sebagai probabilitas state, merupakan probabilitas kemunculan suatu state dalam deretan seluruh state yang ada.

Parameter B dalam 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 :

$$B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

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 :

$$\pi = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

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

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

$$Q = q_1 q_2 \dots q_T \dots \dots \dots (2.29)$$

di mana q_1 adalah *initial-state*. Maka probabilitas urutan observasi O untuk urutan *state* persamaan (2.27) adalah

$$P(O|Q, \lambda) = \prod_{t=1}^T P(Q_t|q_t, \lambda) \dots \dots \dots (2.30)$$

$$\text{Sehingga diperoleh } P(O|Q, \lambda) = b_{q_1}(O_1) \cdot b_{q_2}(O_2) \dots b_{q_T}(O_T) \quad (2.31)$$

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

$$P(Q|\lambda) = \pi_{q_1} a_{q_1 q_2} a_{q_2 q_3} \dots a_{q_{T-1} q_T} \dots \dots \dots (2.32)$$

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

$$P(O, Q|\lambda) = P(O|Q, \lambda) P(Q, \lambda) \dots \dots \dots (2.33)$$

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

$$P(O|\lambda) = \sum_{q_1, q_2, \dots, q_T} P(O|Q, \lambda) P(Q|\lambda) \dots \dots \dots (2.34)$$

atau dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$P(O|\lambda) = \sum_{q_1, q_2, \dots, q_T} \pi_{q_1} b_{q_1}(O_1) a_{q_1, q_2} b_{q_2}(O_2) \dots a_{q_{T-1} q_T} b_{q_T}(O_T) \dots \dots (2.35)$$

$$\text{Log of Probability (LoP)} = \text{Log } P(\mathcal{O} | \lambda) \dots\dots\dots (2.23)$$

Jika terdapat keadaan dimana :

State 1 : waveform segment 1 (W_1)

State 2 : waveform segment 2 (W_2)

State 3 : waveform segment 3 (W_3)

State 4 : waveform segment 4 (W_4)

State 5 : waveform segment 5 (W_5)

Lop =

Maka, probabilitas dari observasi HMM :

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

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

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

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 HMM-nya, yang perhitungannya dicocokkan dengan nilai pada parameter HMM *database*.

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

BAB 3

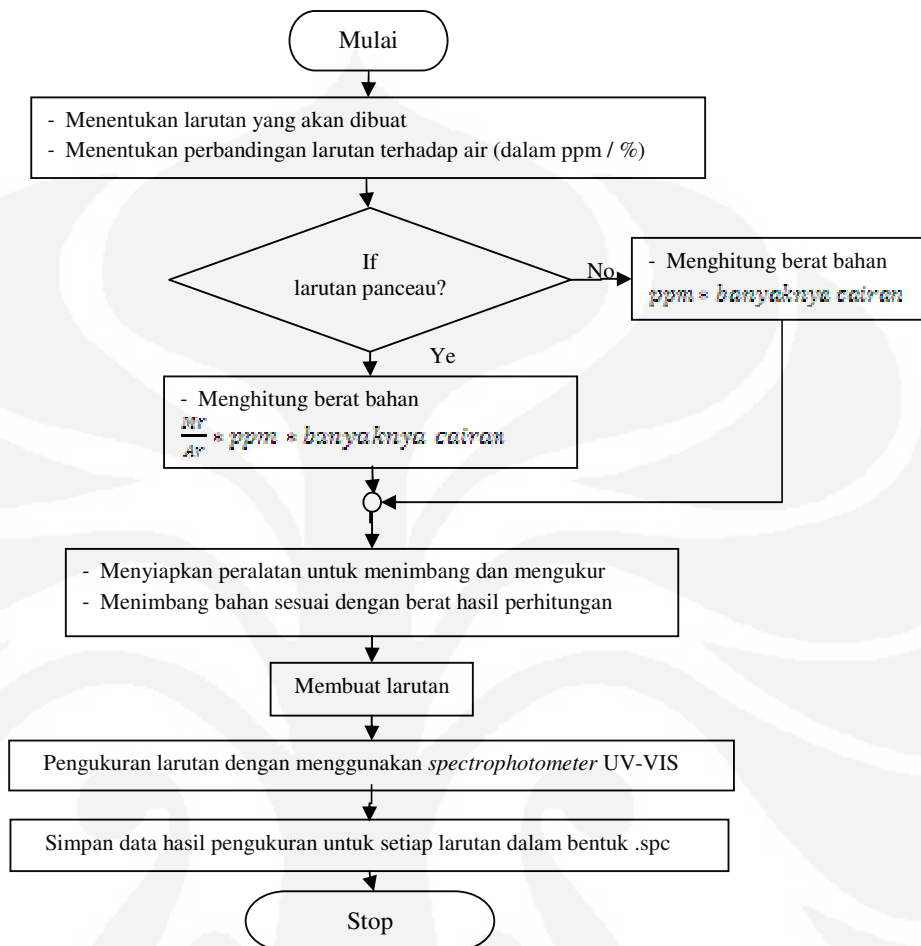
PERANCANGAN dan CARA KERJA SISTEM

Untuk merancang program pendeteksi kadar dan jenis zat warna pada makanan dan minuman, hal yang pertama kali yang harus dilakukan adalah pembuatan larutan warna dengan berbagai konsentrasi yang berbeda-beda dan kemudian mengukur larutan tersebut dengan menggunakan spectrophotometer UV-Vis. Untuk menampilkan kadar dan jenis zat warna yang akan diidentifikasi atau dikenal (recognized), dilakukan dengan menggunakan teknik Hidden Markov Model (HMM).

3.1 Pengambilan Data

Berikut pada Gambar 3.1 merupakan diagram alir proses pengambilan data untuk perancangan program pendeteksi kadar dan jenis zat warna pada makanan atau minuman. 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



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengambilan Data dan Pengukuran Larutan Zat Warna

3.2 Pembuatan Larutannya

Untuk membuat suatu larutan dengan kadar konsentrasi yang berbeda-beda maka terlebih dahulu membuat larutan dengan konsentarsi sebesar 1000 ppm didalam labu berukuran 100 ml , yaitu :

$$m = M \times V$$

$$m = 1000 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}$$

$$m = 100 \text{ mg}$$

$$m = 0,1 \text{ gram}$$

Larutan yang akan dibuat, antara lain :

1. Larutan Panceau 4R dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm. Di buat dalam labu yang berukuran 100 ml
2. Larutan Tartrazine dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
3. Larutan Fast Green FCF dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
4. Larutan merah tekstil dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
5. Larutan kuning tekstil dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
6. Larutan hijau tekstil dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
7. Larutan Panceau 4R+air gula dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
8. Larutan Tartrazine+jelly dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
9. Larutan Fast Green FCF+agar dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
10. Larutan merah tekstil+air gula dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
11. Larutan kuning tekstil+jelly dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.
12. Larutan hijau tekstil+agar dengan kadar konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm dan 80 ppm.

3.2.1 Langkah – langkah pembuatan.

3.2.1.1 Menghitung volume larutan zat warna untuk labu 100 ml, yaitu :

1. Konsentrasi 10 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$1000 \text{ mg.ml/l}$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

2. Konsentrasi 20 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$2000 \text{ mg.ml/l}$$

$$V_1 = \frac{2000 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 2 \text{ ml}$$

3. Konsentarsi 40 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{40 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$4000 \text{ mg.ml/l}$$

$$V_1 = \frac{4000 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 4 \text{ ml}$$

4. Konsentrasi 60 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{60 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$6000 \text{ mg.ml/l}$$

$$V_1 = \frac{6000 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 6 \text{ ml}$$

5. Konsentrasi 80 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{80 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$8000 \text{ mg.ml/l}$$

$$V_1 = \frac{8000 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 8 \text{ ml}$$

3.2.1.2 Menghitung volume larutan warna untuk labu 25 ml, yaitu :

1. Konsentrasi 10 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mg/l} \times 25 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$250 \text{ mg.ml/l}$$

$$V_1 = \frac{250 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ ml}$$

2. Konsentrasi 20 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ mg/l} \times 25 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ ml}$$

3. Konsentarsi 40 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{40 \text{ mg/l} \times 25 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

4. Konsentrasi 60 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{60 \text{ mg/l} \times 25 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = \frac{1500 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ ml}$$

5. Konsentrasi 80 ppm

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{80 \text{ mg/l} \times 25 \text{ ml}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = \frac{2000 \text{ mg.ml/l}}{1000 \text{ mg/l}}$$

$$V_1 = 2 \text{ ml}$$

4. Menghitung massa jelli untuk di campurkan ke dalam labu 100 ml. (langkah pembuatan jelly dalam kemasan yaitu masukan bubuk jelly sebanyak 15 gram lalu tambahkan air sebanyak 700 ml).maka :

$$m_2 = \frac{m_1 \times V_2}{V_1}$$

$$m_2 = \frac{15 \text{ gr} \times 100 \text{ ml}}{700 \text{ ml}}$$

$$m_2 = \frac{1500 \text{ gr.ml}}{700 \text{ ml}}$$

$$V_1 = 2,1428 \text{ gram}$$

5. Menghitung massa agar untuk di campurkan ke dalam labu 100 ml. (langkah pembuatan agar dalam kemasan yaitu masukan bubuk jelly sebanyak 7 gram lalu tambahkan air sebanyak 900 ml).maka :

$$m_2 = \frac{m_1 \times V_2}{V_1}$$

$$m_2 = \frac{7 \text{ gr} \times 100 \text{ ml}}{900 \text{ ml}}$$

$$m_2 = \frac{700 \text{ gr.ml}}{900 \text{ ml}}$$

$$V_1 = 0,7777 \text{ gram}$$

Selanjutnya zat warna tersebut akan ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan kedap udara **Sartorius Extend** untuk kemudian dilarutkan dengan aquadest. Maka, larutan zat warna tersebut siap untuk diukur untuk melihat berapa besar absorbant (energi yang diserap sampel larutan) untuk masing-masing panjang gelombang (λ).

Untuk air gula, labu yang digunakan adalah labu yang berukuran 25 ml. Zat warna yang digunakan adalah Panceau 4R atau merah tekstil yang dicampurkan dengan air gula sebanyak 5 ml kemudian dilarutkan dengan aquadest. Maka, larutan zat warna tersebut siap untuk diukur untuk melihat berapa besar absorbant (energi yang diserap sampel larutan) untuk masing-masing panjang gelombang (λ).

Untuk jelly, setelah ditimbang lalu dilarutkan dengan sedikit aquadest dan ditambahkan 3 ml HCL lalu dipanaskan. Setelah dipanaskan jangan lupa disaring dengan kertas saring kedalam labu yang berukuran 100 ml. Tambahkan larutan Tartrazine atau kuning tekstil sebanyak konsentrasi yang diinginkan atau kuning tekstil kemudian dilarutkan dengan aquadest. Maka, larutan zat warna tersebut siap untuk diukur untuk melihat berapa besar absorbant (energi yang diserap sampel larutan) untuk masing-masing panjang gelombang (λ).

Untuk agar, setelah ditimbang lalu dilarutkan dengan sedikit aquadest lalu dipanaskan. Setelah dipanaskan jangan lupa disaring dengan kertas saring kedalam labu yang berukuran 100 ml. Tambahkan larutan Fast Green FCF dan hijau tekstil sebanyak konsentrasi yang diinginkan atau kuning tekstil kemudian dilarutkan dengan aquadest. Maka, larutan zat warna tersebut siap untuk diukur untuk melihat berapa besar absorbant (energi yang diserap sampel larutan) untuk masing-masing panjang gelombang (λ).

3.3 Pengukuran Larutan

Seluruh larutan yang telah dibuat kemudian diukur dengan menggunakan **Spectrophotometer UV-VIS** serta data yang diperoleh ditampilkan menggunakan **software UV-Probe 2.1**. Pengukuran ini meliputi pengukuran absorbant dan panjang gelombang dari masing-masing larutan. Data yang diperoleh dari Spectrophotometer ini masih merupakan data primer dalam bentuk .spc, yang

kemudian di ubah ke dalam bentuk excel dan disimpan dalam file .xls. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pembacaan data oleh software yang digunakan untuk membuat program pendeteksi kadar zat warna pada makanan dan minuman dengan metode hidden markov. Gambar 3.2 yang menunjukkan perangkat pengukuran

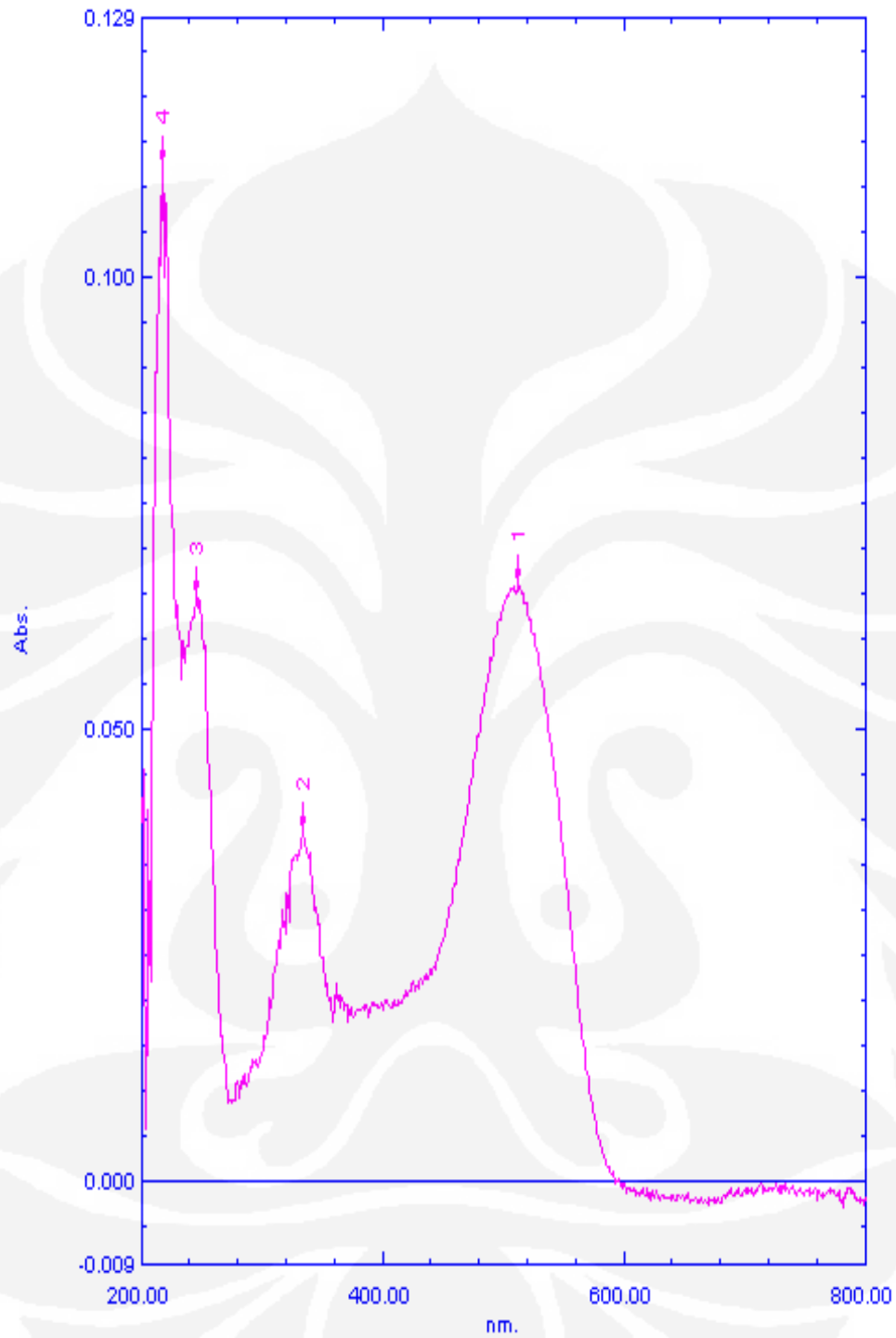


Gambar 3.2 spectrophotometer UV-Vis

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 3.1 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 “.spc”. Ada pun hasil pengukuran dalam bentuk “.spc” ditunjukkan pada Tabel 3.1 untuk nilai-nilai absorban dan panjang gelombang serta Gambar 3.3 yang menunjukkan grafik hubungan antara nilai absorban dan panjang gelombang



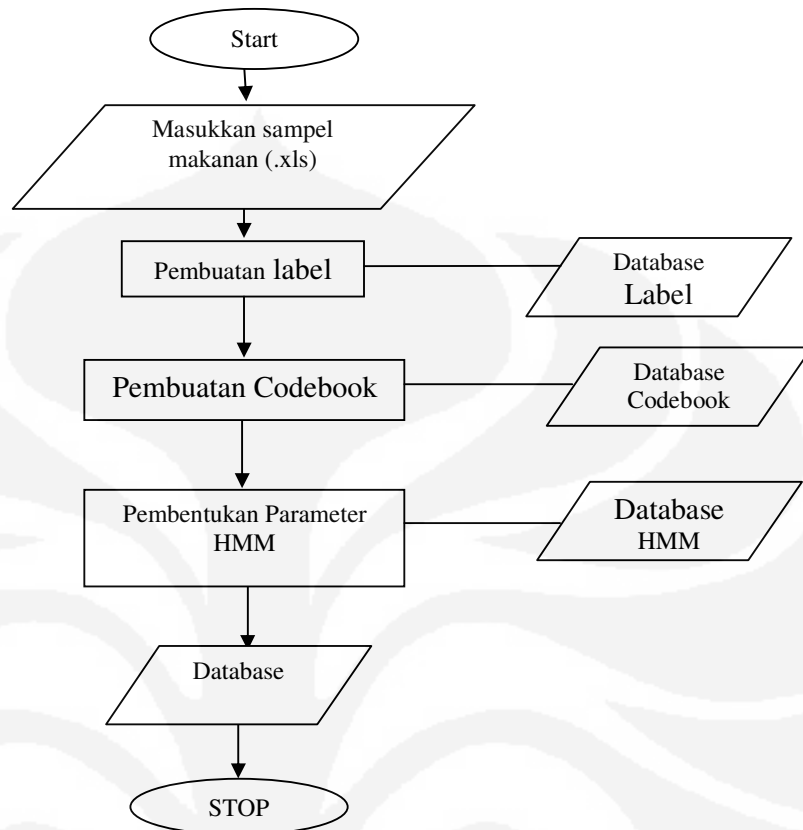
Gambar 3.3 Contoh Output dari UV-Probe 2.1

Tabel 3.1. Contoh Data Keluaran Spectrophotometer UV-Vis dalam Format Excel

Wavelength nm.	Absorban
450	0.026
451	0.027
452	0.028
453	0.029
454	0.029
455	0.03
456	0.03
457	0.031
458	0.032
459	0.033
460	0.033
461	0.034
462	0.035
463	0.036
464	0.036
465	0.038

3.4 Pengoperasian Perangkat Lunak (Software)

Pada proses pengoperasian perangkat lunak (software) dibagi tiga proses pembentukan basis data, yakni tahap pelabelan, tahap pembuatan codebook, dan tahap pembentukan Hidden Markov Model (HMM). Seluruh proses yang dilakukan dibuat menggunakan perangkat lunak untuk memecahkan masalah matematisnya. Gambar 3.4 memperlihatkan diagram alir pembentukan basis data.



Gambar 3.4 Diagram alir pembentukan basis data

3.4.1 Proses Pelabelan

Pada proses pelabelan ini, masing-masing data karakter yang akan didaftarkan pada database diberi label sesuai dengan jenis zat warna dengan jumlah konsentrasinya tersebut. Sebagai contoh, jenis zat warna dengan jumlah konsentrasi "tartrazine_10ppm" diberi label " tartrazine_10ppm", jenis zat warna dengan jumlah konsentrasi " tartrazine_20ppm" diberi label " tartrazine_20ppm" dan seterusnya. Nama Label inilah yang nantinya akan menjadi keluaran pada proses pengenalan karakter pada zat warna. Dapat dilihat pada Gambar 3.6.



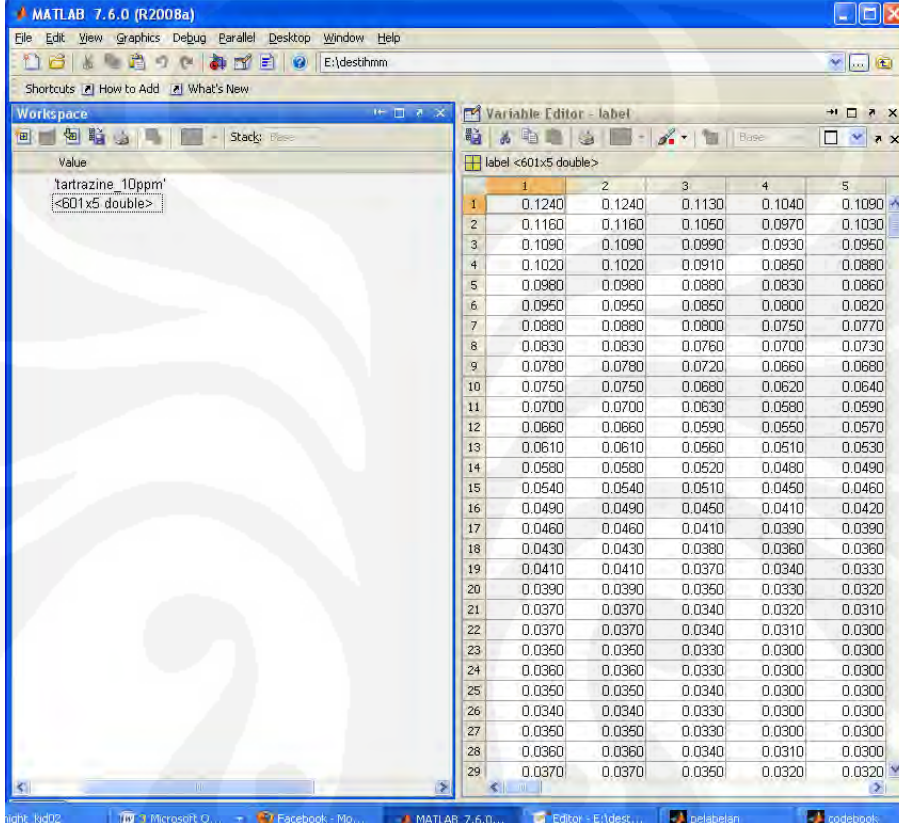
Gambar 3.5 Tampilan Program Pembuatan Label

Pada program pelabelan terdapat tiga masukan, yakni index label, jumlah training, dan nama label. Index label menentukan urutan karakter pada keseluruhan database yang ada. Jumlah training diisi dengan angka yang diinginkan dan nama label diisi sesuai dengan nama karakter yang dimasukkan dalam database. Proses pelabelan ini dilakukan dilakukan dengan menekan tombol execute pada tampilan program proses pelabelan. Tombol proses ini kemudian akan memanggil fungsi `make_labels(rep)` dalam file `labelisasi.m` dimana `rep` merupakan nilai dari jumlah training yang dimasukkan.

Untuk melakukan proses pelabelan dibutuhkan file-file data base dari masing-masing karakter yang telah diskeletonisasi dalam format `“.xls”` dimana setiap karakter harus memiliki file sebanyak jumlah training. Misalnya, akan dibentuk label untuk jenis zat warna dengan jumlah konsentrasi `“tartrazine_10ppm”` dengan jumlah training 5, maka harus tersedia file `“tartrazine_10ppm1.xls”` sampai file `“ tartrazine_10ppm 5.xls”`. Pada proses labelisasi, data-data dari tiap karakter diubah ke dalam bentuk matriks $N \times M$ (ukuran matriks $N \times M$ akan sama dengan ukuran data base yang dimasukkan) dengan fungsi matlab `imread` dan kemudian digunakan fungsi `reshape` untuk mengubah matriks $N \times M$ tersebut menjadi matriks kolom.

Keluaran dari pelabelan ini adalah kumpulan matriks-matriks kolom dari tiap karakter dengan jumlah kolom sebanyak jumlah training. Matriks-matriks ini

akan disimpan dalam sebuah file dengan format “*.mat” dan diberi nama “Label+index label” di dalam folder yang sama dengan labelisasi.m. Sebagai contoh, hasil proses pelabelan untuk jenis zat warna dengan jumlah konsentrasi ”tartrazine_10ppm” diperlihatkan oleh Gambar 3.6.



The screenshot shows the MATLAB workspace with a variable named 'label' of type 'double' and size '601x5'. The Variable Editor displays the first 29 rows of the matrix. The data is as follows:

	1	2	3	4	5
1	0.1240	0.1240	0.1130	0.1040	0.1090
2	0.1160	0.1160	0.1050	0.0970	0.1030
3	0.1090	0.1090	0.0990	0.0930	0.0950
4	0.1020	0.1020	0.0910	0.0850	0.0880
5	0.0980	0.0980	0.0880	0.0830	0.0860
6	0.0950	0.0950	0.0850	0.0800	0.0820
7	0.0880	0.0880	0.0800	0.0750	0.0770
8	0.0830	0.0830	0.0760	0.0700	0.0730
9	0.0780	0.0780	0.0720	0.0660	0.0680
10	0.0750	0.0750	0.0680	0.0620	0.0640
11	0.0700	0.0700	0.0630	0.0580	0.0590
12	0.0660	0.0660	0.0590	0.0550	0.0570
13	0.0610	0.0610	0.0560	0.0510	0.0530
14	0.0580	0.0580	0.0520	0.0480	0.0490
15	0.0540	0.0540	0.0510	0.0450	0.0460
16	0.0490	0.0490	0.0450	0.0410	0.0420
17	0.0460	0.0460	0.0410	0.0390	0.0390
18	0.0430	0.0430	0.0380	0.0360	0.0360
19	0.0410	0.0410	0.0370	0.0340	0.0330
20	0.0390	0.0390	0.0350	0.0330	0.0320
21	0.0370	0.0370	0.0340	0.0320	0.0310
22	0.0370	0.0370	0.0340	0.0310	0.0300
23	0.0350	0.0350	0.0330	0.0300	0.0300
24	0.0360	0.0360	0.0330	0.0300	0.0300
25	0.0350	0.0350	0.0340	0.0300	0.0300
26	0.0340	0.0340	0.0330	0.0300	0.0300
27	0.0350	0.0350	0.0330	0.0300	0.0300
28	0.0360	0.0360	0.0340	0.0310	0.0300
29	0.0370	0.0370	0.0350	0.0320	0.0320

Gambar 3.6 Workspace untuk jenis zat warna dengan jumlah konsentrasi ”tartrazine_10ppm”

Pada Gambar 3.6 tampak lima deret kolom. Hal ini sesuai dengan jumlah training yang dilakukan pada proses pelabelan, dimana kelima training yang mengandung data dengan lima gambar untuk jenis zat warna dengan jumlah konsentrasi ”tartrazine_10ppm” yang sedikit berbeda antara satu dengan yang lain. Nilai 5000 pada baris menyatakan ukuran gambar karakter yang dimasukkan dalam database yaitu 100 x 50.

Dalam proses pelabelan ini akan dibuat dua jenis label yaitu 30 buah label yang terdiri dari zat warna sintetis atau buatan, untuk jenis zat warna tekstil 30 buah label. Alasan dari pembuatan label yang terpisah ini adalah karena akan

dibuat dua buah codebook yang terdiri dari codebook untuk zat warna sintetis dan codebook untuk zat warna tekstil.

Algoritma dari proses pelabelan adalah:

```

Mulai
  Untuk I=1 sampai 10
    Input jenis zat warna;
    Tulis jenis zat warna;
    Ubah sampel data zat warna menjadi bentuk matriks
    kolom;
    Nama label jenis sampel data zat warna[i] = jenis
    zat
    warna;
  Kembali
Selesai

```

3.4.2 Pembuatan Codebook

Setelah dilakukan proses pelabelan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses penggabungan dari semua label yang telah dibuat ke dalam sebuah file codebook dengan format “*.mat”. Pada pembuatan codebook ini juga dilakukan proses vector quantization yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya. Proses pembuatan codebook ini dilakukan pada file codebook.m .

Pada program ini terdapat empat buah masukan, yakni nama file, ukuran codebook, jumlah iterasi, dan jumlah label. Nama file dimasukkan sesuai dengan nama file yang diinginkan yang nantinya akan tersimpan dalam format “*.mat” di dalam folder yang sama dengan codebook.m. Misalnya codebook ini diberi nama file “codebook_warna”, maka hasil dari proses pembuatan codebook ini akan tersimpan dengan nama file “*codebook_warna.mat” di dalam folder .

Ukuran codebook yang tersedia dalam program ini adalah 32, 64, 128, 256, dan 512. Dimana ketiga ukuran codebook ini akan dijadikan bahan perbandingan pada skripsi ini untuk dilihat berapa nilai codebook yang paling sesuai pada proses pengenalan jenis zat warna. Jumlah iterasi merupakan

banyaknya proses pengulangan yang dilakukan dalam menentukan centroid guna mendapatkan centroid yang cukup presisi. Semakin besar jumlah iterasinya, maka akan semakin presisi letak centroid yang didapat, namun dengan mengambil iterasi yang sangat tinggi proses pembuatan codebook akan berjalan sangat lambat, oleh karena itu iterasi yang dilakukan juga tidak perlu teralu besar. Dalam skripsi ini ditentukan default untuk besarnya iterasi adalah 10 dengan harapan letak centroid yang diperoleh cukup presisi dan waktu proses relatif cepat.

Jumlah label dimasukkan sesuai dengan jumlah label yang telah dibuat sebelumnya pada proses pelabelan. Pada pembuatan codebook jenis zat warna, jumlah label dimasukan sebanyak 60 label karena terdapat 60 data yang terdiri dari 3 sampel makanan atau minuman yang setiap sampel data dibuat lima konsentrasi yang berbeda. Program codebook.m ini dilengkapi dengan fasilitas status proses berupa persentase dari jalannya program guna memudahkan user untuk mengetahui sejauh mana proses pembuatan codebook sudah berjalan. Berikut adalah Gambar 3.7 yang merupakan tampilan codebook dari salah satu training:



Input	
File Name	zat
Total Label	5
Iteration	10
Codebook Size	32
<input type="button" value="Proceed"/> <input type="button" value="Notes"/>	

Gambar 3.7. Tampilan pogram codebook

Proses pembuatan codebook untuk kadar dan jenis zat warna sehingga hanya akan ditulis satu buah algoritma yang mewakili keduanya. Algoritma dari proses pebuatan codebook adalah sebagai berikut:

```

Mulai
Tentukan besar nilai N
Untuk I = 1 sampai M

```

```
        Hitung FFT untuk setiap sample[i];
        Sample point[i] = nilai FFT;
    kembali
    Tentukan cluster;
    Untuk j =1 sampai cluster
        Hitung centroid;
        Simpan centroid[j] berdasarkan urutan
        labelnya;
    Kembali
    Selesai
```

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 data yang telah terdaftar pada proses pelabelan dan posisi codeword yang dicari. Gambar 3.8 menunjukkan database dari data matrik hasil dari proses pembentukan codebook. Sedangkan Gambar 3.9 adalah contoh dari grafik pemetaan codebook.

Import Wizard

Select variables to import using checkboxes

Create variables matching preview.

Select variables from each column using column names.

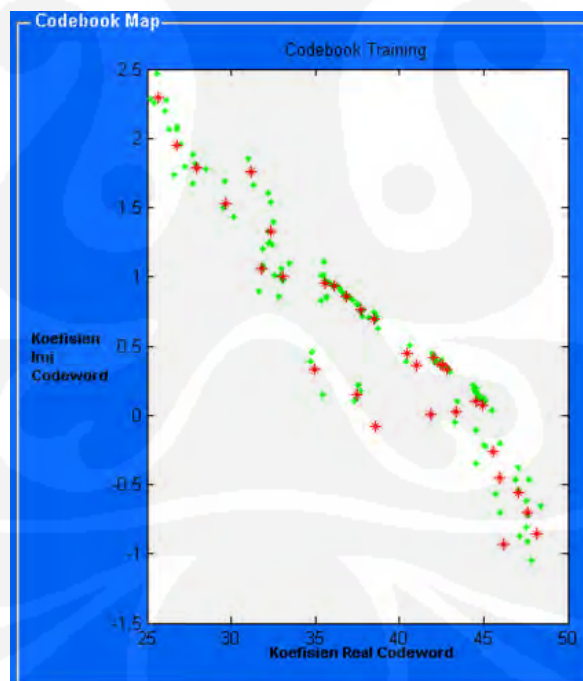
Select variables from rows using row names.

Variables in C:\Documents and Settings\coklat\My Documents\beta version\z-overall\new\cb_32.mat

Im...	Name	Size	1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	Code	32x8	26.8585	1.9628	1.7100	1.5494	1.7032	1.8407	1.8590
<input checked="" type="checkbox"/>	names	30x1	37.3310	0.5333	0.5421	0.6660	1.0504	1.3024	1.4873
			32.5429	1.3123	1.1449	1.0843	1.2649	1.5198	1.5924
			41.2071	0.5960	0.3268	0.3091	0.6492	0.9247	1.0371
			30.0498	1.5501	1.3015	1.2410	1.4765	1.7162	1.7784
			39.4082	0.4653	0.4022	0.5003	0.8420	1.1390	1.2711
			34.9314	1.0426	0.8790	0.8493	1.1587	1.3626	1.4759
			43.5681	0.1807	0.0733	0.1260	0.4956	0.8222	0.9948
			28.2706	2.4609	1.6708	1.2220	1.3807	1.5853	1.6751
			38.4076	0.5127	0.4964	0.5869	0.9061	1.2229	1.3653
			33.8638	0.9542	0.9646	0.9448	1.2619	1.4953	1.6183
			42.2059	0.4884	0.2007	0.2021	0.5784	0.8665	1.0231
			30.5511	2.1326	1.5955	1.3256	1.1034	1.4025	1.4529
			40.3032	0.7362	0.3820	0.3663	0.6927	0.9890	1.1002
			35.9642	0.9577	0.7325	0.7523	1.0590	1.3353	1.4446
			45.2153	-0.1364	-0.2474	0.1484	0.3847	0.7296	0.8896
			27.0604	2.8585	2.1542	1.4092	1.3247	1.4353	1.4818
			38.0196	1.1542	0.6675	0.5477	0.8231	1.0696	1.1317
			32.8154	2.4002	0.9392	0.7635	0.9802	1.3146	1.4428
			41.7130	0.4657	0.2196	0.2751	0.6231	0.9323	1.0576
			31.0253	1.4273	1.2743	1.1649	1.4356	1.6164	1.6952

Help < Back Next > Finish Generate M-code Cancel

Gambar 3.8 Matrik hasil proses pembentukan codebook



Gambar 3.9 Grafik pemetaan codebook

3.4.3 Pembentukan Parameter HMM

Proses ini bertujuan untuk mencari parameter-parameter HMM yang dibutuhkan dalam proses pengenalan, 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 data. 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.

Algoritma dari proses pembentukan HMM yang bertujuan untuk memperoleh nilai parameter dari setiap label berdasarkan file codebook yang telah dibuat adalah sebagai berikut :

```

Mulai
Ambil file *.mat dari codebook yang telah
dibuat;
HMM zat warna = file codebook zat warna;
Tentukan letak centroid dari tiap zat warna;
Inisialisasi matriks A, B dan  $\pi$  dengan nilai
acak;
Pelatihan dengan memasukkan semua data
sampai nilai matriks tidak berubah;
Hitung probabilitas observasi HMM untuk setiap
data;
Simpan hasil dalam file format *.mat;
Selesai

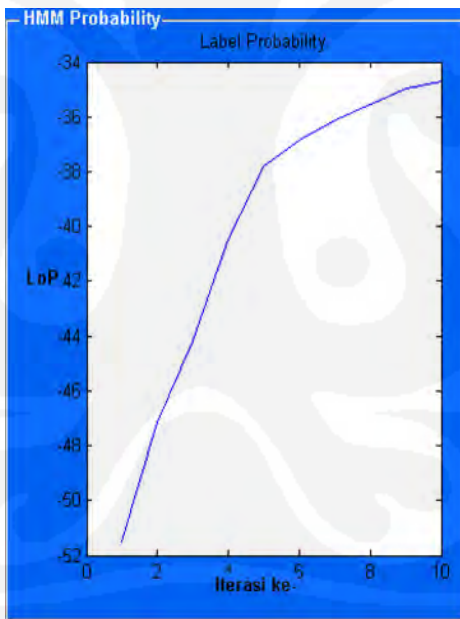
```

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10, pada tahap ini terdapat empat input yang harus diisi terlebih dahulu sebelum proses pembentukan parameter HMM dieksekusi, yaitu HMM file, Codebook File, Total Source dan Iteration. 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 3.11 menunjukkan grafik LoP dari tahap pembentukan parameter HMM.



Gambar 3.10. Tampilan software pembentukan parameter HMM

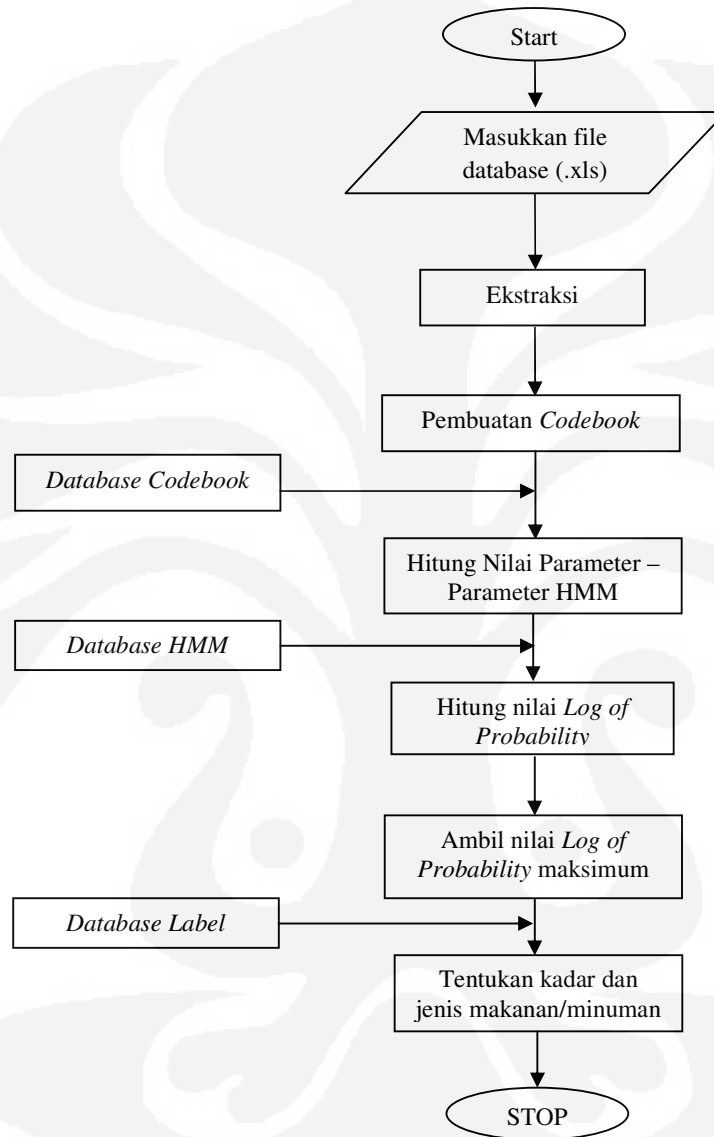


Gambar 3.11 Grafik label probability

3.4.4 Proses Identifikasi

Proses pengenalan merupakan bagian terpenting dari seluruh simulasi pengenalan kadar dan jenis zat warna ini. Beberapa langkah-langkah yang dilakukan pada proses ini mirip dengan langkah-langkah yang terdapat pada

proses pengenalan database yang telah dilakukan sebelumnya, hanya saja pada bagian pengenalan tidak lagi dilakukan proses pembelajaran. Gambar 3.12 menunjukkan diagram alir proses pengenalan.



Gambar 3.12 Diagram alir proses pengenalan Kadar dan Jenis Zat Warna

Pada proses pengenalan, hasil dari proses ekstraksi tersebut kemudian diubah ke dalam domain frekuensi dengan menggunakan FFT. Spektrum frekuensi 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 kadar dan jenis zat warna yang akan dikenali.

Untuk kadar dan jenis zat warna sintetis akan didapat 30 buah nilai LoP per konsentrasi yang berbeda akan dikenali karena adanya 30 kadar dan jenis zat warna sintetis pada basis data zat warna. Jenis zat warna yang memiliki kemiripan paling banyak dengan kadar dan jenis zat warna dalam basis data akan memiliki nilai LoP yang paling besar sehingga jenis zat warna yang memiliki nilai LoP terbesar dibandingkan nilai LoP dari jenis zat warna lainnya akan dianggap sebagai hasil pengenalan.

Algoritma dari proses pengenalan dengan HMM dapat ditulis sebagai

berikut:

Mulai

imread sampel data;

Hitung FFT;

Jenis zat warna = matriks codeword zat warna;

Cari centroid codeword_warna di basis data;

Tentukan nilai observasi;

Tentukan parameter HMM warna;

untuk h = 1 sampai jml_label

 Baca data parameter HMM untuk jenis zat warna
 lainnya dari basis data;

 Hitung log of probability (LoP) untuk semua label
 warna;

 LoP[jml_label] = LoP;

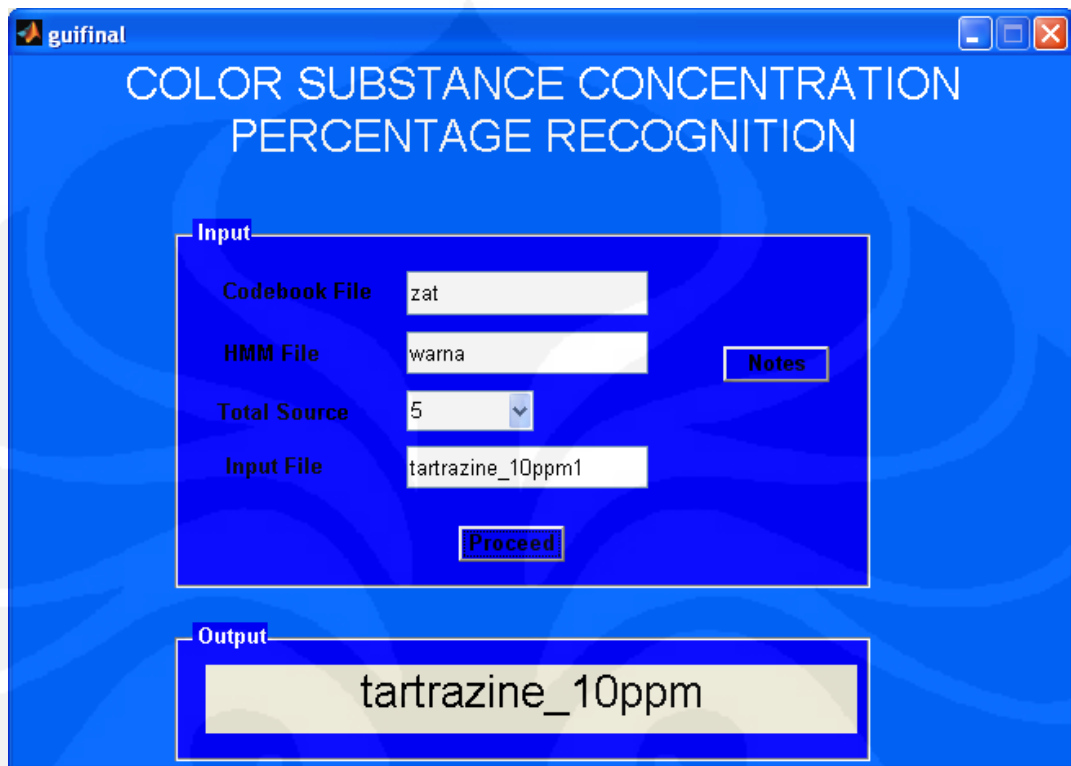
 Cari LoP[jumlah_label] = tertinggi;

 Tentukan nama label untuk LoP tertinggi;

Kembali

Selesai

Tampilan program pengenalan jenis zat warna ini dapat dilihat pada Gambar 3.13 Dibawah ini .



Gambar 3.13 Tampilan program identifikasi kadar dan jenis zat warna

Hasil dari proses identifikasi ini berupa nilai probabilitas pada setiap nilai sampel data kadar dan jenis zat warna. Jumlah nilai probabilitas yang dihasilkan sesuai dengan banyaknya label dalam data base. Probabilitas paling tinggi akan dimabil sebagai identifikasi. Seperti terlihat pada Gambar 3.9 Dimana variable P yang berisi kumpulan probabilitas, memiliki nilai tertinggi -5.707063 dengan nama label “tartrazine_10ppm” yang berarti sampel data zat warna tersebut adalah tartrazine_10ppm. Dapat dilihat dari Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Nilai Log of Probability

time =	
0.3596	
Label	Log of Probability

1	-5.707063
3	-18.974221
4	-28.848636
2	-30.904680
5	-47.377967
persentase jenis zat warna+konsentrasi : tartrazine_10ppm	

BAB 4

UJI COBA DAN ANALISIS

4.1 Daftar Larutan Zat Warna dan Jenis Percobaan

Penelitian ini, uji coba dilakukan pada zat warna dari makanan atau minuman yang mengidentifikasi kadar dan jenis zat warna tertentu. Untuk proses identifikasi zat warna tersebut terdiri dari 30 jenis yang ditambahkan sampel makanan atau minuman, juga dengan kadar konsentrasi beda dengan jumlah data yang akan di uji sebanyak 150 sampel data yang dapat dilihat pada Tabel 4.1. Sedangkan pada proses pembentukan database, dilakukan pembentukan database dengan variasi jumlah data training, yaitu 5 data training dan 7 data training sebagai database.

Tabel 4.1 Nama File dan Jenis Percobaan

No	Jenis larutan	Nama File yang diuji coba
1	agar + fcf 10ppm	agarfcf_10ppm6 - agarfcf_10ppm10
2	agar + fcf 20ppm	agarfcf_20ppm6 - agarfcf_20ppm10
3	agar + fcf 40ppm	agarfcf_40ppm6 - agarfcf_40ppm10
4	agar + fcf 60ppm	agarfcf_60ppm6 - agarfcf_60ppm10
5	agar + fcf 80ppm	agarfcf_80ppm6 - agarfcf_80ppm10
6	airgula + ponceau 10ppm	airgula(ponceau)_10ppm6 - airgula(ponceau)_10ppm10
7	airgula + ponceau 20ppm	airgula(ponceau)_20ppm6 - airgula(ponceau)_20ppm10
8	airgula + ponceau 40ppm	airgula(ponceau)_40ppm6 - airgula(ponceau)_40ppm10
9	airgula + ponceau 60ppm	airgula(ponceau)_60ppm6 - airgula(ponceau)_60ppm10
10	airgula + ponceau 80ppm	airgula(ponceau)_80ppm6 - airgula(ponceau)_80ppm10
11	jelly + tartrazine 10ppm	jelly(tartrazine)_10ppm6 - jelly(tartrazine)_10ppm10
12	jelly + tartrazine 20ppm	jelly(tartrazine)_20ppm6 - jelly(tartrazine)_20ppm10
13	jelly + tartrazine 40ppm	jelly(tartrazine)_40ppm6 - jelly(tartrazine)_40ppm10
14	jelly + tartrazine 60ppm	jelly(tartrazine)_60ppm6 - jelly(tartrazine)_60ppm10
15	jelly + tartrazine 80ppm	jelly(tartrazine)_80ppm6 - jelly(tartrazine)_80ppm10
16	agar + hijau 10ppm	agar(hijau)_10ppm6 - agar(hijau)_10ppm10
17	agar + hijau 20ppm	agar(hijau)_20ppm6 - agar(hijau)_20ppm10
18	agar + hijau 40ppm	agar(hijau)_40ppm6 - agar(hijau)_40ppm10
19	agar + hijau 60ppm	agar(hijau)_60ppm6 - agar(hijau)_60ppm10
20	agar + hijau 80ppm	agar(hijau)_80ppm6 - agar(hijau)_80ppm10
21	airgula + merah 10ppm	airgula(merah)_10ppm6 - airgula(merah)_10ppm10
22	airgula + merah 20ppm	airgula(merah)_20ppm6 - airgula(merah)_20ppm10
23	airgula + merah 40ppm	airgula(merah)_40ppm6 - airgula(merah)_40ppm10
24	airgula + merah 60ppm	airgula(merah)_60ppm6 - airgula(merah)_60ppm10
25	airgula + merah 80ppm	airgula(merah)_80ppm6 - airgula(merah)_80ppm10
26	jelly + kuning 10ppm	jelly(kuning)_10ppm6 - jelly(kuning)_10ppm10
27	jelly + kuning 20ppm	jelly(kuning)_20ppm6 - jelly(kuning)_20ppm10
28	jelly + kuning 40ppm	jelly(kuning)_40ppm6 - jelly(kuning)_40ppm10
29	jelly + kuning 60ppm	jelly(kuning)_60ppm6 - jelly(kuning)_60ppm10
30	jelly + kuning 80ppm	jelly(kuning)_80ppm6 - jelly(kuning)_80ppm10

Zat warna di atas dan tambahan sampel makanan tau minuman terdiri 6 jenis zat warna yang berlaku di Badan Pengawasan Obat dan Makanan dengan kadar yang berbeda-beda. File - file dari 6 jenis zat warnayang terdiri dari zat warna sintetis dan zat warna tekstil yang masing – masing zat warna akan dibagi kadar konsentrasinya enjadi lima. Setelah itu zat warna yang murni akan dicampur ke dalam beberapa sampel makanan atau minuman jadi jika dijumlah kan adalah 150 data sampel. Secara lengkap proses uji coba yang dilakukan meliputi :

1. Uji coba sampel data dengan ukuran codebook 32 dan jumlah database 5 buah dan 7 buah.
2. Uji coba sampel data dengan ukuran codebook 64 dan jumlah database 5 buah dan 7 buah.
3. Uji coba sampel data dengan ukuran codebook 128 dan jumlah database 5 buah dan 7 buah.
4. Uji coba sampel data dengan ukuran codebook 256 dan jumlah database 5 buah dan 7 buah.
5. Uji coba sampel data dengan ukuran codebook 512 dan jumlah database 5 buah dan 7 buah.

4.2 Hasil Uji Coba

Setelah melakukan pengujian terhadap sampel-sampel data yang telah ditentukan beserta variasi parameter-parameter yang telah dijelaskan sebelumnya, maka didapatkan data hasil pengujian tersebut. Huruf X menunjukkan program “salah” sedangkan Huruf V menunjukkan program “benar” dalam mendeteksi kadar dan jenis zar warna. Berikut ini adalah tabel-tabel hasil uji coba untuk masing-masing kadar dan jenis zat warna.

Tabel 4.2 Hasil uji coba untuk 5 data training

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
1	agarfcf_10ppm6	V	V	V	V	V
2	agarfcf_10ppm7	V	V	V	V	V
3	agarfcf_10ppm8	V	V	V	V	V
4	agarfcf_10ppm9	V	V	V	V	V
5	agarfcf_10ppm10	V	V	V	V	V
6	agarfcf_20ppm6	V	V	V	V	V
7	agarfcf_20ppm7	V	V	V	V	V
8	agarfcf_20ppm8	V	V	V	V	V
9	agarfcf_20ppm9	V	V	V	V	V
10	agarfcf_20ppm10	V	V	V	V	V
11	agarfcf_40ppm6	V	V	V	V	V
12	agarfcf_40ppm7	V	V	V	V	V
13	agarfcf_40ppm8	X	X	X	V	V
14	agarfcf_40ppm9	X	V	V	V	V
15	agarfcf_40ppm10	V	V	V	V	V
16	agarfcf_60ppm6	V	V	V	V	V
17	agarfcf_60ppm7	V	V	V	V	V
18	agarfcf_60ppm8	V	V	V	V	V
19	agarfcf_60ppm9	V	V	V	V	V
20	agarfcf_60ppm10	V	V	V	V	V
21	agarfcf_80ppm6	V	V	V	V	V
22	agarfcf_80ppm7	V	V	V	V	V
23	agarfcf_80ppm8	V	V	V	V	V
24	agarfcf_80ppm9	V	V	V	V	V
25	agarfcf_80ppm10	V	V	V	V	V
26	airgula(ponceau)_10ppm6	V	V	V	V	V
27	airgula(ponceau)_10ppm7	V	V	V	V	V
28	airgula(ponceau)_10ppm8	V	X	V	V	V
29	airgula(ponceau)_10ppm9	V	V	V	V	V
30	airgula(ponceau)_10ppm10	X	V	V	V	V
31	airgula(ponceau)_20ppm6	V	V	V	V	V
32	airgula(ponceau)_20ppm7	V	V	V	V	V
33	airgula(ponceau)_20ppm8	V	V	V	V	V
34	airgula(ponceau)_20ppm9	V	V	V	V	V
35	airgula(ponceau)_20ppm10	V	V	V	X	V
36	airgula(ponceau)_40ppm6	X	X	X	X	X
37	airgula(ponceau)_40ppm7	V	X	V	V	V
38	airgula(ponceau)_40ppm8	V	V	V	V	V
39	airgula(ponceau)_40ppm9	X	V	V	V	V

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
40	airgula(ponceau)_40ppm10	V	V	V	V	V
41	airgula(ponceau)_60ppm6	X	V	V	V	V
42	airgula(ponceau)_60ppm7	V	V	V	V	V
43	airgula(ponceau)_60ppm8	X	V	V	V	V
44	airgula(ponceau)_60ppm9	X	V	V	V	V
45	airgula(ponceau)_60ppm10	V	V	V	V	V
46	airgula(ponceau)_80ppm6	V	V	V	V	V
47	airgula(ponceau)_80ppm7	V	V	V	V	V
48	airgula(ponceau)_80ppm8	V	V	V	V	V
49	airgula(ponceau)_80ppm9	V	V	V	V	V
50	airgula(ponceau)_80ppm10	V	V	V	V	V
51	jelly(tartrazine)_10ppm6	V	V	V	V	V
52	jelly(tartrazine)_10ppm7	V	V	V	V	V
53	jelly(tartrazine)_10ppm8	V	V	V	V	V
54	jelly(tartrazine)_10ppm9	V	V	V	V	V
55	jelly(tartrazine)_10ppm10	V	V	V	V	V
56	jelly(tartrazine)_20ppm6	V	V	V	V	V
57	jelly(tartrazine)_20ppm7	V	X	V	X	V
58	jelly(tartrazine)_20ppm8	V	V	V	V	X
59	jelly(tartrazine)_20ppm9	V	V	V	V	V
60	jelly(tartrazine)_20ppm10	X	V	V	V	X
61	jelly(tartrazine)_40ppm6	V	V	X	V	X
62	jelly(tartrazine)_40ppm7	V	X	V	X	X
63	jelly(tartrazine)_40ppm8	V	X	X	X	X
64	jelly(tartrazine)_40ppm9	V	V	X	V	V
65	jelly(tartrazine)_40ppm10	V	X	X	X	X
66	jelly(tartrazine)_60ppm6	V	V	V	X	V
67	jelly(tartrazine)_60ppm7	V	V	V	V	V
68	jelly(tartrazine)_60ppm8	V	V	V	V	V
69	jelly(tartrazine)_60ppm9	V	V	X	V	V
70	jelly(tartrazine)_60ppm10	V	V	V	V	V
71	jelly(tartrazine)_80ppm6	V	V	V	V	V
72	jelly(tartrazine)_80ppm7	V	V	V	V	V
73	jelly(tartrazine)_80ppm8	V	X	V	V	V
74	jelly(tartrazine)_80ppm9	V	V	V	V	V
75	jelly(tartrazine)_80ppm10	V	V	V	V	V
76	agar(hijau)_10ppm6	X	X	X	X	X
77	agar(hijau)_10ppm7	V	V	V	V	V
78	agar(hijau)_10ppm8	V	V	V	V	V
79	agar(hijau)_10ppm9	V	V	V	V	V
80	agar(hijau)_10ppm10	V	V	V	V	V

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
81	agar(hijau)_20ppm6	V	V	V	V	V
82	agar(hijau)_20ppm7	V	V	V	V	V
83	agar(hijau)_20ppm8	V	V	V	V	V
84	agar(hijau)_20ppm9	V	V	V	V	V
85	agar(hijau)_20ppm10	V	V	V	V	V
86	agar(hijau)_40ppm6	V	V	V	V	V
87	agar(hijau)_40ppm7	V	V	V	V	V
88	agar(hijau)_40ppm8	V	V	V	V	V
89	agar(hijau)_40ppm9	V	V	V	V	X
90	agar(hijau)_40ppm10	V	V	V	V	V
91	agar(hijau)_60ppm6	V	V	V	V	V
92	agar(hijau)_60ppm7	V	V	V	V	V
93	agar(hijau)_60ppm8	V	V	V	V	V
94	agar(hijau)_60ppm9	V	V	V	V	V
95	agar(hijau)_60ppm10	V	V	V	V	V
96	agar(hijau)_80ppm6	V	V	V	V	V
97	agar(hijau)_80ppm7	V	V	V	V	V
98	agar(hijau)_80ppm8	V	V	V	V	V
99	agar(hijau)_80ppm9	V	V	V	V	V
100	agar(hijau)_80ppm10	V	V	V	V	V
101	airgula(merah)_10ppm6	V	X	V	X	V
102	airgula(merah)_10ppm7	V	X	X	V	X
103	airgula(merah)_10ppm8	V	X	V	V	V
104	airgula(merah)_10ppm9	V	V	V	V	X
105	airgula(merah)_10ppm10	X	X	V	V	X
106	airgula(merah)_20ppm6	V	V	V	V	V
107	airgula(merah)_20ppm7	V	V	V	V	V
108	airgula(merah)_20ppm8	V	V	V	V	V
109	airgula(merah)_20ppm9	V	V	V	V	V
110	airgula(merah)_20ppm10	V	V	V	V	V
111	airgula(merah)_40ppm6	V	V	V	V	V
112	airgula(merah)_40ppm7	V	V	V	V	V
113	airgula(merah)_40ppm8	V	V	V	V	V
114	airgula(merah)_40ppm9	V	V	V	V	V
115	airgula(merah)_40ppm10	X	X	X	X	X
116	airgula(merah)_60ppm6	X	V	X	X	X
117	airgula(merah)_60ppm7	X	V	V	X	V
118	airgula(merah)_60ppm8	X	V	V	V	V
119	airgula(merah)_60ppm9	V	X	X	V	X
120	airgula(merah)_60ppm10	V	V	X	V	V

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
121	airgula(merah)_80ppm6	X	X	V	V	X
122	airgula(merah)_80ppm7	X	X	V	V	V
123	airgula(merah)_80ppm8	X	V	V	V	V
124	airgula(merah)_80ppm9	X	V	X	V	V
125	airgula(merah)_80ppm10	X	V	V	V	V
126	jelly(kuning)_10ppm6	V	V	V	V	X
127	jelly(kuning)_10ppm7	V	V	V	V	X
128	jelly(kuning)_10ppm8	V	V	V	X	V
129	jelly(kuning)_10ppm9	V	V	V	X	V
130	jelly(kuning)_10ppm10	V	V	V	V	V
131	jelly(kuning)_20ppm6	V	V	V	V	V
132	jelly(kuning)_20ppm7	X	V	V	V	V
133	jelly(kuning)_20ppm8	V	V	V	V	V
134	jelly(kuning)_20ppm9	V	V	V	V	V
135	jelly(kuning)_20ppm10	X	X	V	V	V
136	jelly(kuning)_40ppm6	V	V	V	V	V
137	jelly(kuning)_40ppm7	V	V	V	V	V
138	jelly(kuning)_40ppm8	V	V	V	V	V
139	jelly(kuning)_40ppm9	V	V	V	V	X
140	jelly(kuning)_40ppm10	V	V	V	V	V
141	jelly(kuning)_60ppm6	V	V	V	V	V
142	jelly(kuning)_60ppm7	V	V	V	V	X
143	jelly(kuning)_60ppm8	V	V	V	V	V
144	jelly(kuning)_60ppm9	V	V	V	V	X
145	jelly(kuning)_60ppm10	V	V	X	X	V
146	jelly(kuning)_80ppm6	V	V	V	V	V
147	jelly(kuning)_80ppm7	V	V	V	V	V
148	jelly(kuning)_80ppm8	V	V	V	V	V
149	jelly(kuning)_80ppm9	V	V	V	V	V
150	jelly(kuning)_80ppm10	V	V	V	V	V

Tabel 4.3 Hasil uji coba untuk 7 data training

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
1	agarfcf_10ppm6	V	V	V	V	V
2	agarfcf_10ppm7	V	V	V	V	V
3	agarfcf_10ppm8	V	V	V	V	V
4	agarfcf_10ppm9	V	V	V	V	V
5	agarfcf_10ppm10	V	V	V	V	V

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
6	agarfcf_20ppm6	V	V	V	V	V
7	agarfcf_20ppm7	V	V	V	V	V
8	agarfcf_20ppm8	V	V	V	V	V
9	agarfcf_20ppm9	V	V	V	V	V
10	agarfcf_20ppm10	V	V	V	V	V
11	agarfcf_40ppm6	V	V	V	V	V
12	agarfcf_40ppm7	V	V	V	V	V
13	agarfcf_40ppm8	X	V	V	V	V
14	agarfcf_40ppm9	X	V	V	V	V
15	agarfcf_40ppm10	V	V	V	V	V
16	agarfcf_60ppm6	V	V	V	V	V
17	agarfcf_60ppm7	V	V	V	V	V
18	agarfcf_60ppm8	V	V	V	V	V
19	agarfcf_60ppm9	V	V	V	V	V
20	agarfcf_60ppm10	V	V	V	V	V
21	agarfcf_80ppm6	V	V	V	V	V
22	agarfcf_80ppm7	V	V	V	V	V
23	agarfcf_80ppm8	V	V	V	V	V
24	agarfcf_80ppm9	V	V	V	V	V
25	agarfcf_80ppm10	V	V	V	V	V
26	airgula(ponceau)_10ppm6	V	V	V	V	V
27	airgula(ponceau)_10ppm7	V	V	V	V	V
28	airgula(ponceau)_10ppm8	V	V	V	V	V
29	airgula(ponceau)_10ppm9	V	V	V	V	V
30	airgula(ponceau)_10ppm10	V	X	V	V	V
31	airgula(ponceau)_20ppm6	V	V	V	V	V
32	airgula(ponceau)_20ppm7	V	V	V	V	V
33	airgula(ponceau)_20ppm8	V	V	V	V	V
34	airgula(ponceau)_20ppm9	V	V	V	V	V
35	airgula(ponceau)_20ppm10	V	V	V	V	V
36	airgula(ponceau)_40ppm6	V	V	V	V	V
37	airgula(ponceau)_40ppm7	V	V	V	V	V
38	airgula(ponceau)_40ppm8	V	V	V	V	V
39	airgula(ponceau)_40ppm9	V	V	V	V	V
40	airgula(ponceau)_40ppm10	V	V	X	V	V
41	airgula(ponceau)_60ppm6	V	V	V	V	V
42	airgula(ponceau)_60ppm7	V	V	V	V	V
43	airgula(ponceau)_60ppm8	V	V	V	V	V
44	airgula(ponceau)_60ppm9	V	V	V	V	V
45	airgula(ponceau)_60ppm10	V	V	V	V	V

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
46	airgula(ponceau)_80ppm6	V	V	V	V	V
47	airgula(ponceau)_80ppm7	V	V	V	V	V
48	airgula(ponceau)_80ppm8	V	V	V	V	V
49	airgula(ponceau)_80ppm9	V	V	V	V	V
50	airgula(ponceau)_80ppm10	V	V	V	V	V
51	jelly(tartrazine)_10ppm6	V	V	V	V	V
52	jelly(tartrazine)_10ppm7	V	V	V	V	V
53	jelly(tartrazine)_10ppm8	V	V	V	V	V
54	jelly(tartrazine)_10ppm9	V	V	V	V	V
55	jelly(tartrazine)_10ppm10	V	V	V	V	V
56	jelly(tartrazine)_20ppm6	V	V	V	V	V
57	jelly(tartrazine)_20ppm7	V	V	V	V	V
58	jelly(tartrazine)_20ppm8	V	V	V	V	V
59	jelly(tartrazine)_20ppm9	V	V	V	V	V
60	jelly(tartrazine)_20ppm10	V	V	V	V	V
61	jelly(tartrazine)_40ppm6	V	V	V	V	V
62	jelly(tartrazine)_40ppm7	V	V	V	V	V
63	jelly(tartrazine)_40ppm8	X	X	X	V	V
64	jelly(tartrazine)_40ppm9	X	V	V	V	V
65	jelly(tartrazine)_40ppm10	V	X	V	X	X
66	jelly(tartrazine)_60ppm6	V	V	V	V	V
67	jelly(tartrazine)_60ppm7	V	V	V	V	V
68	jelly(tartrazine)_60ppm8	V	X	X	X	X
69	jelly(tartrazine)_60ppm9	X	X	X	X	X
70	jelly(tartrazine)_60ppm10	X	X	X	X	V
71	jelly(tartrazine)_80ppm6	V	V	V	V	V
72	jelly(tartrazine)_80ppm7	V	V	V	V	V
73	jelly(tartrazine)_80ppm8	V	X	X	X	X
74	jelly(tartrazine)_80ppm9	V	V	X	X	X
75	jelly(tartrazine)_80ppm10	X	V	X	X	X
76	agar(hijau)_10ppm6	V	V	V	V	V
77	agar(hijau)_10ppm7	V	V	V	V	V
78	agar(hijau)_10ppm8	V	V	V	V	V
79	agar(hijau)_10ppm9	V	V	V	V	V
80	agar(hijau)_10ppm10	V	V	V	V	V
81	agar(hijau)_20ppm6	V	V	V	V	V
82	agar(hijau)_20ppm7	V	V	V	V	V
83	agar(hijau)_20ppm8	V	V	V	V	V
84	agar(hijau)_20ppm9	V	V	V	V	V

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
85	agar(hijau)_20ppm10	V	V	V	V	V
86	agar(hijau)_40ppm6	V	V	V	V	V
87	agar(hijau)_40ppm7	V	V	V	V	V
88	agar(hijau)_40ppm8	V	V	V	V	V
89	agar(hijau)_40ppm9	V	V	V	V	V
90	agar(hijau)_40ppm10	V	V	V	V	V
91	agar(hijau)_60ppm6	V	V	V	V	V
92	agar(hijau)_60ppm7	V	V	V	V	V
93	agar(hijau)_60ppm8	V	V	V	V	V
94	agar(hijau)_60ppm9	V	V	V	V	V
95	agar(hijau)_60ppm10	V	V	V	V	V
96	agar(hijau)_80ppm6	V	V	V	V	V
97	agar(hijau)_80ppm7	V	V	V	V	V
98	agar(hijau)_80ppm8	V	V	V	V	V
99	agar(hijau)_80ppm9	V	V	V	V	V
100	agar(hijau)_80ppm10	V	V	V	V	V
101	airgula(merah)_10ppm6	V	V	V	V	V
102	airgula(merah)_10ppm7	V	V	V	V	V
103	airgula(merah)_10ppm8	V	V	V	V	X
104	airgula(merah)_10ppm9	V	X	V	V	X
105	airgula(merah)_10ppm10	X	X	V	V	V
106	airgula(merah)_20ppm6	V	V	V	V	V
107	airgula(merah)_20ppm7	V	V	V	V	V
108	airgula(merah)_20ppm8	X	V	V	V	V
109	airgula(merah)_20ppm9	V	V	V	V	V
110	airgula(merah)_20ppm10	V	V	V	V	V
111	airgula(merah)_40ppm6	V	V	V	V	V
112	airgula(merah)_40ppm7	V	V	V	V	V
113	airgula(merah)_40ppm8	X	V	V	V	V
114	airgula(merah)_40ppm9	V	V	V	V	V
115	airgula(merah)_40ppm10	X	X	X	X	X
116	airgula(merah)_60ppm6	V	V	V	V	V
117	airgula(merah)_60ppm7	V	V	V	V	V
118	airgula(merah)_60ppm8	V	V	V	V	V
119	airgula(merah)_60ppm9	V	V	X	V	X
120	airgula(merah)_60ppm10	V	V	X	V	V
121	airgula(merah)_80ppm6	V	V	V	V	V
122	airgula(merah)_80ppm7	V	V	V	V	V
123	airgula(merah)_80ppm8	V	V	V	X	V
124	airgula(merah)_80ppm9	V	V	V	V	V
125	airgula(merah)_80ppm10	V	V	V	V	V

No	Nama File	Jumlah codebook				
		32	64	128	256	512
126	jelly(kuning)_10ppm6	V	V	V	V	V
127	jelly(kuning)_10ppm7	V	V	V	V	V
128	jelly(kuning)_10ppm8	V	V	V	V	V
129	jelly(kuning)_10ppm9	V	V	V	V	V
130	jelly(kuning)_10ppm10	V	V	V	V	V
131	jelly(kuning)_20ppm6	V	V	V	V	V
132	jelly(kuning)_20ppm7	V	V	V	V	V
133	jelly(kuning)_20ppm8	V	V	V	V	V
134	jelly(kuning)_20ppm9	V	V	V	V	V
135	jelly(kuning)_20ppm10	X	X	X	V	X
136	jelly(kuning)_40ppm6	V	V	V	V	V
137	jelly(kuning)_40ppm7	V	V	V	V	V
138	jelly(kuning)_40ppm8	V	V	V	V	X
139	jelly(kuning)_40ppm9	V	V	V	V	V
140	jelly(kuning)_40ppm10	V	V	V	V	X
141	jelly(kuning)_60ppm6	V	V	V	V	V
142	jelly(kuning)_60ppm7	V	V	V	V	V
143	jelly(kuning)_60ppm8	V	V	V	V	V
144	jelly(kuning)_60ppm9	V	V	V	V	V
145	jelly(kuning)_60ppm10	V	V	V	V	V
146	jelly(kuning)_80ppm6	V	V	V	V	V
147	jelly(kuning)_80ppm7	V	V	V	V	V
148	jelly(kuning)_80ppm8	X	V	V	V	V
149	jelly(kuning)_80ppm9	X	V	V	V	V
150	jelly(kuning)_80ppm10	X	V	V	V	V

4.3 Analisis Hasil Percobaan

Berdasarkan data dari hasil uji coba yang telah dilakukan sebelumnya, maka analisis terhadap perangkat lunak ini terdiri dari dua aspek, yaitu analisis berdasarkan variasi ukuran codebook dan jumlah training. Berikut ini adalah persentase akurasi program terhadap berdasarkan hasil uji coba yang telah diperoleh. Dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Persentasi Keseluruhan
Sistem

No	Nama File	Presentasi Akurasi (%)									
		Jumlah codebook									
		32		64		128		256		512	
		5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
1	agarfcf_10ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	agarfcf_20ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	agarfcf_40ppm	60	60	80	100	80	100	100	100	100	100
4	agarfcf_60ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	agarfcf_80ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	airgula(ponceau)_10ppm	80	100	100	80	100	100	100	100	100	100
7	airgula(ponceau)_20ppm	100	100	100	100	100	100	80	100	100	100
8	airgula(ponceau)_40ppm	60	100	60	100	80	80	80	100	80	100
9	airgula(ponceau)_60ppm	40	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	airgula(ponceau)_80ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	jelly(tartrazine)_10ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	jelly(tartrazine)_20ppm	80	100	80	100	100	100	80	100	60	100
13	jelly(tartrazine)_40ppm	100	60	40	60	20	80	40	80	20	80
14	jelly(tartrazine)_60ppm	100	60	100	40	80	40	80	40	100	60
15	jelly(tartrazine)_80ppm	100	80	80	80	100	40	100	40	100	40
16	agar(hijau)_10ppm	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100
17	agar(hijau)_20ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18	agar(hijau)_40ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	80	100
19	agar(hijau)_60ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	agar(hijau)_80ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
21	airgula(merah)_10ppm	80	80	20	60	80	100	80	100	40	60
22	airgula(merah)_20ppm	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
23	airgula(merah)_40ppm	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
24	airgula(merah)_60ppm	40	100	80	100	40	80	60	100	60	80
25	airgula(merah)_80ppm	0	100	60	100	80	100	100	80	80	100
26	jelly(kuning)_10ppm	100	100	100	100	100	100	60	100	60	100
27	jelly(kuning)_20ppm	60	80	80	80	100	80	100	100	100	80
28	jelly(kuning)_40ppm	100	100	100	100	100	100	100	100	80	60
29	jelly(kuning)_60ppm	100	100	100	100	80	100	80	100	60	100
30	jelly(kuning)_80ppm	100	40	100	100	100	100	100	100	100	100
JUMLAH		85.33	90.67	88.00	92.67	90.00	92.67	90.00	94.00	86.00	91.33

Tabel 4.5 Presentase akurasi berdasarkan variasi ukuran codebook dengan 5 data training

Ukuran Codebook	32	64	128	256	512
Presentase Akurasi (%)	85.33	88	90	90	86

Tabel 4.6 Presentase akurasi berdasarkan variasi ukuran codebook dengan 7 data training

Ukuran Codebook	32	64	128	256	512
Presentase Akurasi (%)	90.67	92.67	92.67	94	91.33

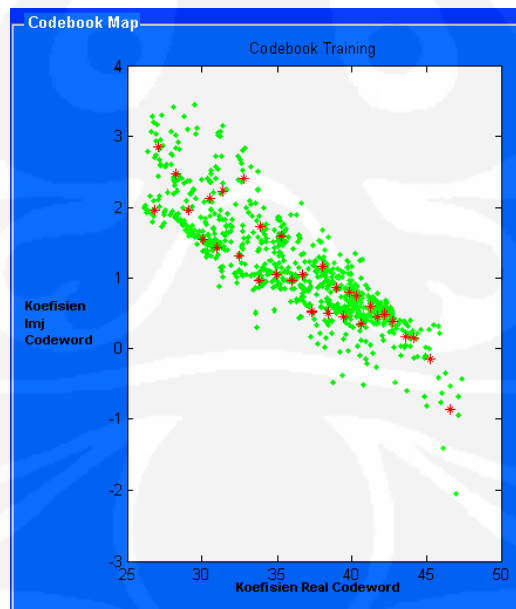
Tabel 4.7 Presentase akurasi berdasarkan variasi jumlah data training

Jumlah database	5	7
Presentase Akurasi (%)	88.13	92.4

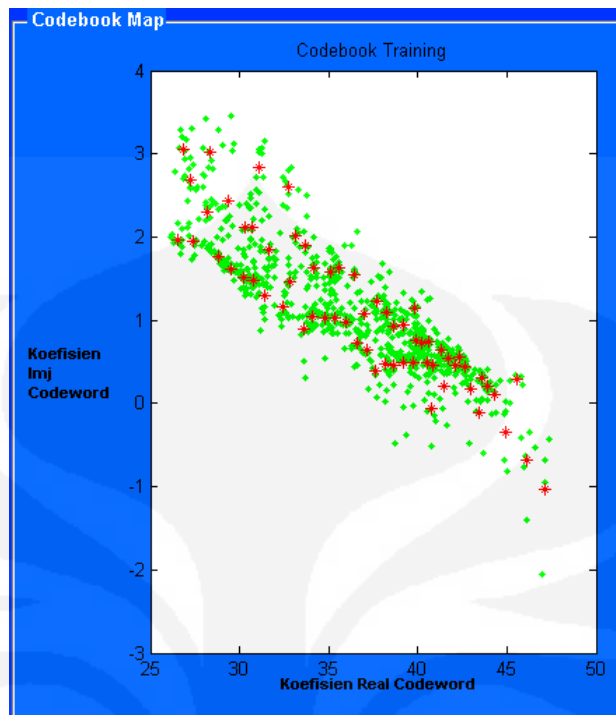
4.3.1 Analisis Hasil Percobaan berdasarkan Ukuran Codebook

Pengaruh ukuran codebook terhadap tingkat keberhasilan proses pengenalan dapat dilihat dari variasi jumlah training. Apabila jumlah training dibuat tetap dan ukuran codebook diubah-ubah dari 32 sampai 512 maka akan didapat peningkatan besarnya tingkat akurasi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 .

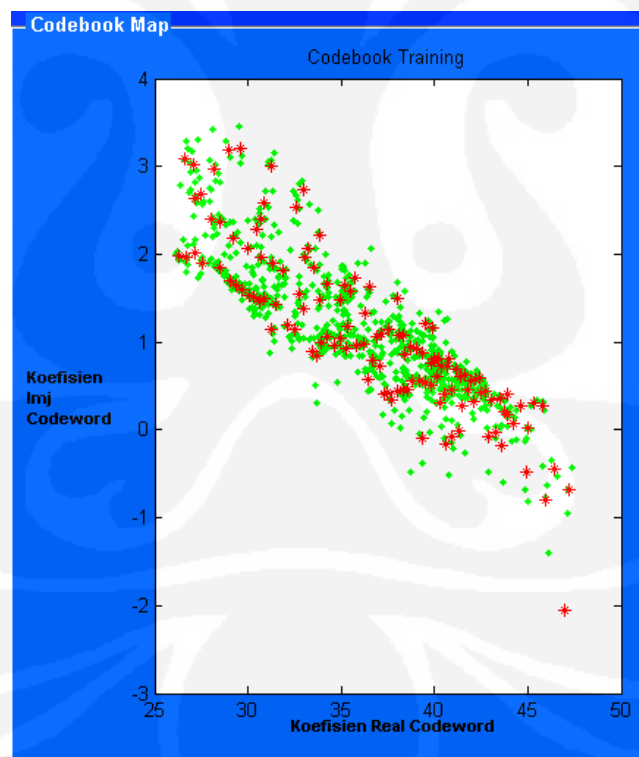
Peningkatan besarnya persentase akurasi ini disebabkan karena ukuran codebook yang lebih besar membuat jumlah codeword (centroid) semakin banyak. Banyaknya centroid ini membuat proses kuantisasi pemilihan nilai vektor data semakin teliti, sehingga pemetaan terhadap vektor data dapat dilakukan dengan jarak yang lebih kecil. Dengan kata lain, distorsi VQ (jarak antara sebuah vektor data dengan codeword terdekat) pada akhir iterasi akan semakin kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



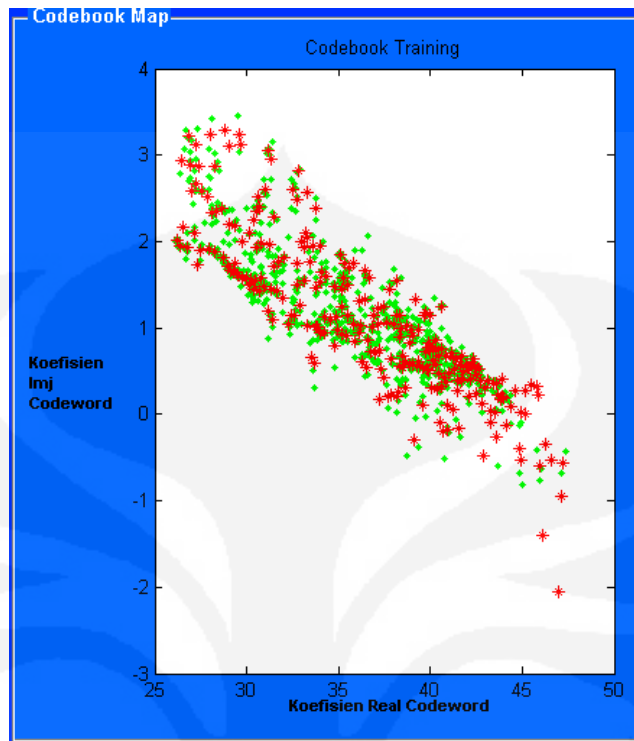
Gambar 4.1 Codebook 32 bit



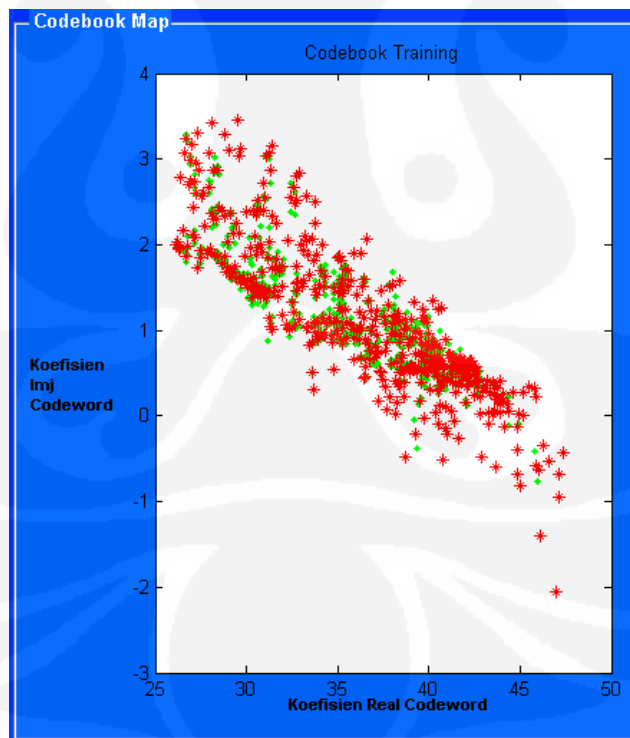
Gambar 4.2 Codebook 64 bit



Gambar 4.3 Codebook 128 bit



Gambar 4.4 Codebook 256 bit



Gambar 4.5 Codebook 512 bit

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran codebook, maka tingkat akurasi program semakin meningkat. Namun, pada penelitian ini, persentase akurasi mengalami kenaikan dan penurunan dengan ukuran codebook yang semakin meningkat. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3. Semakin besar ukuran codebook, semakin lama waktu pemrosesannya karena semakin banyak jumlah centroid yang akan dicari. Jika kita lihat dari hasil data percobaan di atas, ukuran codebook yang mempunyai tingkat ketelitian yang baik adalah codebook ukuran 128 bit dan codebook ukuran 256 bit. Sedangkan tingkat ketelitian yang kurang baik terdapat pada codebook ukuran 64 bit.

Hal ini disebabkan karena kadar dan jenis zat warna tersebut memiliki rentang data yang cukup besar, sehingga cukup sulit untuk membandingkan data-data yang secara kasat mata terlihat mirip. Selain itu, dari gambar di atas juga terlihat bahwa terlihat beberapa centroid yang tidak melingkupi daerah persebaran vektor data, yang menyebabkan beberapa centroid tersebut tidak mewakili data masukan.

Ketika sampel data baru diuji dan dilakukan pencarian letak centroid-centroidnya, maka pencarian tersebut mengacu kepada letak centroid yang terdapat pada database codebook. Pada kadar dan jenis zat warna yang sama dengan sampel data yang berbeda pun dapat terjadi kesalahan dalam pendeteksian kadar dan jenis zat warna. Hal ini dikarenakan distorsi pada masing-masing sampel data tidak selalu sesuai dengan distorsi yang terdapat pada database untuk kadar dan jenis zat warna yang sama. Sehingga terdapat kemungkinan letak sampel data baru ini lebih mendekati letak centroid kadar dan jenis zat warna lainnya sehingga kombinasi urutan centroid yang dihasilkan agak berbeda dengan jenis zat warna dan kadar konsentrasi yang sebenarnya.

4.3.2 Analisis Hasil Percobaan Berdasarkan Variasi Jumlah Training

Berdasarkan Tabel 4.7, presentase akurasi pada proses identifikasi untuk jumlah data training sebanyak 7 buah lebih baik dari pada jumlah data training 5 buah. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak database yang digunakan

untuk pelatihan, maka semakin akurat proses identifikasi kadar dan zat warna pada makanan atau minuman.

Semakin banyak sampel data yang dimasukkan ke dalam training untuk masing-masing kadar dan jenis zat warna, maka semakin banyak variasi yang dimiliki untuk masing-masing kadar dan jenis zat warna sehingga proses recognition (pengenalan) akan lebih mudah karena dengan banyaknya training untuk masing-masing kadar dan jenis zat warna, masalah kemiripan atau perbedaan satu kadar dan jenis zat warna terhadap kadar dan jenis zat warna lainnya akan berkurang. Karena jumlah training yang lebih banyak maka secara tidak langsung akan menambah karakteristik label yang tersimpan pada training. Oleh karena itu, dengan banyaknya sampel data yang dimasukkan atau sampel data yang dijadikan training, maka karakteristik yang tadinya belum ada pada saat proses pembentukan training dilakukan dengan jumlah training yang lebih kecil, akan terpenuhi dengan jumlah training yang lebih besar.

Pada kenyataannya semakin banyak jumlah database tidak mempengaruhi tingkat akurasi dalam pengidentifikasian. Karena banyaknya database dengan karakteristik yang mirip antara satu label dengan label yang lain sehingga mengakibatkan kesalahan dalam pengenalan jenis kadar dan zat warna dengan ukuran codebook yang semakin besar. Hal ini dikarenakan terlalu rapatnya letak sample points sehingga letak centroid yang terbentuk juga akan berdekatan satu sama lain yang mengakibatkan kesalahan pengenalan pada proses identifikasi.

BAB V

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 adalah antara 94% untuk ukuran codebook yang optimal adalah 256 pada 7 data training.
2. Semakin besar ukuran codebook, maka tidak mempengaruhi tingkat akurasi yang dicapai sistem dalam mendeteksi kadar dan jenis zat warna pada makanan atau minuman.
3. Semakin besar jumlah training, semakin besar pula tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi kadar dan jenis zat warna pada makanan atau minuman.
4. Semakin banyak jumlah codebook maka waktu prosesnya semakin lama. Untuk ukuran codebook 32 waktu yang didapat yaitu 0,2224 sekon dan untuk ukuran codebook 512 waktu yang didapat yaitu 1,6027 sekon.

DAFTAR ACUAN

- [1]. <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/ComplianceEnforcement/ucm072848.pdf> Food and Drug Administration Compliance Program Guidance Manual, Chapter 03 - Foodborne Biological Hazards, p37
- [2]. "EFSA :: Scientific Opinion on the re-evaluation of Ponceau 4R (E 124) as a food additive". http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211903028554.htm. 091113 efsa.europa.eu
- [3]. Food Standards Australia New Zealand. "Food Additives- Numerical List". <http://www.foodstandards.gov.au/newsroom/publications/choosingtherightstuff/foodadditivesnumeric1680.cfm>. Retrieved 2 December 2009.
- [4]. <http://siri.org/msds/f2/ccd/ccdqw.html>
- [5]. ^ Jain, Rajeev; Bhargava, Meenakshi; Sharma, Nidhi (2003). "Electrochemical Studies on a Pharmaceutical Azo Dye: Tartrazine". *Industrial & Engineering Chemistry Research* **42**: 243. doi:10.1021/ie020228q.
- [6]. "E102 Tartrazine, FD&C yellow No.5". UK Food Guide. <http://www.ukfoodguide.net/e102.htm>. Retrieved 2007-11-30.
- [7]. Rowe KS, Rowe KJ (November 1994). "Synthetic food coloring and behavior: a dose response effect in a double-blind, placebo-controlled, repeated-measures study". *The Journal of Pediatrics* **125** (5 Pt 1): 691–8. doi:10.1016/S0022-3476(94)70059-1. PMID 7965420.
- [8]. "Food Reactions website". Foodreactions.org. <http://www.foodreactions.org/allergy/additives/100.html#Tests>. Retrieved 2009-04-15.
- [9]. Elhkim MO, Héraud F, Bemrah N, *et al.* (April 2007). "New considerations regarding the risk assessment on Tartrazine An update toxicological assessment, intolerance reactions and maximum theoretical daily intake in France". *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **47** (3): 308–16. doi:10.1016/j.yrtph.2006.11.004. PMID 17218045.

- [10]. "Does FD&C Yellow No. 5 cause any allergic reactions?". United States Food and Drug Administration. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/qa-adf5.html>. Retrieved 2007-10-20.
- [11]. Dipalma JR (November 1990). "Tartrazine sensitivity". *American Family Physician* **42** (5): 1347–50. PMID 2239641.
- [12]. Michel O, Naeije N, Bracamonte M, Duchateau J, Sergysels R (May 1984).
- [13]. "Fast Green FCF". IPCS INchem. <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v16je12.htm>. Retrieved 2007-10-18.
- [14]. "Fast Green FCF, INS: 143". Food and Agriculture Organisation of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/Y0474S/y0474s3b.htm>. Retrieved 2007-10-18.
- [15]. *Metoda Spektroskopik*. Diakses tanggal 1 Maret 2010 dari chem-is-try.org <http://www.chem-is-try.com> *Metoda Spektroskopik*
- [16]. Tony Owen . *Fundamental Analysis of UV-Vis Spectroscopy*, Penerbit Agilent Technology, Germany, 2000.
- [17]. www.ssi.shimadzu.com/products/literature/Spectroscopy/UV-24502550.pdf

DAFTAR PUSTAKA

- Diponegoro, Arman Djohan. “Analisis penentuan jenis kawanan ikan berdasarkan deteksi fasa pantulan gelombang akustik dan penerapan Hidden Markov Model”. 2006. Disertasi, Program Pascasarjana Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2006.
- Amin, Ahmad Mujadid. “Simulasi dan Analisis Program Speech To Text Menggunakan Metode Hidden Markov Model”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2007.
- Alfarisi, Lutfie Salman. “Speech Recognition dengan Hidden Markov Model menggunakan DSP Starter Kit TMS320C6713”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2007.
- Andriani, Evi. “Analisa dan Identifikasi Berbagai Penyakit Paru-paru dengan Metode Hidden Markov Model”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- Hartaman, Muhammad Rizky. “Rancang Bangun Sistem Pengenalan Penyakit Jantung dengan Metode Hidden Markov Model”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- Hamdani, Muhammad Iqbal. “Penggunaan Bahan Pewarna dari Secang (*Caesalpinia Sappan*) dalam Minuman Bir Pletok dan Analisis Senyawa Penanda dengan Kromatografi Lapis Tipis - Densitometri”. Tesis, Program Studi Farmasi Jalur Pilihan Kimia Farmasi Institut Teknologi Bandung, 2008