

**IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KADAR ASAM ASETAT DAN
ALKOHOL PADA CUKA KURMA TRADISIONAL MENGGUNAKAN
METODE FTIR DAN KEMOMETRIKA**

(Skripsi)

Oleh

**INDAH PERMATASARI EKA PUTRI
1817011082**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KADAR ASAM ASETAT DAN ALKOHOL PADA CUKA KURMA TRADISIONAL MENGGUNAKAN METODE FTIR DAN KEMOMETRIKA

Oleh

INDAH PERMATASARI EKA PUTRI

Penelitian ini berfokus pada identifikasi dan penentuan kadar asam asetat serta alkohol dalam cuka kurma. Tujuan dari penelitian ini untuk menunjukkan bahwa metode FTIR dan kemometrika dapat digunakan untuk menganalisis cuka kurma secara cepat dan efektif. Penelitian ini menggunakan metode FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrika serta analisis PCA dan PLS. Digunakan juga metode titrasi untuk mengetahui kadar asam asetat pada cuka kurma untuk digunakan sebagai data pembanding. Hasil analisis PCA sampel CK1 memiliki plot yang dekat dengan standar asam asetat 5%, sampel CK2 dan CK3 memiliki plot yang berdekatan dengan standar asam asetat 1% dan 3% sedangkan sampel CK4 tidak berdekatan dengan standar yang telah dibuat. Dari hasil kemometrika sampel cuka kurma yaitu sampel CK1 diprediksi kadar asam asetat nya 5% dan untuk kadar asam asetat dari titrasi sebesar 6,006%. Untuk sampel CK2 dan CK3 diprediksi kadar asam asetatnya 1-3% dan hasil titrasi nya 1,926% dan 1,272%. Dari hasil perbandingan ini dapat disimpulkan metode kemometrika dapat memprediksi kadar asam asetat pada cuka kurma tetapi tidak dapat menentukan kadar secara pasti. Untuk hasil PCA sampel dan standar etanol, pada sampel C1, CK2, CK3 dan CK4 tidak ada plot yang saling berdekatan dengan standar maka dari itu pada cuka kurma tidak terdapat kadar alkohol. Hasil analisis PLS kalibrasi mendapatkan nilai R^2 sebesar 0,999949 pada standar asam asetat dan nilai R^2 sebesar 0,999686 pada standar etanol. jika nilai nilai R^2 mendekati 1 maka hasil dapat dikatakan baik.

Kata Kunci: Kemometrika, Cuka Kurma, FTIR, PCA, dan PLSABSTRACT

ABSTRACT

IDENTIFICATION AND DETERMINATION OF ACETIC ACID AND ALCOHOL CONTENT IN TRADITIONAL DATE VINEGAR USING FTIR AND CHEMOMETRICS METHODS

By

INDAH PERMATASARI EKA PUTRI

This research focuses on the identification and determination of acetic acid and alcohol content in date vinegar. The aim of this research is to demonstrate that FTIR and chemometrics methods can be used to analyze date vinegar quickly and effectively. This study employs FTIR methods combined with chemometrics as well as PCA and PLS analyses. Titration methods were also used to determine the acetic acid content in date vinegar to serve as comparative data. The PCA analysis results show that sample CK1 has a plot close to the 5% acetic acid standard, samples CK2 and CK3 have plots close to the 1% and 3% acetic acid standards, while sample CK4 does not align with the established standards. From the results of chemometrics on the date vinegar sample, namely sample CK1, the predicted acetic acid content is 5%, and the titration result shows an acetic acid content of 6.006%. For samples CK2 and CK3, the predicted acetic acid content is 1-3%, with titration results of 1.926% and 1.272%, respectively. From this comparison, it can be concluded that the chemometric method can predict the acetic acid content in date vinegar but cannot determine the exact content. For the PCA results of the samples and ethanol standards, in samples C1, CK2, CK3, and CK4, there are no plots that are close to the standards, therefore, there is no alcohol content in the date vinegar. The results of the PLS calibration analysis obtained an R² value of 0.999949 for the acetic acid standard and an R² value of 0.999686 for the ethanol standard. If the R² values are close to 1, the results can be considered good.

Keywords: Chemometrics, Date Vinegar, FTIR, PCA, and PLS

**IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KADAR ASAM ASETAT DAN
ALKOHOL PADA CUKA KURMA TRADISIONAL MENGGUNAKAN
METODE FTIR DAN KEMOMETRIKA**

Oleh

INDAH PERMATASARI EKA PUTRI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**Judul : IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KADAR ASAM
ASETAT DAN ALKOHOL PADA CUKA KURMA
TRADISIONAL MENGGUNAKAN METODE FTIR
DAN KEMOMETRIKA**

Nama : Indah Permatasari Eka Putri
NPM : 1817011082
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.
NIP. 197110301997031003

Pembimbing II



Rinawati, Ph.D.
NIP. 197104122000032001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA



Dr. Mita Bilyanti, M.Si.
NIP. 197205302000032001

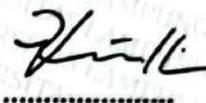
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

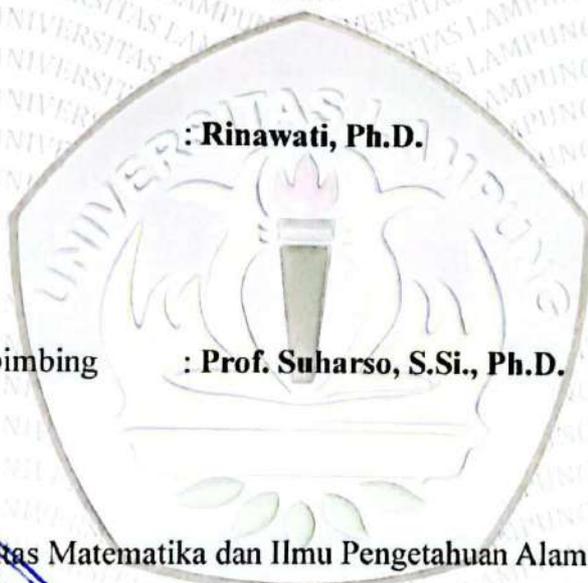
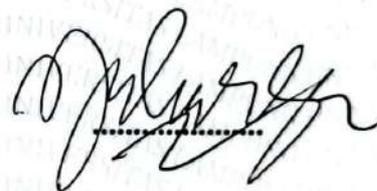
Ketua : Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.



Sekretaris : Rinawati, Ph.D.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Suharso, S.Si., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Hari Satria, S.Si., M.Si
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Oktober 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Indah Permatasari Eka Putri
Nomor Pokok Mahasiswa : 1817011082
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Identifikasi Dan Penentuan Kadar Asam Asetat Dan Alkohol Pada Cuka Kurma Tradisional Menggunakan Metode FTIR dan Kemometrika”** adalah benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Saya tidak keberatan jika data dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Bandar Lampung, 10 November 2024

Yang Menyatakan,



Indah Permatasari Eka Putri

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Indah Permatasari Eka Putri, lahir di Tanjung Karang pada 10 Juni 2000 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, putri dari Bapak Zainal Haris dan Ibu Iin Ainatu Munawaroh. Saat ini penulis bertempat tinggal di Perum Permata Biru, Kelurahan Sukarame Baru, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung. Penulis mulai menempuh pendidikan di SDN 2 Sukarame (2006-2012). Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Negeri 2 Bandar Lampung (2012-2015) dan Sekolah Menengah Atas SMK SMTI Bandar Lampung (2015-2018).

Pada tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung (FMIPA Unila). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi sebagai kader muda Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) periode 2019. Pada tahun 2019 aktif di HIMAKI sebagai anggota bidang Sosial Masyarakat (SOSMAS), serta sebagai Sekretaris bidang Sosial Masyarakat (SOSMAS) pada periode 2020. Penulis pernah mengikuti kegiatan sosial seperti Karya Wisata Ilmiah (KWI) BEM-FMIPA Unila di Desa Tanjung Tirto Kecamatan Way Bungur pada tahun 2018. Pada Bulan Februari sampai Maret 2021, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Bukit Asam Tbk. Pelabuhan Tarahan dengan judul “Korelasi Nilai *Gross Calorific Value* (GCV) Dengan Kandungan Abu (*Ash Content*) Pada Sampel Batubara PT. Bukit Asam Tbk. Pelabuhan Tarahan”. Pada tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bumi Raya, Bandar Lampung selama 40 hari. setelah itu penulis mulai mengerjakan tugas akhir.

MOTTO

“Maka Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”
(Q.S Al-Insirah, 94:5-6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S Al-Baqarah : 256)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”
(Umar bin Khattab)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa diharapkan syafaatnya di hari akhir.

Dengan segala rasa syukur, kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua orang tuaku tercinta Ayah Zainal Haris dan Mama Iin Ainatu Munawaroh yang selalu memberikan Do'a, Dukungan, Cinta, Motivasi serta Kasih sayang, sehingga ku dapat menyelesaikan karya ini dengan baik.

Untuk adikku tersayang Andra dan Ibrahim serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan mendoakan akan keberhasilanku

Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc dan Ibu Rinawati, Ph.D. selaku dosen pembimbing, Bapak Prof. Suharso, S.Si., Ph.D selaku dosen pembahas, serta semua dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila yang telah membimbing, mendidik, memberikan banyak ilmu dan pengalamannya kepadaku.

Seluruh sahabat dan teman-temanku yang selalu menyemangatiku, berbagi keluh kesah, dan keceriaan kepada penulis

Dan almamaterku yang kubanggakan, Universitas Lampung.

SANWACANA

Assalamualaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu kita nantikan syafaat-Nya di Yaumul Akhir nanti. Aamiin ya rabbal alamin sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Dan Penentuan Kadar Asam Asetat Dan Alkohol Pada Cuka Kurma Tradisional Menggunakan Metode FTIR Dan Kemometrika”**.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun itu semua bisa terlewati berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orangtua yang saya cintai Ayah Zainal Haris dan Mama Iin Ainatu Munawaroh yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, menyemangati, berkorban, memberi kekuatan, nasihat, mendengarkan keluh kesah, serta mendukung keberhasilan yang sangat berharga bagi penulis. Kedua Adikku Andra dan Ibrahim yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc., selaku pembimbing satu yang telah sabar membimbing dan memberi masukan serta saran dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Ibu Rinawati, Ph.D., selaku pembimbing dua yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini

4. Bapak Prof. Suharso, S.Si., Ph.D., selaku penguji dan pembahas yang telah memberikan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang memberikan semangat dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam segala hal terkait administrasi dan menyetujui laporan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerja Sama FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung atas seluruh ilmu, bimbingan dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis.
10. Kakek, Nenek, Datuk(Alm), Andung (Alm) dan Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
11. Teman-teman seperbimbingan yang baik Fani dan Dea. Terima kasih atas kerjasama, dukungan, dan kesabaran untuk menyelesaikan penelitian hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
12. Analis lab UPT-LTSIT Mba Farlina dan Mba Oci, terima kasih atas arahan dan selalu sabar menghadapi penulis selama penelitian di UPT-LTSIT.
13. Sobat Ambyar Kharisma, Hendriko, Fani, dan Grace. Terima kasih sudah menjadi teman yang baik, memberikan keceriaan, tempat berkeluh kesah dan partner belajar terbaik di kampus
14. Teman-teman terbaikku Mughnie, Sri, Aila dan Veni. Terimakasih sudah menjadi teman berbagi hal senang dan sedih dari masa smk hingga sekarang dan seterusnya. Terimakasih atas saran, dukungan dan semangat diberikan kepada penulis
15. Anggota BTS, Seokjin, Jungkook, Namjoon, Yoongi, Hoseok, Jimin, Taehyung yang memberikan kegembiraan dengan mendengarkan musik

mereka saat mengerjakan skripsi. Serta teman army ku aisyah, diah, putri, ria, anjeria, jessica, cici, yang memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

16. Icha, Ika, Kharisma, Zulfa, Ofri, Salsa, Aan, Reyhan terima kasih telah memberikan bantuan, semangat dan dukungan kepada penulis.
17. Teman-teman ex-Pimpinan Himaki 2020 yang senantiasa hadir memberikan motivasi kepada penulis. Dan Teman-teman Bidang Sosmas 2020 yang telah mendukung penulis.
18. Rekan-rekan Kimia 2018 seperjuangan yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.
19. Adik-Adik *Chemometrics Research* Widya, Raisha, Triana, Dwi, Safitri, Sylfia dan Anin atas bantuan dan semangatnya.
20. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, dukungan serta doa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini.
21. Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu, semoga Allah SWT membalas segala amal kebaikan kalian. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu`alaikum Wr. Wb

Bandar Lampung, 10 November 2024
Penulis,

Indah Permatasari Eka Putri

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kurma (<i>phoenix dactylifera</i>)	5
2.1.1 Kandungan Pada Buah Kurma	6
2.2 Cuka	8
2.2.1 Proses Fermentasi.....	9
2.3 Asam Asetat.....	11
2.4 Alkohol.....	13
2.5 Titrasi Asam Basa (Alkalimetri)	15
2.6 Spektrofotometri FTIR.....	15
2.7 Kemometrika.....	18
2.7.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	20
2.7.2 <i>Partial Least Square</i> (PLS)	22
III. METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat.....	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.3 Prosedur Penelitian	24
3.3.1 Persiapan Sampel dan Pembuatan Cuka Kurma	24
3.3.2 Pembuatan Larutan Standar	25
3.3.3 Penentuan kadar asam asetat dalam cuka kurma dengan titrasi.....	25
3.3.4 Analisis dengan Spektrofotometri FTIR	26
3.3.5 Analisis Data dengan Kemometrika	26
3.3.6 Analisis PCA dan PLS.....	26

IV. PEMBAHASAN	29
4.1 Preparasi Sampel.....	29
4.2 Pembuatan Variasi Larutan Standar Asam Asetat dan Etanol.....	30
4.2.1 Larutan Standar Asam Asetat	31
4.2.2. Larutan Standar Etanol.....	31
4.3 Penentuan Kadar Asam Asetat Pada Cuka Kurma Dengan Metode Titrasi.....	31
4.4 Hasil Pengukuran Spektrum FTIR.....	32
4.4.1 Spektrum Asam Asetat	32
4.4.2 Spektrum Etanol.....	34
4.4.3 Spektrum Sampel Cuka Kurma.....	36
4.5 Analisis Kemometrika.....	37
4.5.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	37
4.5.2 PLS (<i>Partial Least Square</i>)	42
4.6 Perbandingan data kadar asam asetat pada kemometrika dan titrasi	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sifat – Sifat Asam Asetat.....	12
Tabel 2. Gugus Fungsi Asam Asetat	18
Tabel 3. Gugus Fungsi Etanol	18
Tabel 4. Hasil Korelasi Alkohol dengan PLS.....	23
Tabel 5. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks pada Standar Asam Asetat dan Sampel.....	38
Tabel 6. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks pada Standar Etanol dan Sampel .	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Instrumen Spektrofotometer FTIR	17
Gambar 2. Spektrum FTIR Asam asetat	17
Gambar 3. Spektrum FTIR Etanol	18
Gambar 4. <i>Score Plot</i> dari standar dan sampel 1-15	21
Gambar 5. Bagan Alir Penelitian	28
Gambar 6. Spektrum Gabungan Asam Asetat Glacial dan Asam Asetat 5%	32
Gambar 7. Spektrum gabungan etanol murni dan etanol 6%.....	34
Gambar 8. Spektrum Gabungan Asam asetat 5% dan etanol 6%	35
Gambar 9. Spektrum Gabungan Sampel Cuka Kurma	36
Gambar 10. <i>Score Plot</i> PCA Standar Asam Asetat dan Sampel.....	40
Gambar 11. <i>Score Plot</i> PCA Standar Etanol dan Sampel	41
Gambar 12. Model PLS Standar Asam Asetat	42
Gambar 13. Model PLS Standar Etanol.....	43

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah kurma dikenal sebagai makanan yang berkhasiat dan memiliki banyak nutrisi. Kurma merupakan sumber terbesar karbohidrat yang tersusun atas gula gula sederhana seperti glukosa, fruktosa dan sukrosa. Buah kurma mengandung senyawa antioksidan, beberapa mineral seperti besi, potassium, kalsium, vitamin C, B1,B2, A dan merupakan salah satu sumber serat yang baik bagi tubuh. Karena kandungan gula yang tinggi memunculkan ide untuk mengolah buah kurma dengan cara fermentasi untuk menjadi cuka kurma yang bisa dimanfaatkan sebagai minuman kesehatan (Primurdia, 2019).

Cuka merupakan suatu larutan asam yang terbuat dari suatu bahan yang mengandung gula atau pati serta proses pembuatannya melalui dua proses fermentasi. Cuka ini merupakan larutan asam asetat dalam air yang mempunyai citarasa, zat warna, substansi yang terekstrak, garam-garam organik dari buah yang berbeda-beda sesuai dengan asalnya. Cuka dapat diproduksi dengan bahan-bahan alami seperti ekstrak buah-buahan (Nurismanto dkk., 2014). Cuka buah adalah larutan asam hasil fermentasi dari buah yang banyak digunakan dari zaman dahulu. Proses pembuatan cuka buah dilakukan dengan 2 tahapan fermentasi. Tahap pertama yaitu fermentasi alkohol pada fermentasi ini glukosa diubah menjadi alkohol oleh *Saccharomyces cerevisiae* secara anaerob. Tahap kedua adalah fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti* pada proses ini alkohol dioksidasi menjadi asam asetat secara aerob. Kedua proses fermentasi ini dilakukan secara terpisah (Desrosier, 2008).

Banyak metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan kadar asam asetat dan alkohol pada suatu produk. Pada metode penentuan kadar asam asetat yang digunakan adalah metode volumetri, gravimetri, spektrofotometri dan kromatografi. Sedangkan pada penentuan kadar alkohol yang banyak digunakan adalah metode kromatografi gas. Untuk metode-metode yang telah disebutkan pasti memiliki kekurangan seperti pada metode titrimetri yang memerlukan banyak bahan serta waktu analisis yang relatif lama dan pada metode kromatografi gas yang membutuhkan penyiapan sampel yang tidak sederhana serta biaya analisis yang mahal. Oleh karena itu, dibutuhkan metode analisis asam asetat dan alkohol yang cepat, sederhana serta biaya yang lebih murah. Metode spektroskopi FTIR dan kemometrika sudah mulai banyak dikembangkan untuk identifikasi, pengelompokan dan analisis kuantitatif. Spektroskopi FTIR mempunyai kelebihan penyiapan sampel yang cepat, mudah dan langsung dapat dianalisis tanpa pemisahan. Metode kemometrika untuk membantu mengolah data spektrum agar tidak terjadi tumpang tindih antara spektrum dari senyawa-senyawa pada sampel (Hendrajaya dkk., 2021).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis hasil dari FTIR adalah teknik kalibrasi multivariat, yang termasuk bagian kemometrika. Kemometrika adalah suatu metode yang tepat untuk prosedur pemisahan dan deteksi dalam analisis senyawa kimia (Vacawati dkk., 2013). Penggunaan kemometrika pada data multivariat adalah melakukan analisis sampel menggunakan instrumen, dimana akan menghasilkan variabel yang banyak serta pengelompokan berdasarkan data didapat. Terdapat beberapa teknik kemometrika seperti analisis komponen utama atau *principal component analysis* (PCA), analisis diskriminan dan analisis kluster. Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah metode spektroskopi yang sering digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Metode FTIR adalah metode analisis sidik jari, dimana tidak ada dua senyawa atau lebih yang memiliki spektrum FTIR yang mirip. Saat dikombinasikan dengan kemometrika, spektroskopi FTIR membuat alat analisis menjadi metode yang lebih handal. Dibuktikan dengan banyaknya publikasi ilmiah yang menggabungkan metode spektroskopi FTIR dan

kemometrika sebagai aplikasi dalam analisis suatu sampel atau produk (Husein dkk., 2020).

Principal component analysis (PCA) dan *partial least squares* (PLS) adalah contoh model multivariat dari kemometrika. PCA merupakan suatu metode multivariat untuk mereduksi dimensi variabel dengan tidak kehilangan informasi. Prinsip dari PCA adalah untuk menemukan komponen utama yang merupakan kombinasi linier dari variabel asli. PCA ini juga mempermudah visualisasi pengelompokan data, penilaian awal kesamaan antar kelompok atau kelas, serta dapat menemukan faktor dibalik pola yang teramati melalui korelasi dengan data kimia atau fisika-kimia. Dan untuk prinsip PLS adalah menghitung nilai komponen utama dari matriks data X dan Y dan membangun model regresi antarnilai. PLS efektif untuk menganalisis data dengan jumlah yang banyak, memiliki tingkat kolinearitas tinggi (Siregar dkk., 2015).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menentukan kadar asam asetat dan alkohol pada cuka kurma menggunakan spektrofotometri FTIR dan kemometrika dengan menggunakan metode analisis multivariat PCA dan PLS.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dan menentukan kadar asam asetat dan alkohol dalam cuka kurma tradisional dengan menggunakan metode spektrofotometri *Fourier Transfom Infrared* (FTIR) dan kemometrika
2. Menunjukkan bahwa metode FTIR dan kemometrika dapat digunakan untuk menganalisis cuka kurma secara cepat dan efektif.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang kandungan asam asetat dan alkohol dalam cuka kurma tradisional
2. Menyediakan informasi tentang penerapan spektrofotometri FTIR untuk mengidentifikasi dan menentukan kadar asam asetat dan alkohol dalam cuka kurma dengan menggunakan metode kemometrika PCA dan PLS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kurma (*Phoenix dactylifera*)

Kurma (*Phoenix dactylifera* = *date palm*) adalah keluarga palma (*palem*), diduga berasal dari nama *Phoenician*, "*phoenix*" yang berarti pohon kurma, dan "*dactylifera*" yang berasal dari kata Yunani "*daktulos*" yang berarti jari, yang menggambarkan bentuk buah. Tanaman ini diduga berasal dari dataran Mesopotamia (Iraq) dan Afrika bagian Utara (Maroko) sekitar 4000 tahun sebelum Masehi dan tersebar melalui dua arah, yaitu dari Mesopotamia dan Afrika Utara (Sitepu et al., 2019).

Klasifikasi dari tanaman kurma sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae* (Tumbuhan)

Subkingdom : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)

Super Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)

Divisi : *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)

Kelas : *Liliopsida* (Berkeping satu / monokotil)

Sub kelas : *Arecidae*

Ordo : *Arecales*

Famili : *Arecaceae / Palmae* (Suku pinang-pinangan)

Genus : *Phoenix*

Spesies : *Phoenix dactylifera* L

Pohon kurma sekilas mirip dengan pohon palem. Keduanya berasal dari genus yang sama yaitu *Phoenix*. Pohon kurma memiliki tinggi rata-rata sekitar 15-25 meter bahkan dapat mencapai 35 meter. Pohon kurma mampu memproduksi banyak tunas anakan dan batang. Kurma memproduksi anakan dalam jumlah

terbatas 20 sampai 30 anakan tergantung kultivar dan lingkungan sekitar tanaman (Siti Zamilatul & Rahimah, 2022).

Buah kurma merupakan buah yang direkomendasikan dari Al-qur'an dan hadist memiliki banyak manfaat diantaranya sebagai anti kanker, antioksidan, pelindung hati, antidiabetes, anti hipertensi, antiulserasi, antiinflamasi, antiproliferasi, anti mutagenik, antidiare, antibakteri, antijamur dan antivirus. Di samping itu, kurma juga meningkatkan kadar estrogen, testosteron, sel darah merah, Hb, PCV, retikulosit dan jumlah platelet. Kurma juga memiliki *cerebroprotective*, *neuroprotective* dan *haemopoietic*. Peran buah kurma terhadap pencegahan penyakit melalui aktivitas anti-oksidan, anti-mikroba dan anti-inflamasi (Febrianti, 2018).

Buah kurma secara umum memang mempunyai khasiat tertentu untuk pengobatan, seperti untuk meningkatkan kadar gula darah dan konon juga dapat digunakan untuk mengobati katarak pada mata dengan memakan paling sedikit tiga buah kurma selama beberapa bulan. Berdasarkan penelitian para ilmuwan, buah kurma kaya dengan protein, serat gula, vitamin A dan C, serta mineral seperti zat besi, kalsium, sodium, dan potasium. Kandungan protein di dalam kurma sebesar 1,8-2,0%; serat sebanyak 2,0-4,0%; dan gula sebesar 50-70% glukosa. Selain mengandung energi gula yang kaya, kurma juga mengandung garam alkalin yang mampu menambah keasaman darah yang berfungsi untuk mengimbangi pengaruh makanan karbohidrat berlebih (Ridwan dkk., 2018).

2.1.1 Kandungan Pada Buah Kurma

a) Karbohidrat

Komponen penyusun buah kurma sebagian besar merupakan gula pereduksi glukosa dan fruktosa yang mencapai sekitar 20-70% (bobot kering) diikuti gula non-pereduksi sukrosa yang berkisar 0-40%. Gula pereduksi artinya gugus gula yang berfungsi sebagai reduktor, pendonasi elektron dalam reaksi kimiawi redoks (reduksi-oksidasi). Gula pereduksi umumnya terdiri dari gugus

monosakarida, atau gugus-gugus gula dengan panjang rantai sebanyak enam karbon dengan konformasi yang berbeda-beda. Sukrosa sendiri merupakan gugus disakarida yang terbentuk dua buah monosakarida, glukosa dan fruktosa, juga dikenal sebagai gula meja (*table sugar*) yang umum dikonsumsi.

Komposisi gula pada buah kurma sangat tergantung dari jenis kultivar dan tingkat kematangannya.

Buah kurma diketahui mengandung komponen serat terlarut (*dietary fiber*) yang berkisar antara 9-13% bergantung kepada kultivar dan asal tumbuhnya. Kandungan serat kasar (*crude fiber*) di dalam buah kurma berkisar 2.5-4.3% pada tingkat kematangan rutab dan tamr. Secara umum, semakin matang buah kurma, kadar glukosa dan fruktosa akan semakin meningkat dan kadar serat kasar cenderung menurun. Kadar sukrosa dan serat terlarut cenderung stabil pada semua tingkat kematangan, kecuali pada tahapan khalal (kadar sukrosa akan meningkat) oleh sebab pembentukan daging buah terjadi dengan pesat.

b) Kalori dan GI

Jumlah asupan kalori rata-rata untuk satu buah kurma (8.3g) adalah 23 kalori atau 1.3- 1.8 kali lebih banyak dibandingkan gula tebu dengan bobot yang sama. Studi indeks glisemik (*glycemix index*, GI) dari buah kurma memiliki nilai GI kisaran 30-60 jika dikonsumsi sebanyak 60g.

c) Protein

Kandungan total protein pada buah kurma mencapai angka 1.4-1.7g/100g daging kurma (berat basah). Treonin, Lisin dan Isoleusin adalah asam amino esensial (tidak dapat disintesis oleh tubuh) yang ditemukan pada buah kurma. Kandungan Isoleusin dan Lisin mencapai ratusan kali lebih banyak pada buah kurma dibandingkan dengan kandungannya pada apel untuk setiap gram buahnya. Kandungan protein dan asam amino pada buah kurma akan mencapai puncaknya pada tahap kematangan kimri dan terus menurun seiring dengan meningkatnya derajat kematangan buah (Al-Farsi & Lee, 2008)

d) Asam Lemak

Kadar lemak dari kurma sangat rendah (0.3-0.5%), sehingga buah kurma bukanlah makanan terbaik yang menyediakan asupan asam-asam lemak bagi tubuh. Akan tetapi biji kurma memiliki kandungan asam lemak rantai ganda

(*unsaturated fatty acid*). Disebutkan bahwa terdapat Asam Oleat sebanyak 48.5 g/100g biji kurma, diikuti dengan Asam Linoleat sebanyak 3.3 g/100g biji kurma. Kandungan asam lemak jenuh rantai sedang seperti Laurat, Palmitat, dan Stearat juga cukup mendominasi kandungan nutritif dari biji kurma, dengan total sekitar 40-45% berat kering. Tidak disebutkan secara terperinci kandungan asam lemak esensial dalam buah maupun biji kurma (Al-Shahib & Marshall, 2003)

e) Mineral

Diantara setidaknya 15 jenis mineral yang berhasil dideteksi pada buah kurma, Selenium menjadi salah satu fokus klaim buah kurma yang sering dikaitkan dengan potensi penyembuhan yang dimilikinya. Selenium sering kali dikaitkan dengan penyembuhan kanker, sekalipun belum mampu dibuktikan keterkaitannya. Kadar Selenium di dalam buah kurma berkisar antara 0.1-0.3mg/100g berat kering, atau dapat dikatakan asupan Selenium per hari dapat dipenuhi dengan memakan sekitar 10 butir kurma (sekitar 85 g). Selain Selenium, buah kurma juga memiliki kadar Kalium yang tinggi dan telah berhasil dibuktikan mampu membantu menurunkan tekanan darah. Buah kurma juga memiliki sedikit kandungan mineral Magnesium, Fluorin, Seng; mineral-mineral yang dianggap juga memiliki efek kuratif. Kandungan mineral dalam buah dan biji kurma akan menurun drastis seiring dengan tingkat kematangan.

2.2 Cuka

Cuka adalah suatu zat yang dibuat dari berbagai bahan yang bergula atau berpati melalui fermentasi alkohol yang diikuti oleh fermentasi asetat. Produk ini merupakan suatu larutan asam asetat dalam air yang mengandung cita rasa, zat warna dan substansi yang terekstrak, asam buah, ester-ester, garam-garam organik dari buah, yang berbeda-beda sesuai dengan asalnya. Cuka yang dijual harus mengandung paling sedikit 4% (4 g asam asetat per 100 mL), harus segar dan dibuat dari buah-buahan yang layak dikonsumsi serta harus diberi label yang semestinya. Cuka yang sudah banyak beredar di pasar dan dikonsumsi oleh

masyarakat terbuat dari bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi tubuh. Biasanya cuka dibuat secara industri dengan menggunakan metode sintesis kimia murni. Untuk itu perlu dibuat inovasi alami dalam pembuatan cuka misalnya dengan menggunakan buah (Febriani & Azizati, 2018).

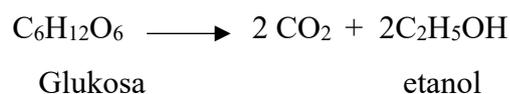
2.2.1 Proses Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu cara pengolahan melalui proses memanfaatkan penguraian senyawa dari bahan-bahan protein kompleks. Fermentasi secara teknik dapat didefinisikan sebagai suatu proses oksidasi anaerobik atau partial anaerobik karbohidrat yang menghasilkan alkohol serta menggunakan substrat protein dan lemak. Fermentasi terbagi menjadi dua yaitu fermentasi spontan dan tidak spontan (memerlukan starter). Fermentasi spontan adalah fermentasi yang biasa dilakukan menggunakan penyeleksi, seperti garam, asam organik, asam mineral, nasi atau pati. Media penyeleksi tersebut akan menyeleksi bakteri patogen dan menjadi media yang baik bagi tumbuh kembang bakteri selektif yang membantu jalannya fermentasi. Fermentasi tidak spontan adalah fermentasi yang dilakukan dengan penambahan kultur organisme bersama media penyeleksi sehingga proses fermentasi dapat berlangsung lebih cepat (Rejeki, 2011).

Produksi cuka fermentasi dari bahan yang mengandung glukosa terjadi melalui 2 tahap fermentasi, yaitu alkoholisasi dan asetikasi.

a) Alkoholisasi Dalam Fermentasi Anaerob

Pada tahap ini terjadi perubahan glukosa menjadi etanol. Mikroorganisme yang berperan dalam tahap alkoholisasi adalah ragi dan biasanya digunakan jenis ragi *saccharomyces cerevisiae* yang mempunyai kemampuan yang cukup tinggi untuk memproduksi alkohol. Secara singkat glukosa membentuk etanol menurut persamaan reaksi berikut:



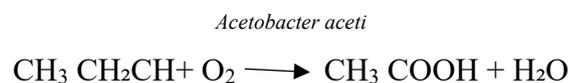
Fermentasi khamir digunakan untuk menghasilkan alkohol. Konsentrasi alkohol yang dihasilkan disesuaikan menjadi antara 10-13%. Selama proses fermentasi alkohol terjadi serangkaian reaksi antara dan pada produk akhir juga dihasilkan sejumlah gliserol, asam asetat, asam suksinat, dan amil alkohol.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses alkoholisasi antara lain sumber C, CO₂, pH substrat, O₂, mineral dan suhu. Pada proses fermentasi alkohol, jumlah konsentrasi maksimum etanol yang dapat diproduksi oleh ragi, bervariasi antara 0-19 % (v/v). Secara teoritis, sebanyak 51,1 % glukosa dikonversikan menjadi etanol dan sisanya 48,9% menjadi CO₂. Namun pada kenyataannya hanya sekitar 90-95 % diatas yang dikonversikan menjadi etanol. Sisanya digunakan untuk pertumbuhan dan metabolisme sel ragi. Pada umumnya ragi dapat tumbuh dan sangat efisien dalam fermentasi alkohol pada pH 3.5-6.0 dan suhu 28-30°C

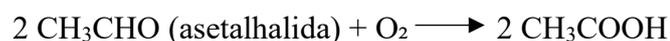
b) Asetifikasi Dalam Fermentasi Aerob

Pada fermentasi ini terjadi perombakan alkohol menjadi asam asetat dan air.

Proses ini merupakan proses oksidasi dengan bantuan bakteri asam asetat menurut persamaan reaksi berikut:



asetalhalida merupakan senyawa antara dalam reaksi asetifikasi. Sejumlah kecil aldehida, ester-ester, dan senyawa aromatis lainnya akan terbentuk pula diantara produk akhir.



Fermentasi asam asetat yang berkelanjutan dapat mengubah asam asetat menjadi karbondioksida dan air. Hal itu terjadi bila acrasi berlebihan, atau karena rendahnya konsentrasi alkohol. Konsentrasi alkohol yang tinggi ternyata dapat menghambat metabolisme bakteri asam asetat, sehingga proses oksidasi alkohol

menjadi asam asetat akan terhenti. Penghambatan tersebut terjadi pada konsentrasi alkohol berkisar antar 14 sampai 15%.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi pada pembuatan cuka yakni nutrisi untuk mempercepat pertumbuhan dan perkembangan khamir, sebaiknya ditambahkan nutrisi sebanyak kurang lebih 1-2 g/L sari buah (0,1-0,2%). Jumlah starter optimum pada fermentasi alkohol adalah 2-5% (v/v). Sari buah yang diekstrak dari buah-buahan perlu dipisahkan terlebih dahulu atau ditambahkan gula (sukrosa) sampai kandungan gulanya mencapai 10-25% (b/v). Konsentrasi oksigen, Konsentrasi alkohol yang digunakan sekitar 10- 13%. Lama fermentasi akan mempengaruhi produk fermentasi yang akan dihasilkan. Waktu fermentasi yang terlalu pendek akan menghasilkan produk yang sedikit karena substrat tidak seluruhnya terdegradasi sedang waktu fermentasi yang terlalu lama menyebabkan asam asetat akan teroksidasi menjadi karbondioksida dan air. (Nurismanto dkk., 2014).

2. 3 Asam Asetat

Asam asetat, sering disebut sebagai asam cuka (CH_3COOH), adalah senyawa cair yang tidak berwarna, memiliki bau yang kuat, dan rasa asam yang tajam. Senyawa ini larut dalam air, alkohol, gliserol, dan eter. Pada tekanan atmosfer, titik didihnya mencapai $118,1^\circ\text{C}$. Asam asetat memiliki berbagai aplikasi penting dalam industri dan sektor pangan. Di Indonesia, kebutuhan akan asam asetat dalam penyediaan bahan ini menjadi sangat penting. Proses produksi asam asetat dapat dilakukan secara kimiawi dan biologis. Proses kimiawi produksi asam asetat yang banyak dilakukan adalah oksidasi butana. Untuk kebutuhan pangan, produksi asam asetat harus dilakukan melalui proses biologis, salah satunya adalah fermentasi dari bahan baku alkohol (Tjahjono & Primarini, 2007).

Asam asetat dapat dibuat dari substrat yang mengandung alkohol, yang diperoleh dari berbagai macam bahan seperti buah buahan, kulit nenas, pulp kopi, dan air kelapa. Hasil dari fermentasi asam asetat sering disebut sebagai vinegar yang berarti *sour wine*. Vinegar berasal dari bahasa Perancis, yaitu *vindiger* (*vin=wine*

dan *digger=sour*). Pada saat ini cuka atau vinegar dibuat dari bahan kaya gula seperti buah anggur, apel, nira kelapa, dan gula seperti sukrosa, glukosa, dimana pembuatannya melibatkan proses fermentasi alkohol dan fermentasi asetat secara berimbang (Triana dkk., 2022).

Adapun sifat-sifat asam asetat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat – Sifat Asam Asetat

Nama	Sifat
Nama Senyawa	CH ₃ COOH
Rumus Kimia	Cair
Wujud Senyawa	60,05 g/mol
Berat Molekul	Tidak berwarna
Titik Leleh	17C
Titik Didih	116-118C
Densitas	1,05 g/m ³

(Sumber : *Merck MSDS*, 2011)

Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H⁺ dan CH₃COO⁻. Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting. Asam asetat digunakan dalam produksi polimer seperti polietilena tereftalat, selulosa asetat, dan polivinil asetat, maupun berbagai macam serat dan kain. Dalam industri makanan, asam asetat digunakan sebagai pengatur keasaman. Di rumah tangga, asam asetat encer juga sering digunakan sebagai pelunak air. Asam asetat tidak hanya berguna sebagai bahan penyedap masakan saja, tetapi juga digunakan dalam produksi bahan pangan yang dalam jumlah dan berbagai konsentrasi kecil sampai besar, dalam bentuk murni asam asetat dikenal sebagai asam asetat glasial karena mengkristal dalam suhu dingin, bentuk asam ini bersifat korosif dan dapat berbahaya jika mengenai kulit sehingga orang yang bekerja menggunakan senyawa ini harus menggunakan alat pelindung diri agar tidak terjadi efek samping yang berbahaya yang diakibatkan dari reaksi dari bahan tersebut (Kuna, 2023).

Asam asetat ini memiliki beberapa manfaat dalam bidang industri, diantaranya sebagai berikut :

- digunakan dalam produksi polimer, seperti selulosa asetat dan polivinil asetat yang biasanya digunakan sebagai bahan dasar cair cat dan lem untuk kertas dan kayu
- pembuatan anhidrida asetat
- sebagai fungisida
- sebagai bahan pelarut untuk banyak campuran organik,
- sebagai bahan dalam industri farmasi, seperti aspirin yang dibentuk dari reaksi antara asam asetat dan asam salisilat (Riyanto, 2006)

2.4 Alkohol

Alkohol merupakan senyawa seperti air yang satu hidrogennya diganti oleh rantai atau cincin hidrokarbon. Sifat fisis alkohol, alkohol mempunyai titik didih yang tinggi dibandingkan alkana-alkana yang jumlah, atom C nya sama. Hal ini disebabkan antara molekul alkohol membentuk ikatan hidrogen. Rumus umum alkohol R-OH, dengan R adalah suatu alkil baik alifatik maupun siklik. Dalam alkohol, semakin banyak cabang semakin rendah titik didihnya. Sedangkan dalam air, metanol, etanol, propanol mudah larut dan hanya butanol yang sedikit larut. Alkohol dapat berupa cairan encer dan mudah bercampur dengan air dalam segala perbandingan (Haworth, 1988).

Alkohol yang sering digunakan sebagai pelarut adalah jenis metanol, etanol dan isopropanol. Etanol terdapat dalam minuman alkohol dan obat (yang dalam proses pengolahan menggunakan larutan alkohol). Senyawa tersebut mempunyai potensi menyebabkan keracunan dan perubahan psikis yang ditandai dengan mabuk, perubahan emosi yang mendadak, mual, muntah, tidak sadarkan diri bahkan meninggal akibat lumpuhnya alat pernapasan. Selain itu ada juga metil alkohol yang biasanya digunakan sebagai campuran cat, bahan pengencer, penghancur, dan pemberi panas pada makanan yang dikalengkan. Alkohol atau etanol yang masuk kedalam tubuh secara berlebih dapat menyebabkan mabuk dan keracunan

jangka panjang akan merusak sistem dalam tubuh. Alkohol juga banyak digunakan pada untuk sediaan farmasi dan kosmetika. Penggunaan alkohol atau etanol yang terdapat pada sediaan topikal dapat menyebabkan kanker kulit, psoriasis, eksim, infeksi superfisial. Penggunaan alkohol dalam jumlah kecil dapat menyebabkan iritasi kulit. Pada produk obat kumur penggunaan alkohol atau etanol dapat menimbulkan alergi dan efek sistemik yang disebabkan karena kandungan alkohol yang tinggi bercampur dengan pH asam dan bahan berbahaya lainnya. Penggunaan alkohol atau etanol pada obat kumur juga dapat menyebabkan kerusakan pada mukosa dan genotoksitas.

Berdasarkan jenisnya, alkohol ditentukan oleh posisi atau letak gugus OH pada rantai karbon utama karbon. Ada tiga jenis alkohol antara lain alkohol primer, alkohol sekunder dan alkohol tersier. Alkohol primer yaitu alkohol yang gugus -OH nya terletak pada C primer yang terikat langsung pada satu atom karbon yang lain contohnya: $\text{CH}_2\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$). Alkohol sekunder yaitu alkohol yang gugus -OH nya terletak pada atom C sekunder yang terikat pada dua atom C yang lain. Alkohol tersier adalah alkohol yang gugus -OH nya terletak pada atom C tersier yang terikat langsung pada tiga atom C yang lain (Solomons, 1996).

Alkohol merupakan salah satu bahan kimia yang sangat dibutuhkan untuk industri manufaktur dan kesehatan, bahkan untuk produksi makanan, baik sebagai pelarut maupun perasa. Alkohol dapat diproduksi secara fermentasi oleh berbagai mikroba menggunakan bahan baku yang mengandung karbohidrat. Alkohol ini disebut bioalkohol atau bioethanol karena sebagian besar produknya adalah etanol. Efisiensi produksi bioetanol diperoleh melalui ketepatan pemilihan jenis mikroorganisme, bahan baku dan kontrol proses fermentasi. Selama ini fermentasi alkohol menggunakan molase atau tetes yang merupakan sisa dari proses pengkristalan gula pasir yang masih mengandung gula dan asam-asam organik sebagai bahan baku. Dibandingkan bahan baku lain, molase mempunyai keunggulan yaitu selain harganya murah juga mengandung 50% gula sederhana yang dapat difermentasi langsung oleh khamir menjadi etanol tanpa *pretreatment* (Atmodjo, 2018).

2.5 Titrasi Asam Basa (Alkalimetri)

Titrasi alkalimetri biasa disebut titrasi netralisasi. Sebagai analit pada titrasi alkalimetri adalah berupa asam lemah dan larutan standarnya adalah basa kuat. Untuk mengetahui titik akhir titrasi maka digunakan indikator. Dengan adanya indikator akan terjadi perubahan warna pada larutan yang menandai berakhirnya titrasi. Perubahan warna yang terjadi tergantung pada pH larutan. Dalam alkalimetri, indikator yang digunakan adalah phenolphthalein, yang akan menghasilkan larutan tidak berwarna (colorless) pada pH rendah (kurang dari 8) dan berubah menjadi pink cerah (bright pink) saat pH mendekati 10 (basa) (Dona dkk., 2024).

Analisis alkalimetri biasanya digunakan untuk titrasi asam basa, dimana larutan standar (suatu basa) yang diteteskan melalui buret ke dalam larutan asam dengan menggunakan suatu indikator tertentu. Indikator itu sendiri ialah zat yang dapat berubah warna apabila pH lingkungannya berubah. Jika asam berarti pH lebih rendah dan basa berarti pH lebih besar dari trayek indikator. Indikator yang biasa digunakan dalam reaksi netralisasi adalah indikator Fenolftalein (PP), Merah fenol, Biru timol, Timolftalein, Merah metil, dan lain sebagainya. Indikator berubah warna dalam interval pH tepat pada saat titran ekuivalen dengan titrat. Agar tidak terjadi kesalahan titrasi yakni selisih antara titik akhir dan titik ekuivalen perubahan warna itu harus terjadi mendekati titik ekivalen, agar tidak ada keragu-raguan tentang kapan titrasi harus dihentikan, karena jika kelebihan satu tetes saja akan memberikan suatu kesalahan yang cukup berarti yaitu dengan bertambah atau berkurangnya volume titran (Triana dkk., 2022).

2.6 Spektrofotometri FTIR

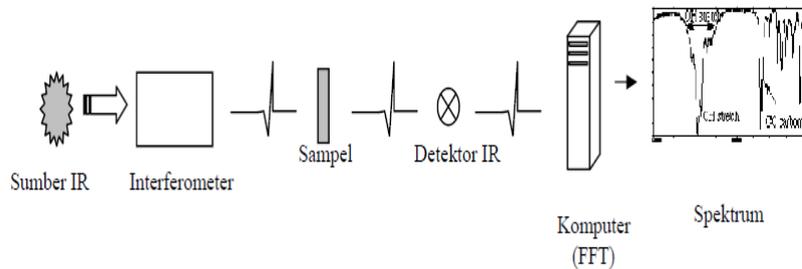
Analisis Spektrofotometri FTIR digunakan untuk melihat spektrum serapan masing-masing sampel dimana data serapan yang terdeteksi pada bilangan gelombang $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ kemudian dapat dianalisis dengan kemometrika untuk melihat perbedaannya (Rohman, 2014). Selain itu, kelebihan dari spektrofotometri

FTIR yaitu memiliki kemampuan yang cepat dalam menganalisis, bersifat tidak merusak dan hanya dibutuhkan preparasi sampel yang sederhana. Spektra yang diperoleh dari hasil analisis spektrofotometri FTIR dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif (Rasyida dkk., 2014).

Prinsip kerja spektrofotometer inframerah adalah fotometri. Sinar dari sumber sinar inframerah merupakan kombinasi dari panjang gelombang yang berbedabeda. Sinar yang melalui interferometer akan difokuskan pada tempat sampel. Sinar yang ditransmisikan oleh sampel difokuskan ke detektor. Perubahan intensitas sinar menghasilkan suatu gelombang interferensi. Gelombang ini diubah menjadi sinyal oleh detektor, diperkuat oleh penguat, lalu diubah menjadi sinyal digital. Pada sistem optik FTIR, radiasi laser diinterferensikan dengan radiasi inframerah agar sinyal radiasi inframerah diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik (Yudhapratama, 2010).

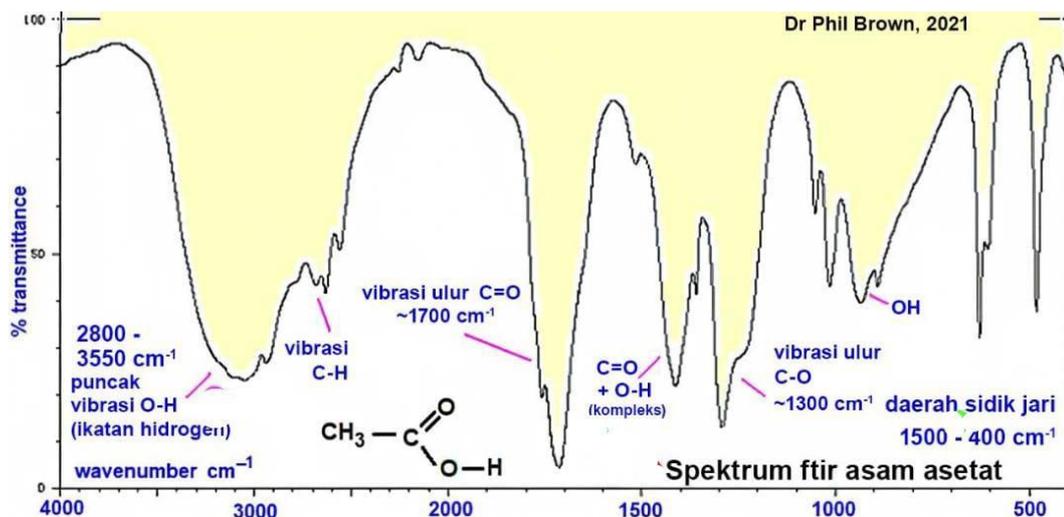
Spektrofotometri didasarkan pada penyerapan panjang gelombang inframerah. Spektrum inframerah terletak di daerah yang memiliki panjang gelombang 0,78-1000 μm atau bilangan gelombang $12.800-10^{-7}$. Pada instrumen spektrum inframerah terbagi dalam tiga radiasi antara lain yaitu inframerah dekat, inframerah pertengahan, dan inframerah jauh (Bintang, 2010). Spektrofotometri FTIR merupakan metode untuk menganalisis gugus fungsi secara kualitatif, yang tidak menggunakan radioaktif, dan bebas reagen. Prinsip dasar FTIR yaitu untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari senyawa berdasarkan absorbansi inframerah terhadap suatu senyawa. Suatu senyawa memiliki pola absorbansi yang berbeda ketika diserap yang menyebabkan senyawa tersebut bisa dibedakan dan dikenali (Sjahfirdi, 2015).

Berikut gambaran dari instrumen spektrofotometer FTIR yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Instrumen Spektrofotometer FTIR

Dalam spektrofotometri inframerah, molekul tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi ketika molekul menyerap radiasi inframerah. Penyerapan radiasi inframerah tersebut adalah proses dari kuantifikasi. Proses kuantifikasi menunjukkan bahwa molekul hanya dapat menyerap frekuensi tertentu. Penyerapan radiasi IR sesuai dengan perubahan energi dalam kisaran 2-10 kkal/mol. Radiasi dalam energi ini sesuai dengan kisaran frekuensi vibrasi regangan dan ulur suatu ikatan dalam kebanyakan ikatan kovalen molekul (Pavia dkk., 2001)

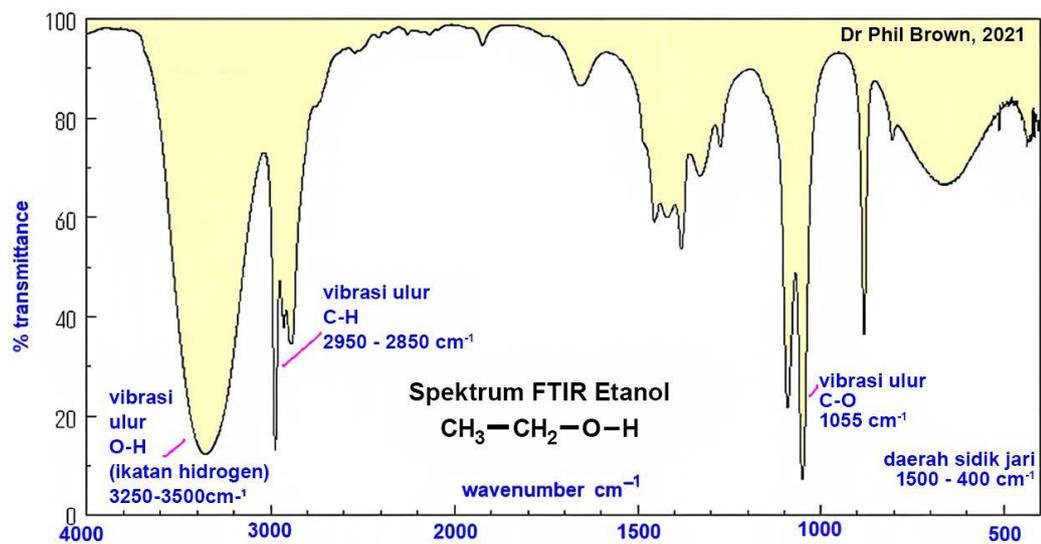


Gambar 2. Spektrum FTIR Asam asetat

Gambar diatas merupakan spektrum FTIR Asam asetat. Hasil pembacaan spektrum Asam asetat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Gugus Fungsi Asam Asetat

Daerah Frekuensi	Gugus Fungsi
3000-3600	Vibrasi O-H
2850-2960	Vibrasi C-H
1690-1760	Vibrasi ulur C=O
1080-1300	Vibrasi ulur C-O

**Gambar 3.** Spektrum FTIR Etanol

Gambar diatas merupakan spektrum FTIR Etanol. Hasil pembacaan spektrum Etanol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Gugus Fungsi Etanol

Daerah Frekuensi	Gugus Fungsi
3000-3600	Vibrasi ulur O-H
2850-2960	Vibrasi ulur C-H
1300-1475	Vibrasi C-H
1080-1300	Vibrasi ulur C-O

2.7 Kemometrika

Kemometrika merupakan salah satu penggunaan prosedur matematika yang digunakan untuk mengelola, mengevaluasi, dan memberikan interpretasi pada

jumlah besar data. Penggabungan teknik spektroskopi dengan kemometrika telah menjadi pilihan umum dalam upaya pengembangan metode analisis yang memastikan kehalalan produk. Selain itu, pendekatan kombinasi ini juga telah digunakan untuk tujuan identifikasi dan pemisahan (Rafi dkk., 2016).

Kemometrika adalah suatu ilmu pengetahuan yang menghubungkan pengukuran yang dibuat pada suatu proses atau sistem kimiawi melalui penggunaan ilmu matematika dan statistika. Kemometrika banyak berhubungan dengan suatu pengukuran data multivariat yaitu data yang dihasilkan dari pengukuran banyaknya variabel pada satu sampel yang sama. Salah satu penggunaan kemometrika terutama data multivariat yaitu untuk melakukan analisis sampel menggunakan instrumen, yang nantinya akan menghasilkan variabel yang sangat banyak dan pengelompokan berdasarkan data yang diperoleh (Rohman, 2014). Kemometrika telah berkembang pesat sejak awal abad ke-20. Berkembangnya metode kemometrika karena banyaknya data yang dihasilkan oleh peralatan multi elemen dan multi komponen modern, Karena data yang dihasilkan sangat banyak dan kompleks, metode kemometrika menjadi sangat penting untuk mengekstrak informasi yang bernilai. Selain itu, dengan semakin canggihnya komputer, penerapan metode ini pun semakin luas. (Mok and Chau, 2006).

Kemometrika adalah pemrosesan data, dimana sebelum data tersebut digunakan sebagai variabel untuk pengelompokan dengan kemometrika klasifikasi atau data tersebut dipergunakan untuk analisis kuantitatif dengan kemometrika kalibrasi multivariat. Setelah diperoleh hasil dari pemrosesan data selanjutnya dibandingkan dengan hasil analisis yang berupa variabel asal. Pada analisis spektroskopi ini, pemrosesan spektra adalah bagian penting dalam analisis kemometrika. Tujuannya adalah untuk memperoleh data yang sesuai untuk analisis multivariat dengan menghilangkan variasi yang tidak terkait dengan informasi sampel yang ingin dianalisis dan hanya berfokus pada variasi yang dituju. Beberapa sumber variabilitas misalkan dalam spektra inframerah dekat yang tidak diinginkan, meliputi penghamburan, pergeseran, kecenderungan puncak menaik atau menurun, dan adanya *noise*. Meskipun demikian, jika pemrosesan data spektra tidak tepat akan meningkatnya risiko hilangnya

informasi yang bermanfaat. Tujuan dari pemrosesan spektra adalah memaksimalkan secara signifikan adanya perbedaan-perbedaan spektrum apa pun (Rohman dkk., 2021).

2.7.1 Principal Component Analysis (PCA)

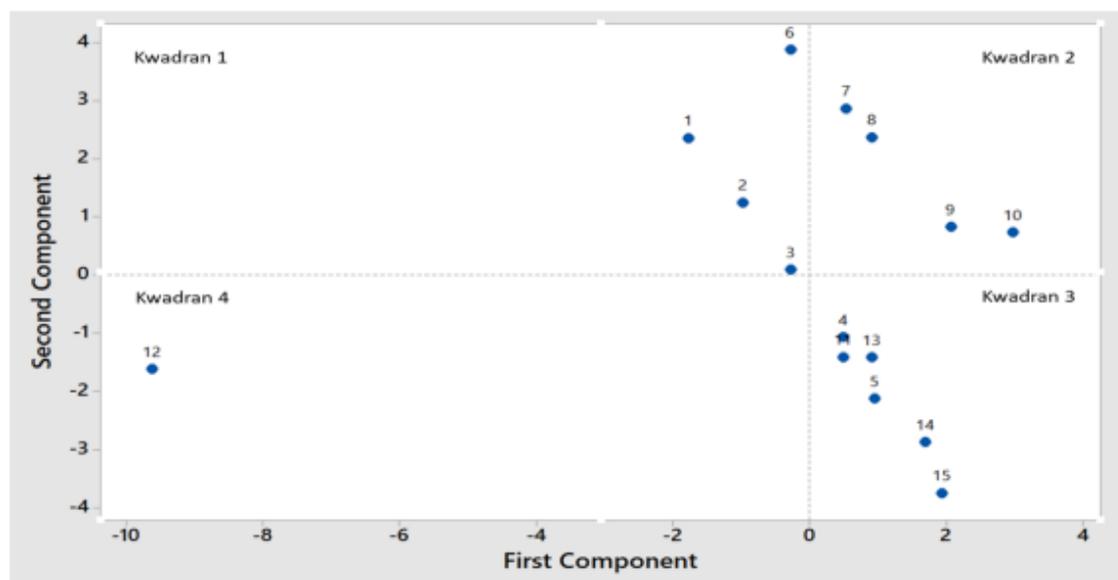
PCA merupakan suatu interpretasi data yang dilakukan dengan cara mereduksi data, jumlah variabel yang terdapat pada suatu matriks akan dikurangi untuk menghasilkan variabel baru dengan tetap mempertahankan informasi yang dimiliki oleh data. Variabel baru yang didapatkan berupa komponen atau skor utama. Cara ini menggunakan perbedaan halus dari spektrum IR dan dapat mengurangi pengaruh *noise* (Che, dkk, 2011). PCA bertujuan untuk mengurangi dimensi dalam ruang data yang luas menjadi dimensi yang lebih sederhana dalam lingkup fitur, yang dapat membantu dalam penyederhanaan deskripsi data (Pratiwi dan Agus, 2013).

PCA adalah suatu metode analisis yang dapat digunakan untuk mereduksi jumlah variabel dalam suatu matriks data awal sehingga diperoleh variabel baru (*principal component*, PC) yang tidak saling berkorelasi namun menyimpan sebagian informasi yang terkandung dalam matriks data awal. Komponen utama adalah sebuah komponen yang dapat mengekstrak informasi sebanyak-banyaknya dari suatu data. *First Principal Component* (PC1) yang digunakan menunjukkan variasi terbanyak dalam suatu kelompok data, sedangkan *Second Principal Component* (PC2) yang digunakan untuk menunjukkan variasi terbesar kedua dari serangkaian variabel dan seterusnya (Miller and Miller, 2010).

PCA adalah metode yang digunakan untuk mengurangi dimensi dari suatu kumpulan data dengan cara menemukan sekelompok koordinat alternatif. Proses PCA menggunakan transformasi ortogonal untuk mengubah nilai spektrum data ke dalam set nilai baru yang tidak memiliki korelasi dengan nilai spektrum awal. Pada PCA jumlah komponen utama biasanya kurang dari atau sama dengan jumlah variabel asal dalam data tersebut. Proses ini dimulai dengan menentukan

komponen utama pertama berdasarkan varian terbesar dalam data. Selanjutnya, komponen utama kedua dipilih dari varian terbesar yang tersisa, dengan syarat tidak berkorelasi dengan komponen utama pertama. PCA mempermudah penyajian data dengan menyederhanakan struktur dan menjaga informasi paling penting dari data asli. (Dubessy and Caumon, 2012).

Pada penelitian (Hendrajaya dkk, 2021) yang berjudul Identifikasi Alkohol dalam *Hand Sanitizer* secara FTIR dan Kemometrika. Di penelitian tersebut diatas diolah secara kemometrika dengan PCA dengan minitab. Data spektrum yang diperoleh dari standar alkohol, standar *hand sanitizer* dan sampel diolah datanya dengan PCA. PCA merupakan metode pada kemometrika yang bertujuan untuk pengelompokan. Metode ini mereduksi data multivariat, Ketika antar variabel terjadi korelasi. Ketika suatu sampel mempunyai *principal component* yang hampir sama, maka akan memiliki sifat fisika dan kimia yang hampir sama juga sehingga dapat dikelompokkan. Berikut gambar PCA dari penelitian ini :



Gambar 4. Score Plot dari standar dan sampel 1-15

Gambar diatas merupakan score plot dari standar dan sampel. 1-5 merupakan standar alkohol 60%, 65%, 70%, 75% dan 80% ; 6-10 merupakan *hand sanitizer* alkohol 60%, 65%, 70%, 75% dan 80% ; 11-15 merupakan sampel *hand sanitizer merk* EL, DT, SS, SN dan IT. Hasil analisis hubungan score plot PC1 dan PC2 sampel 1 (standar alkohol 60%), 2 (standar alkohol 65%), 6 (hand sanitizer

alkohol 60%), 7 (hand sanitizer alkohol 65%), dan 8 (hand sanitizer alkohol 70%) menunjukkan jarak yang berdekatan. *Score plot* dari PC1 dan PC2 sampel 3 (standar alkohol 70%), 9 (hand sanitizer alkohol 75%), dan 10 (hand sanitizer alkohol 80%) menunjukkan jarak yang berdekatan. *Score plot* dari PC1 dan PC2 sampel 4 (standar alkohol 75%) menunjukkan kedekatan dengan 11 (sampel merk EL) dan 13 (sampel merk SS). Hasil analisis menggunakan metode pengelompokkan dengan PCA mampu mengelompokkan serangkaian data dengan menunjukkan jarak kedekatan *score plot* PC1 dan PC2 dari sampel.

2.7.2 Partial Least Square (PLS)

PLS merupakan metode multivariat yang dapat digunakan dalam analisis kuantitatif data spektrofotometri dan elektrokimia. PLS banyak digunakan dalam kalibrasi multivariat karena mutu model kalibrasi yang dihasilkan dan kemudahan penerapannya. PLS mampu menganalisis data dengan jumlah yang banyak, memiliki tingkat kolinearitas yang tinggi, sejumlah besar variabel x , dan variabel respon y . PLS membantu dalam menjelaskan dengan rinci dan memahami hubungan antara beragam variabel dengan tujuan utama memprediksi variabel dependen berdasarkan informasi dari variabel independen (Abdollahi dkk., 2003).

Pada PLS, variabel yang memperlihatkan korelasi tinggi dengan variabel respons ditujukan lebih utama karena variabel-variabel ini lebih efektif untuk memprediksi. Kombinasi linier variabel-variabel prediktor dipilih yang berkaitan dengan variabel respons dan menginterpretasikan variasi dalam variabel prediktor. PLS pada Spektrofotometri FTIR digunakan untuk memberikan informasi dari spektra kompleks dengan puncak-puncak yang tumpang tindih, adanya *impurities*, dan adanya *noise* dari instrumen spektrofotometer FTIR (Rohman dkk., 2021). Metode PLS banyak digunakan pada daerah infrared yang spesifik. Dalam pemilihan frekuensi spesifik didasarkan oleh nilai root mean square error of calibration (RMSEC) dan juga nilai koefisien determinasi kalibrasi yang tertinggi (R^2) (Rohman dan Che man, 2011).

Pada penelitian (Hendrajaya dkk,2021) yang berjudul Identifikasi Alkohol dalam *Hand Sanitizer* secara *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan Kemometrika. Untuk kalibrasi multivarian dari data spektrum FTIR digunakan Partial Least Square (PLS) yang bertujuan untuk melihat hubungan linear dari banyak variabel dalam spektrum FTIR terhadap konsentrasi analit. Berikut adalah gambar tabel PLS :

Tabel 4. Hasil Korelasi Alkohol dengan PLS

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	R ²	Error	PRESS	R ² (pred)	RMSEC	RMSEP
4000-1000 (14 puncak)	0,99783	0,0000544	0,0001971	0,992118	0,00329	0,006278
2935-3013	0,99802	0,0000494	0,0001361	0,994557	0,00314	0,005574
3017-3060	0,997	0,0000749	0,0002059	0,991762	0,00387	0,006418

Untuk mendapatkan hubungan linier dari variabel multivariant dengan kadar alkohol dari standar alkohol (60%, 65%, 70%, 75%, 80%) menggunakan analisis kemometrika metode PLS (Tabel 2). Banyaknya standar minimal $2n+n$, dimana n adalah komponen yang akan dianalisis. Pada penelitian ini dianalisis satu komponen alkohol, maka banyaknya standar yang diukur minimal $((2 \times 1) + 2) = 4$. Tahap selanjutnya data FTIR dilakukan analisis kemometrika metode PLS terhadap 3 rentang bilangan gelombang yaitu $4000 \text{ cm}^{-1} - 800 \text{ cm}^{-1}$ (dipilih 14 bilangan gelombang); $2935 \text{ cm}^{-1} - 3013 \text{ cm}^{-1}$; $3017 \text{ cm}^{-1} - 3060 \text{ cm}^{-1}$. Hasilnya pada rentang bilangan gelombang $2935 \text{ cm}^{-1} - 3013 \text{ cm}^{-1}$ didapatkan nilai R² dan akurasi alkohol dari hand sanitizer dengan nilai R² = 0,998 dan akurasi 98,75 – 99,02%; RMSEC (*Root Mean Squared Error of calibration*) 0,00314 dan RMSEP (*Root Mean Square Error of Prediction*) 0,005574; PRESS (*Predicted Residual Error Sum of Squares*) 0,0001361. Nilai mendekati nol sehingga pada rentang bilangan ini dapat dipakai untuk penentuan kadar alkohol dalam gel hand sanitizer.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2023 hingga Juli 2024 yang bertempat di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT) Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Spektrofotometri Fourier Transform Infrared* (FTIR) Agilent Cary 630, buret, erlenmeyer, neraca analitik, gelas kimia, pipet ukur, pipet tetes, pipet volume, *bulp*, gelas ukur, erlenmeyer, corong kaca, labu ukur, botol vial, laptop dan *software minitab*.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah asam asetat pa, etanol pa, NaOH, asam oksalat, indikator pp 2 sampel cuka kurma tradisional, 2 sampel cuka yang dijual di toko, aquades, *aluminium foil*, dan tisu.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Sampel dan Pembuatan Cuka Kurma

Sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 4 sampel cuka kurma. Pada penelitian ini digunakan 2 sampel cuka kurma tradisional diperoleh dari pembuat cuka kurma dan 2 sampel lainnya di dapatkan dari toko di sekitar bandar lampung.

Untuk persiapan sampel hanya diambil 10 mL sampel untuk digunakan pada analisis dengan metode Spektrofotometri FTIR.

Proses pembuatan cuka kurma adalah sebagai berikut sebanyak 350 gr buah kurma dimasukkan kedalam botol kaca lalu ditambahkan air sebanyak 1000 mL. Tutup wadah tersebut dengan kain dan penutup. Diamkan selama 1 bulan ditempat yang terhindar dari sinar matahari. Setiap 1 minggu sekali campuran tersebut diaduk. Setelah 1 bulan pisahkan air cuka kurma dengan sisa buah kurma lalu pindahkan pada wadah baru dan diamkan selama 2 minggu. Setelah itu sampel dapat digunakan.

3.3.2 Pembuatan Larutan Standar

Larutan standar yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan standar asam asetat dan larutan standar etanol. Larutan standar dibuat dengan melarutkan larutan standar pa yang konsentrasinya 100% menjadi 10% dengan metode pengenceran.

Pembuatan larutan standar berupa pembuatan seri konsentrasi. Untuk pembuatan larutan standar asam asetat dengan variasi konsentrasi 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% dibuat dengan pengenceran dari larutan standar asam asetat 10%. Sedangkan untuk larutan standar etanol dengan variasi konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8% dan 20% dibuat dengan pengenceran dari larutan standar etanol 10%.

3.3.3 Penentuan kadar asam asetat dalam cuka kurma dengan titrasi

Buatlah larutan NaOH 0,1 M sebanyak 100 mL dengan menggunakan labu ukur lalu distandarisasi dengan menggunakan asam oksalat. Setelah larutan NaOH distandarisasi selanjutnya ambil 10 mL cuka kurma, lalu encerkan sampai volume 100 mL dalam labu ukur. Masukkan 10 mL larutan cuka kurma yang telah diencerkan ke dalam erlenmeyer, kemudian tetesi dengan indikator PP sebanyak 3

tetes. Tetesi larutan asam cuka dengan larutan NaOH 0,1 M dengan menggunakan buret. Penetesan harus dilakukan secara hati-hati dan tabung erlenmeyer terus menerus digoncangkan. Penetesan dihentikan saat terjadi perubahan warna yang tetap, yaitu menjadi merah muda. Hitung volume larutan NaOH 0,1 M yang digunakan. Ulangi prosedur di atas hingga diperoleh tiga data yang hampir sama. Hitunglah kadar asam cuka tersebut

3.3.4 Analisis dengan Spektrofotometri FTIR

Sampel cuka kurma dan larutan standar yang telah dibuat masing-masing diletakkan pada plat ATR, kemudian melakukan optimasi pada kisaran bilangan gelombang $4000\text{--}650\text{ cm}^{-1}$. Plat selalu dibersihkan dengan n-heksana setelah digunakan untuk analisis. Bersihkan sampai bersih dan tidak ada bekas sampel yang tertinggal (Utami dkk., 2018).

3.3.5 Analisis Data dengan Kemometrika

Setelah diperoleh data spektrum FTIR selanjutnya dilakukan analisis kemometrika. Pada analisis Kemometrika dilakukan dua metode analisis yaitu metode PCA dan PLS. Pada PCA akan dihasilkan plot nilai skor yang memperlihatkan pengelompokan data. PCA akan digunakan untuk mengklasifikasikan sampel pada standar asam asetat dan etanol dengan menggunakan data absorbansi. Hasil analisis ini akan menghasilkan plot nilai skor yang memperlihatkan pengelompokan data. Untuk PLS akan diperoleh data model regresi linear. Kualitas model kalibrasi ini akan dinilai berdasarkan nilai *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC).

3.3.6 Analisis PCA dan PLS

Data absorbansi spektrum FTIR yang diperoleh diolah menggunakan metode PCA dan PLS dengan menggunakan *software* Minitab 19.

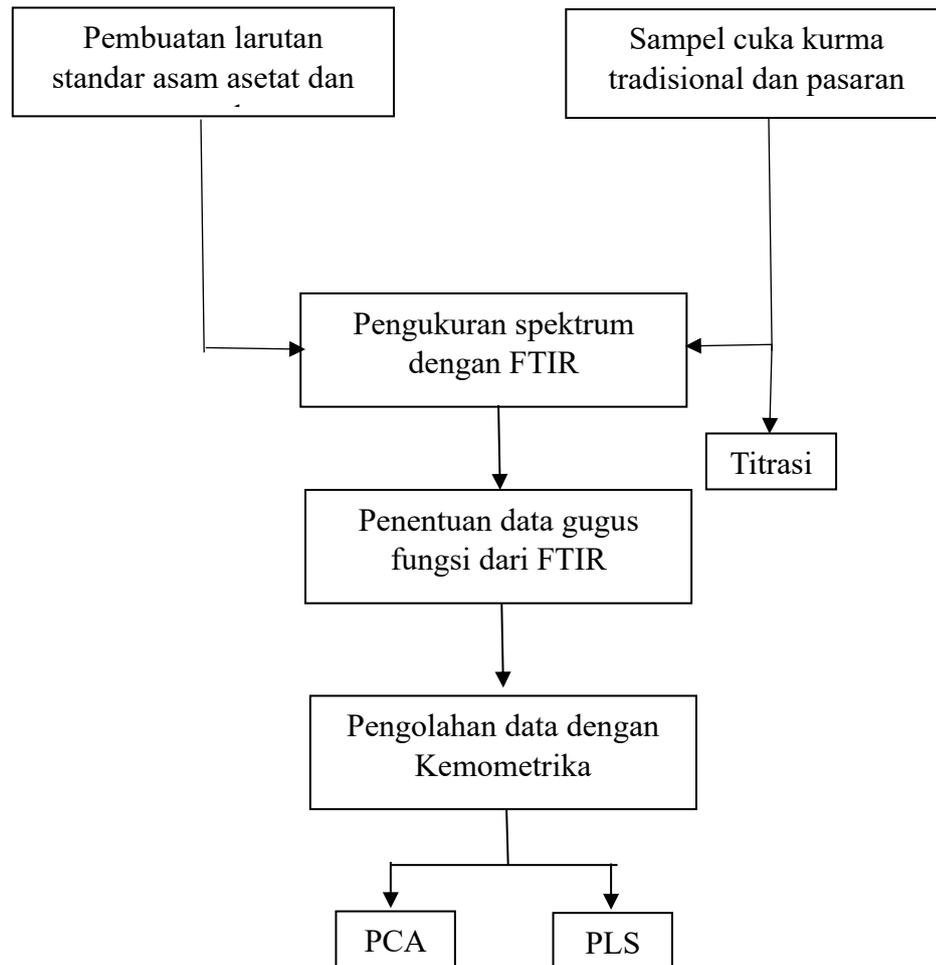
Berikut cara pengoperasian PCA menggunakan *software* Minitab 19.

1. Dibuka Worksheet Minitab 19 kemudian dimasukkan data.
2. Untuk analisis PCA, diklik: ***Start*** → ***Multivariate*** → ***Principal Components***.
3. Lalu, dimasukkan contoh variabel ke kotak variabel.
4. Diklik ***Graph***, pada proses ini terdapat informasi yang penting.
5. Diklik ***OK*** untuk memperoleh hasil, maka dalam *windows session* yang berisi output (hasil) analisis PCA. Semakin besar suatu nilai koefisien, maka semakin besar kontribusi variabel terhadap nilai *principle components*.
6. Untuk mengedit *graph* supaya menampilkan label tiap titik, maka diklik kanan pada grafik lalu pilih: ***Add*** → ***Data Label: Use labels from column***.
7. Untuk menampilkan hasil output diklik ***OK*** (Rohman dkk., 2021).

Berikut cara pengoperasian PLS menggunakan *software* Minitab 19.

1. Dibuka jendela Minitab 19.
2. Dimasukkan data dalam *Worksheet* Minitab 19.
3. Diklik ***Start*** → ***Regression*** → ***Partial Least Square***.
4. Untuk respons diisi dengan C1, sedangkan untuk model diisi dengan A1-A6.
5. Lalu untuk melakukan validasi *leave one out*, diklik ***Options*** → **pilih *leave one out*** → diklik ***OK***, maka diperoleh output data (Rohman dkk., 2021).

Bagan alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada analisis PCA dapat diprediksi konsentrasi asam asetat pada sampel cuka kurma 1 sekitar 5%, dan pada sampel cuka kurma 2 dan 3 sekitar 1-3% dan untuk sampel cuka kurma 4 tidak dapat dideteksi karena plot tidak mendekati konsentrasi standar yang telah dibuat.
2. Pada metode titrasi penentuan kadar asam asetat yang telah dilakukan diperoleh kadar asam asetat pada sampel cuka kurma yaitu untuk sampel CK1 diperoleh kadar asam asetat sebesar 6,0006%, sampel CK2 1,926%, sampel CK3 1,272% dan sampel CK4 1,38%.
3. Berdasarkan hasil kemometrika analisis PCA yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pada cuka kurma tidak terdapat kadar alkohol.
4. Pada penelitian metode kemometrika ini tidak dapat menentukan kadar pasti dan tepat dari asam asetat dan alkohol namun dapat digunakan untuk identifikasi dan memprediksi kadar asam asetat dan alkohol
5. Nilai R^2 yang diperoleh dari standar asam asetat pada PLS sebesar 0,999949 dan standar etanol pada PLS sebesar 0,999686.
6. Nilai RMSE yang diperoleh dari standar asam asetat pada PLS yaitu sebesar 0,002057 dan standar etanol pada PLS sebesar 0,01258.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka pada penelitian disarankan untuk ditambahkan variasi konsentrasi yang lebih banyak serta menggunakan metode kemometrika selain PCA dan PLS atau menggunakan software statistika yang lain untuk memperoleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, H., Zolgharnein, J., Azimi, G. H., and Jafarifar, D. (2003). Simultaneous spectrophotometric determination of iron and vanadium by H-point standard addition method and partial least squares regression in micellar medium. *Journal Talanta.*, 59(6), 1141–1151.
- Al-Farsi, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10), 877–887. <https://doi.org/10.1080/10408390701724264>
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: Its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247–259. <https://doi.org/10.1080/09637480120091982>
- Atmodjo, K. (2018). Optimalisasi Gula Cair dan pH Medium untuk Fermentasi Alkohol dari Jus Curucuma xanthorhiza. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 2(September), 97–104. <https://doi.org/10.24002/biota.v3i2.1885>
- Bintang, M. (2010). *Biokimia Teknik Penelitian*. Penerbit Erlangga.
- Che, B. Y., Rohman, A., dan Mansor, T. S. 2011. Differentiation of Lard from Other Edible Fats and Oils by Means of Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Journal of the American Oil Chemists*. 88(2):187-192
- Desrosier, Norman W. 2008. *The Technology of Food preservation, Third Edition (Teknologi Pengawetan Pangan, Edisi Ketiga)*. Penerjemah: Muchji Mulijohardjo. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Dona, R., Ningrum, T. E. W., Hamzah, F., & Wahyuni, D. T. (2024). Penentuan Kadar Asam Asetat Dalam Larutan Cuka Makan Yang Beredar Di Pekanbaru Dengan Metode Alkalimetri. *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 13(1), 18–22. <https://doi.org/10.51887/jpfi.v13i1.1875>
- Dubessy, J and Caumon, M. C. (2012). *Raman Spectroscopy Applied to Earth Sciences and Cultural Heritage*. EMU and The Mineralogical Society Of Great Britain & Ireland.
- Febriani, D. R., & Azizati, Z. (2018). Pembuatan Cuka Alami Buah Salak dan Pisang Kepok Beserta Kulitnya Teknik Fermentasi. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(2), 72. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3105>

- Haworth, D. T. (1988). General chemistry principles and structures; fourth edition (Brady, James E.; Humiston Gerard E.). *Journal of Chemical Education*, 65(1). <https://doi.org/10.1021/ed065pa25.2>
- Hendrajaya, K., Jamailah, N., & Azminah, A. (2021). Identifikasi Alkohol dalam Hand Sanitizer secara Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan Kemometrik. *MPI (Media Pharmaceutica Indonesiana)*, 3(4), 208–216. <https://doi.org/10.24123/mpi.v3i4.4627>
- Hidayah, I. U., Kuswandi, B., & Wulandari, L. (2014). Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri Near Infra Red (NIR) dan Kemometrik (Detection of Zamzam Water Purity Using Near Infra Red Spectroscopy (NIR) and Chemometrics). *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 2(3), 439–444. <http://jurnal.unej.ac.id/index.php/JPK/article/view/2051>
- Husein, S. G., Firmansyah, A., & Yusuf, F. F. (2020). ANALISIS KEMOMETRIKA SPEKTRUM Fourier transformed infrared (FTIR) DARI MINYAK NABATI. *Jurnal Sains Dan Teknologi Farmasi Indonesia*, 9(2), 45. <https://doi.org/10.58327/jstfi.v9i2.189>
- Kuna, M. R. (2023). Penetapan Kadar Produk Makanan Asam Cuka (Ch₃COOH) Yang Beredar Dipasaran. *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 6(2), 111. <https://doi.org/10.31602/dl.v6i2.10640>
- Miller, J. N., and Miller, J. C. (2010). *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. 6th ed.* Essex : Pearson Pendidikan Terbatas.
- Mok, D. K. W., and Chau, F. T. 2006. Chemical information of Chinese medicines: A challenge to chemist. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 82: 210–217
- Nurismanto, R., Mulyani, T., & Ning, I. (2014). (*Acetobacteracetii*). 8(2), 149–155.
- Nurismanto, R., Mulyani, T., & Tias, D. I. N. (2014). PEMBUATAN ASAM CUKA PISANG KEPOK (Musaparadisiaca L.) DENGAN KAJIAN LAMA FERMENTASI DAN KONSENTRASI INOKULUM (Acetobacteracetii). *J.Rekapangan*, 8(2), 149–155.
- Pratiwi, D. E., dan Agus, H. (2013). *Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis)*. FMIPA UGM.
- Primurdia, E. . dan J. K. (2019). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN MINUMAN PROBIOTIK SARI KURMA (Phoenix dactilyfera L.) dengan ISOLAT L. Plantarum dan L. casei Antioxidant. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(3), 98–109.
- Rafi, M., Anggundari, W. C. dan Irawadil, T. T. (2016). Potensi Spektroskopi FT-IR-ATR dan Kemometrik untuk Membedakan Rambut Babi, Kambing, dan Sapi. *Jurnal Ilmu Kimia Indonesia.*, 5(3), 229–234.
- Rasyida, K., Kuswandi, B., & Kristiningrum, N. (2014). Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri Fourier Transform Infrared

- (FTIR) dan Kemometrik. *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 2(2), 320–326.
- Rejeki, Y. S. (2011). *ANTIBAKTERI DARI BAKTERI ASAM LAKTAT ASAL BEKASAM IKAN SEPAT RAWA (Trichogaster trichopterus) YULIANTI SRI REJEKI*.
- Ridwan, M., Lestariningsih, S., & Lestari, G. I. (2018). Konsumsi Buah Kurma Meningkatkan Kadar Hemoglobin pada Remaja Putri. *Jurnal Kesehatan Metro Sai Wawai*, 11(2), 57. <https://doi.org/10.26630/jkm.v11i2.1772>
- Rohman, A., Irnawati., dan Riswanto, F. D. O. (2021). *Kemometrika*. Gadj Mada University Press.
- Rohman, A. (2014). *Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika Untuk Analisis Farmasi*. Pustaka Pelajar.
- Singh, I., Juneja, P., Kaur, B., dan Kumar, P. (2013). Aplikasi Farmasi Teknik Kemometrik. *Kimia Analitik ISRN.*, 2013, 1–13.
- Siregar, Y. D. I., Heryanto, R., Lela, N., & Lestari, T. H. (2015). Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(November), 103–116. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3146>
- Sitepu, A. F., Bayu, E. S., & Siregar, L. (2019). Analisis Pola Pita Beberapa Genotipe Kurma (Phoenix dactylifera L.) Menggunakan Primer RAPD Analysis of PCR Amplification of Date Palm (Pheonix dactylifera L.) Genotypes Based on RAPD Primers. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 7(3), 502–507. <https://doi.org/10.32734/jaet>
- Siti Zamilatul, A., & Rahimah, H. (2022). Analisis Kadar Zat Besi (Fe) dan Vitamin C pada Ekstrak Buah Kurma (Phoenix Dactylifera L.). *Formosa Journal of Science and Technology*, 1(4), 363–374. <https://doi.org/10.55927/fjst.v1i4.1065>
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., dan Astuti, P. (2015). Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Pengamatan Pembengkakan Genital pada Spesies Primata, Lutung Jawa (Trachypithecus Auratus) Untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan.*, 9(2), 156–160.
- Solomons, T. W. . (1996). Organic Chemistry. *Systematic Biology*, 62(2). <https://doi.org/10.1093/sysbio/sys109>
- Suseno, J.E dan Firdausi, K. S. (2008). Rancang Bangun Spektroskopi FTIR untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Jurnal Berkala Fisika.*, 11(1), 23–28.
- Tjahjono, A. E., & Primarini, D. (2007). {Kondisi} {Optimum} {Fermentasi} {Asam} {Asetat} {Menggunakan}. 13(1), 4.
- Triana, L., Ratnawati, G. J., Kurniati, I., & Sari, E. (2022). Analisis Kadar Asam Asetat (Ch3CooH) Pada Buah Pisang Ambon Yang Difermentasi Selama 7, 10, 14, Dan 21 Hari. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 5(2), 39. <https://doi.org/10.30602/jlk.v5i2.973>

- Utami, P. I., Rahayu, W. S., Nugraha, I., dan Rochana, A. N. (2018). Analisis Asam Lemak Lipid yang Diekstrak dari Tikus dengan Metode Kromatografi Gas-Spektrometri Massa. *Jurnal Seri Konferensi IOP: Ilmu Dan Teknik Material.*, 288.
- Vacawati, W. D., Kuswandi, B., & Wulandari, L. (2013). (Fourier Transform Infrared) dan Kemometrik sebagai Verifikasi Halal (Detection of Lard in Chicken Fat using FTIR (Fourier Transform Infrared) Spectroscopy and Chemometrics as Halal Verification). *Academia.Edu*, 1–6.
http://www.academia.edu/download/59771765/pak_indra20190617-55427-1svxxjg.pdf
- Wulandari, D., Prahasto, T., dan Gunawan, V. 2016. Penerapan Principal Component Analysis untuk Mereduksi Dimensi Data Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Pendidikan di Sekolah. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*. 6(2):91–96.
- Yang H., Irudayaraj J., Paradkar M.M. 2004. Discriminant analysis of edible oils and fats by, FT-NIR, and FT-Raman spectroscopy. *Food Chemistry*:25-32.
- Yudhapratama, E. 2010. Penentuan Keberadaan Zat Aditif pada Plastik. UPI. Bandung.