

Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi

Jatmiko Endro Suseno¹, K. Sofjan Firdausi²,

¹Lab. Elektronika & Instrumentasi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

² Lab. Optoelektronika & Laser, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

ABSTRACT

A Fourier Transform Infrared spectroscopy instrument has been developed in the range middle infrared. The important instrument in this research is to make interferogram using He-Ne Laser based on Michelson interferometer. The result indicates that the interferogram seems work well and should give some spectra in the range of middle infrared frequencies.

Key words: FTIR, interferogram, spectroscopy

PENDAHULUAN

Ukuran kualitas susu secara kimiawi dapat ditunjukkan oleh komposisi yang dikandung didalamnya, yaitu protein, lemak, dan laktosa. Pengujian kualitas susu pada hasil dari peternak sapi sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut pada pabrik susu perlu dilakukan. [1] Oleh karena itu dibutuhkan teknologi untuk pengujian tersebut. Sementara ini untuk menentukan kandungan-kandungan susu tersebut pada kebanyakan koperasi susu di seluruh Indonesia masih dilakukan dengan cara konvensional, contohnya seperti metode *Kjeldahl* untuk pengujian kadar protein susu secara kimiawi, yaitu dengan 4 tahap perlakuan yaitu tahap destruksi, destilasi, titrasi, serta konversi. Hal ini akan membutuhkan banyak waktu, biaya dan energi yang tidak sedikit[2]. Dengan suatu peralatan spektroskopi inframerah kesulitan-kesulitan tersebut dapat ditanggulangi. Hanya dengan menyediakan sedikit sampel susu (sekitar 5 cc) yang diletakkan pada tempat kaca, kemudian ditunggu proses beberapa saat (sekitar 2 menit) pada peralatan spektroskopi tersebut maka besarnya komposisi susu tersebut dapat diketahui. Keunggulan peralatan yang akan peneliti rencanakan tersebut, yaitu dapat dipergunakan dengan sangat praktis, akurat, cepat, dan murah.

Peneliti sebelumnya telah berhasil mendesain dan merealisasikan spektroskopi pada daerah inframerah dekat

(*near infrared*) yaitu meliputi panjang gelombang 500 – 1200 nm pada penelitian sebelumnya. Peralatan yang telah dibuat tersebut telah dapat digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu susu yang mampu menunjukkan kualitas dari susu. Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan realisasi peralatan optik spektroskopi inframerah transformasi fourier (*fourier transform infrared* - FTIR) yang memiliki banyak keunggulan dibanding spektroskopi inframerah diantaranya yaitu lebih cepat karena pengukuran dilakukan secara serentak (simultan), serta mekanik optik lebih sederhana dengan sedikit komponen yang bergerak.

Jika sinar inframerah dilewatkan melalui sampel senyawa organik, maka terdapat sejumlah frekuensi yang diserap dan ada yang diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Serapan cahaya oleh molekul tergantung pada struktur pada struktur elektronik dari molekul tersebut. Molekul yang menyerap energi tersebut terjadi perubahan energi vibrasi dan perubahan tingkat energi rotasi.

Pada suhu kamar, molekul senyawa organik dalam keadaan diam, setiap ikatan mempunyai frekuensi yang karakteristik untuk terjadinya vibrasi ulur (*stretching vibrations*) dan vibrasi tekuk (*bending vibrations*) dimana sinar inframerah dapat diserap pada frekuensi tersebut. Energi ulur (*stretch*) suatu ikatan lebih besar

daripada energi tekuk (*bend*) sehingga serapan ulur suatu ikatan muncul pada frekuensi lebih tinggi dalam spektrum inframerah daripada serapan tekuk dari ikatan yang sama. Frekuensi vibrasi suatu ikatan dapat dihitung dengan persamaan hukum Hooke, yaitu

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \left[\frac{f}{m_1 m_2 (m_1 + m_2)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

dimana ν adalah frekuensi spasial (cm^{-1}), c kecepatan cahaya dalam ruang hampa, f tetapan gaya ikatan, m_1 dan m_2 masing-masing massa dari atom 1 dan atom 2 yang saling berikatan.

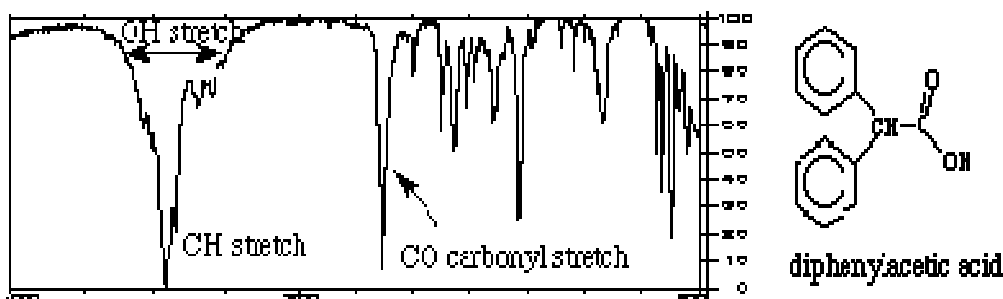
Tetapan f mempunyai nilai berbeda untuk setiap jumlah ikatan, dengan kelipatan 5×10^5 dyne/cm untuk tiap ikatan. Jadi jika kekuatan ikatan naik maka frekuensi vibrasi suatu ikatan diharapkan naik [2].

Ikatan-ikatan yang berbeda seperti C-C, C=C, C≡C, C-O, C=O, O-H serta N-H mempunyai frekuensi karakteristiknya sebagai pita serapan dalam spektrum inframerah. Grafik spektrum inframerah terbentuk antara prosentase penyerapan (absorbansi) terhadap frekuensi karakteristiknya. Bentuk spektrum cahaya dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat dengan transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan energi elektronik [3]. Sebagai contoh, yaitu salah satu bagian dari protein (asam amino) adalah *diphenylacetic acid*, dengan grafik spektrum seperti pada gambar 1.

Dapat ditunjukkan bahwa grafik spektrum diatas mempunyai puncak pada setiap ikatan karena terjadi penyerapan intensitas cahaya inframerah, yang mempunyai karakteristik yaitu :

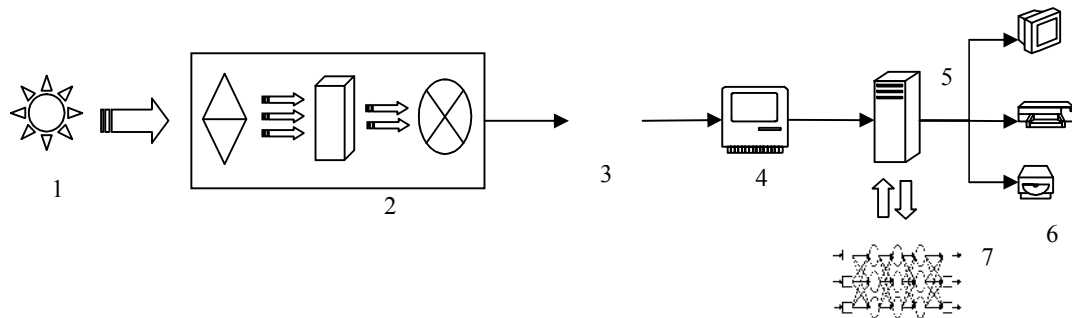
- Ikatan kuat C=O stretch (*carbonyl*) pada panjang gelombang 1700 - 1725 cm^{-1}
- Ikatan O-H terjadi puncak yang melebar pada 2700 – 3300 cm^{-1}
- Ikatan C-H stretch yang overlap dengan O-H sekitar 3000 cm^{-1}
- Ikatan C-O mempunyai puncak sempit (pita) sekitar 1100 – 1400 cm^{-1}

Tsenkova (2000) telah menyelidiki komposisi susu menggunakan spektroskopi near inframerah (NIRS) untuk menentukan kandungan lemak, protein, dan laktosa pada susu sapi segar dengan daerah panjang gelombang 1100-2400 nm. Spektra susu yang dihasilkan oleh satu ekor sapi selama 7 (tujuh) hari yang diambil setiap sore. Serapan kelompok O-H dalam air terjadi pada daerah 1,440 dan 1,950. Serapan karakteristik dari lemak dan komponen lainnya seperti protein dan laktosa sangat kecil dibanding air. Dengan perhitungan turunan ke dua dari NIRS memisahkan ikatan *overlapping*. Di samping serapan air terjadi pula serapan ikatan C-H pada 1160, 1210, 1726, 2308 dan 2354 nm; serapan O-H pada 2110 nm dan serapan N-H pada 1992, 2054 dan 2280 nm. Daerah spektrum tersebut dapat digunakan untuk menentukan kandungan lemak, protein dan laktosa [4]



Gambar 1 Grafik spektrum dari *diphenylacetic acid*

METODE PENELITIAN



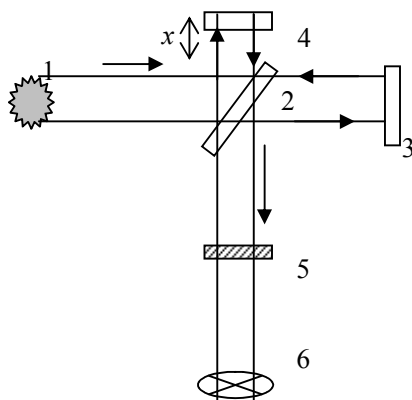
Gambar 2. Sistem peralatan spektroskopi FTIR dengan 1. Sumber cahaya inframerah, 2. Spektrometer, terdiri dari interferometer, sampel susu, dan detektor, 3. Penguat dan *Analog to Digital Converter* (ADC) 0804, 4. Port printer, 5. Komputer, 6. Periferal Input/Output (I/O), yaitu monitor, printer, disk drive/hard disk, 7. Program Jaringan Syaraf Tiruan.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan suatu sistem perangkat yang terdiri dari 2 (dua) bagian utama, yaitu bagian *hardware* berupa peralatan optik dan rangkaian elektronika. Peralatan spektroskopi inframerah terdiri dari susunan perangkat optik yang berfungsi untuk menghasilkan spektrum yang menunjukkan kandungan kimiawi dari susu, rangkaian elektronika mendukung sistem peralatan berjalan secara otomatis, mengirim data yang diperoleh ke komputer untuk diproses lebih lanjut serta dapat ditampilkan hasilnya. Sedang bagian *software* bertujuan untuk membantu kerja

dari *hardware* (peralatan spektroskopi inframerah dan rangkaian elektronika) agar berjalan dengan baik serta untuk proses identifikasi. Secara keseluruhan sistem peralatan penentuan kualitas susu dapat digambarkan pad gambar 2 diatas

Perancangan Perangkat Optik

Pada alat optik ini terdiri dari beberapa bagian yaitu interferometer untuk mengubah cahaya inframerah yang polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Diagram interferometer dapat dilihat pada gambar 3



- Keterangan :
1. Sumber cahaya IR polikromatik
 2. *Beam splitter*
 3. Cermin tetap (Cermin 1)
 4. Cermin dapat digerakkan naik/turun (Cermin 2)
 5. Sampel
 6. Detektor dengan PMT (*Photomultiplier*)

Gambar 3. Diagram Interferometer

a. Beam Splitter

Beam splitter digunakan untuk memecah dan menyatukan kembali berkas sinar karena sifatnya dapat meneruskan (transmisi) dan memantulkan (refleksi) sinar yang mengenainya. Berkas sinar hasil penggabungan dan 2 berkas yang telah dipecah akan terjadi interferensi dengan bervariasi jarak tempuh berkas dengan mengubah posisi cermin 2 menjauh dan mendekat.

b. Cermin Datar

Cermin datar berjumlah 2 buah digunakan untuk memantulkan dari *beam splitter* kembali ke *beam splitter* lagi untuk digabung agar terjadi proses interferensi gelombang cahaya. Salah satu cermin (cermin 1) dapat digerakkan mendekati atau menjauhi *beam splitter*, sedangkan cermin yang lain (cermin 2) dibuat tetap. Ukuran cermin ini disesuaikan dengan lebar cahaya yang terbentuk yaitu dengan bentuk lingkaran dengan diameter sekitar 5 cm.

Perancangan Perangkat Elektronika

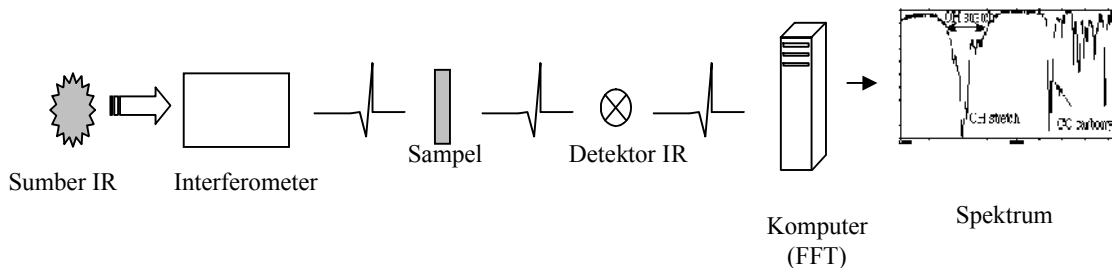
Rangkaian elektronik terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu *power supply* sebagai penyedia tegangan pada semua perangkat elektronik, penguat tegangan pada detektor IR, ADC (*Analog to Digital Converter*) 0804 untuk mengubah data analog dari detektor menjadi data digital, Perancangan sistem peralatan secara keseluruhan pada penelitian ini dapat digambarkan lagi menurut jenis sinyal yang dihasilkan seperti pada gambar 4.

Keterangan jalur keluaran tiap bagian sistem peralatan yaitu sumber cahaya IR menghasilkan cahaya polikromatik daerah inframerah, setelah melewati interferometer diubah menjadi sinyal interferogram, sinyal tersebut diserap sampel, yang diteruskan mengenai sensor diubah dalam bentuk tegangan yang sebanding dengan pola interferogram juga, nantinya setelah dilakukan proses di komputer menggunakan perhitungan FFT akan diperoleh grafik spektrum hubungan antara intensitas serapan sampel dan panjang gelombang.

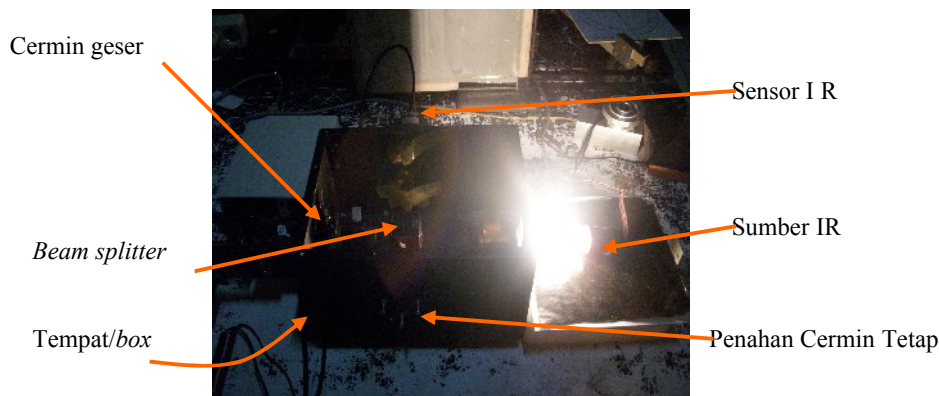
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan eksperimen optik untuk menentukan posisi komponen optik yang tepat agar dapat diperoleh hasil pola frinji yang diinginkan maka dirancang dan dibuat perangkat optik yang portabel. Pembuatan susunan optik sesuai dengan perancangan. Ukuran dan letak komponen optik telah diukur dari eksperimen sebelumnya. Tempat dibuat dari aluminium yang kuat sehingga komponen didalamnya tidak mudah bergeser dari tempatnya walaupun dibawa-bawa, serta box dicat dengan warna gelap (hitam) dan tertutup rapat agar cahaya lingkungan tidak mempengaruhi kerja interferometer. Pengaturan gerak cermin 2 (cermin gerak) dengan mikrometer skrup yang memiliki ketelitian yang cukup besar agar perubahan posisi cermin cukup kecil.

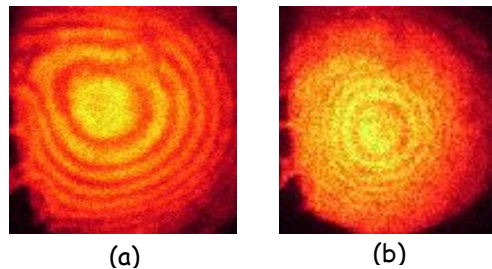
Adapun hasil perancangan dan pembuatan interferometer michelson ditampilkan pada gambar 5



Gambar 4. Proses perubahan sinyal pada sistem peralatan spektroskopi FTIR



Gambar 5. Perangkat optik spektroskopi FTIR berupa interferometer pada *box* posisi terbuka.



Gambar 6. Hasil interferogram menggunakan laser He-Ne. Pola-pola interferensi untuk laju pergeseran cermin sebesar $24 \mu\text{m/s}$. (a) kondisi awal, (b) kondisi saat beda lintasan optik sebesar kira-kira 4,0 mm.

Untuk menguji kualitas interferogram yang dihasilkan, sumber IR diganti dengan laser He-Ne (panjang gelombang 632,8 nm). Semua komponen optik diatur sehingga posisi awal diperoleh pola interferensi maksimal. Kemudian, cermin geser digerakkan sampai kondisi akhir berjarak sekitar 4,0 mm dari posisi awal. Gambar 6 menampilkan kondisi awal dan akhir dari interferogram menggunakan laser He-Ne.

Dari gambar 6 dapat disimpulkan bahwa kondisi interferogram berhasil dengan baik, meskipun pola interferensi tidak berupa lingkaran konsentris sempurna. Jarak pergeseran cermin yang maksimum 4,0 mm menghasilkan resolusi spektrum kira-kira sebesar $2,5 \text{ cm}^{-1}$. Meskipun resolusi spektrometer FTIR pada umumnya terletak antara $0,01 \text{ cm}^{-1}$ sampai 2 cm^{-1} , hasil rancang bangun kami masih dimungkinkan untuk memperoleh spektrum sesuai dengan standar.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

1. Peralatan spektroskopi Fourier Transform Inframerah (FTIR) terdiri dari perangkat optik dan perangkat elektronik.
2. Perangkat optik menggunakan metode Interferometer Michelson
3. Perangkat elektronik bertujuan untuk mendukung peralatan optik agar dapat bekerja secara otomatis dan untuk proses akuisisi data.
4. Hasil eksperimen peralatan yang dibuat dengan menggunakan cahaya monokromatik (Laser He-Ne) mampu menghasilkan pola frinji.

Saran

Dari hasil penelitian ini dapat diberikan saran :

1. Perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut terhadap serapan yang belum diketahui

2. Perlu dilakukan penambahan interface untuk menghubungkan dengan komputer
3. Perlu dibuat program untuk identifikasi kandungan susu menggunakan jaringan saraf tiruan

Kami mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya pada kementerian Ristek yang telah membiayai pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hadiwiyono S., 'Teori dan Prosedur Pengujian Mutu Susu dan Hasil Olahannya', Liberti, Yogyakarta

- [2]. Sastrohamidjojo H,'Spektroskopi', Liberty, Yogyakarta, cetakan kedua, 2001
- [3]. Sudjadi, 'Penentuan Struktur Senyawa Organik', Ghalia Indonesia, Jakarta, 1983
- [4]. Tsenkova. R, Atanssova. S, Itoh. K, Ozaki. Y and Toyoda. K, 2000, near infrared spectroscopy for biomonitoring: Cow milk composition measurement in a spectral region from 1,100 to 2,400 nanometers, Journal animal science, 78: 515 -522