

BAB 3

KARAKTERISTIK REFLEKTANSI CAHAYA DAUN TEH HIJAU

Dalam perancangan konfigurasi perangkat, tahapan pertama yang harus dilakukan pada bab ini akan dijelaskan tahap awal dari riset, yaitu mengkarakterisasi sifat optik khususnya, reflektansi cahaya daun teh. Tujuan pengukuran adalah untuk menentukan sumber cahaya dan detektor yang sesuai, berdasarkan panjang gelombangnya. Daun teh hijau yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Perkebunan Teh di Gunung Titiran Sukabumi (milik Perusahaan Teh Sariwangi), Pakistan dan China yang telah diolah menjadi serbuk, seperti dijelaskan berikut ini.

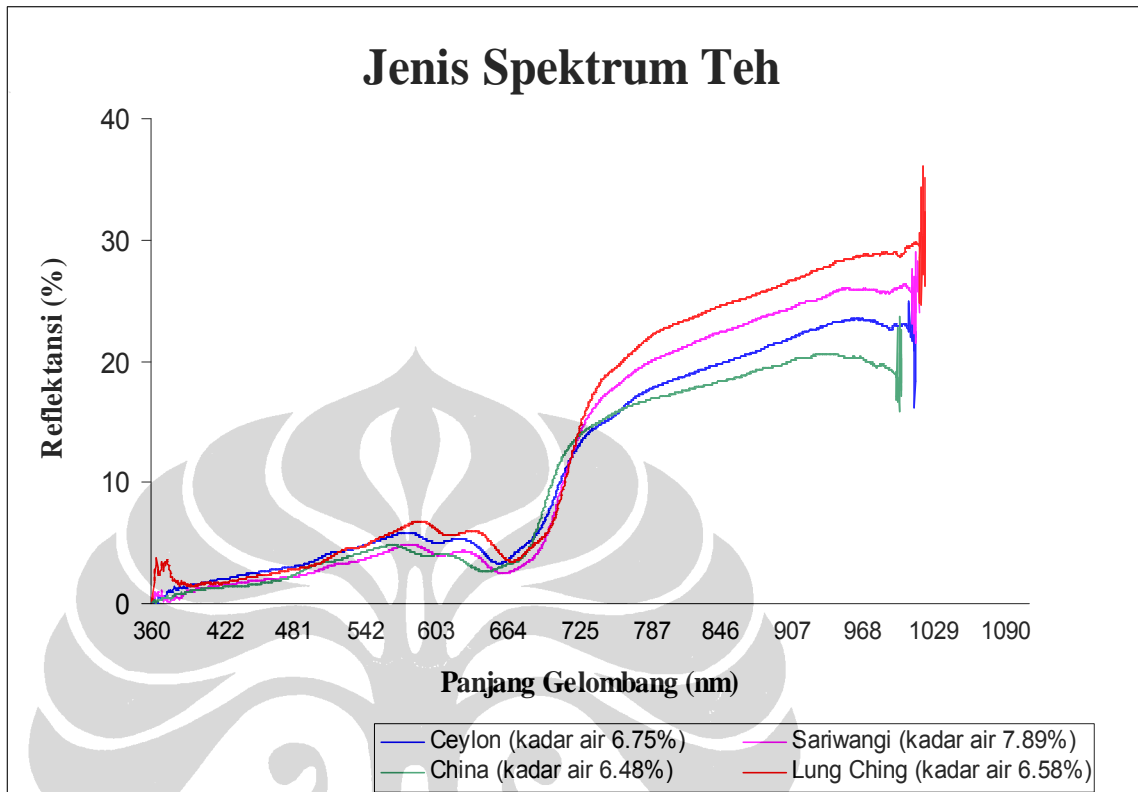
3.1 Karakteristik Reflektansi

Pengujian karakteristik reflektansi dilakukan untuk 4 jenis serbuk daun teh hijau, yaitu serbuk Sariwangi, serbuk teh China, serbuk teh Ceylon (Pakistan), dan serbuk teh Standar Lung Ching.

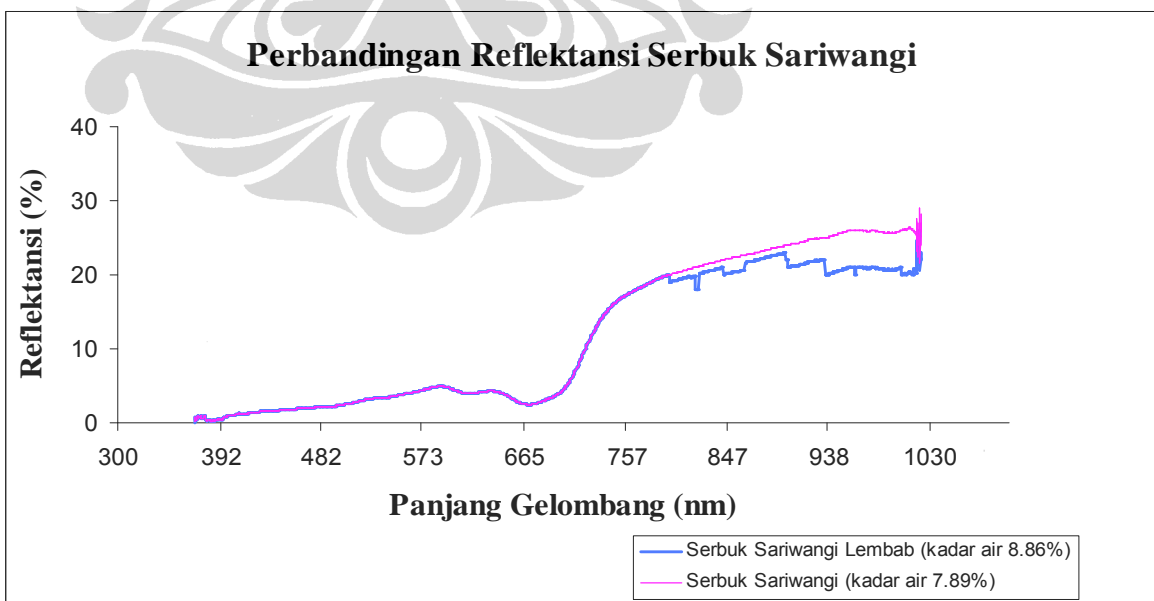
Untuk mengukur spektrum reflektansi digunakan spektrofotometer tipe USB-400 FL (Ocean Optics) di laboratorium Fisika IPB. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 350 – 1022 nm. Hasil pengukuran spektrum reflektansi ditunjukkan pada Gambar 3.1. Serbuk sariwangi mempunyai kadar air 7.89 %, serbuk teh China mempunyai kadar air 6.48 %, serbuk teh Ceylon mempunyai kadar air 6.75 % dan serbuk teh Standar Lung Ching mempunyai kadar air 6.58%. Dari hasil pengukuran ke empat jenis serbuk daun teh (Gambar 3.1) dapat dilihat bahwa ke empat jenis teh tersebut memiliki spektrum reflektansi yang khas dan serupa, yaitu memiliki harga yang lebih tinggi di daerah panjang gelombang 700 – 1020 nm. Jika dibandingkan dengan Gambar 2.3 terlihat ada kemiripan dalam bentuk spektrum, harga reflektansi meningkat pada panjang gelombang 700 nm.

Tahap selanjutnya ingin diamati pengaruh kadar air terhadap spektrum cahaya yang dihasilkan. Untuk itu dilakukan pengukuran terhadap satu jenis teh dengan kadar air yang berbeda. Pada gambar 3.2 ditunjukkan hasil pengukuran

spektrum reflektansi serbuk teh Sariwangi. Hasil pengukuran jenis teh tertentu dengan kadar air yang berbeda, pada gambar 3.2

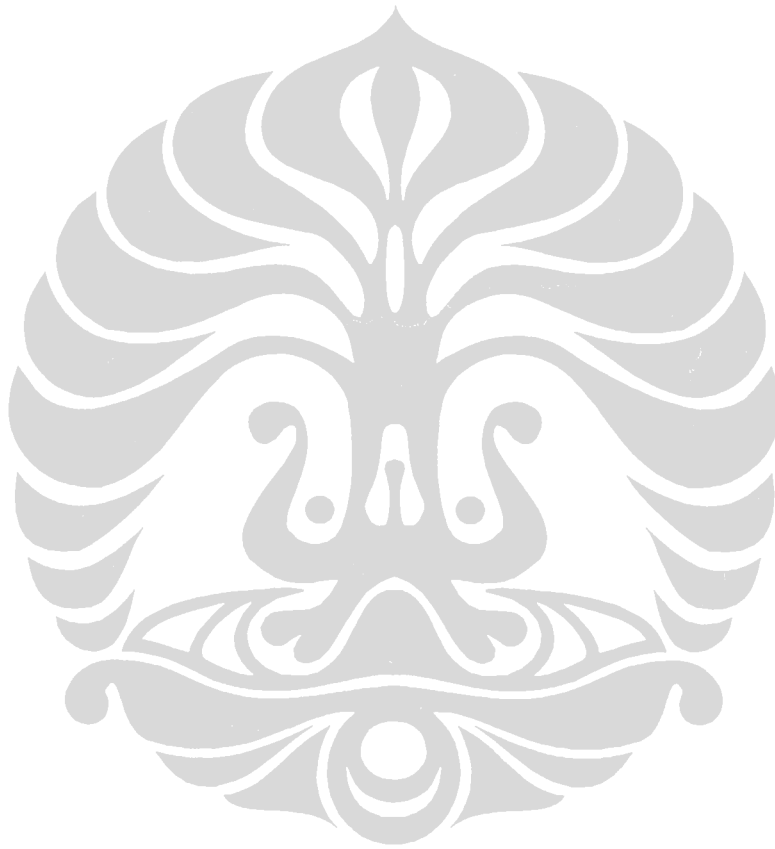


Gambar 3.1 Spektrum reflektansi serbuk Sariwangi, serbuk teh Ceylon (Pakistan), serbuk teh Standar Lung Ching dan serbuk teh China



Gambar 3.2 Spektrum reflektansi serbuk teh Sariwangi (kadar air 7.89 %) dan serbuk teh Sariwangi yang lembab (kadar air 8.86 %)

Dapat dilihat bahwa serbuk teh Sariwangi dengan kadar air yang lebih tinggi (8.86 %) memiliki harga reflektansi yang lebih rendah dibandingkan serbuk teh Sariwangi dengan kadar air yang lebih rendah (7.89 %). Fenomena ini selanjutnya akan dimanfaatkan untuk mengamati kadar air dalam daun teh.



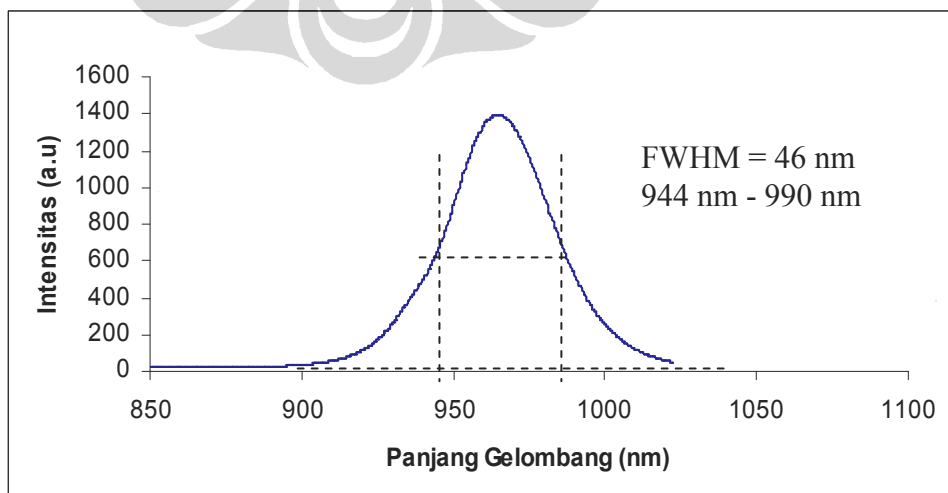
BAB 4

PERANCANGAN DAN PENYUSUNAN KONFIGURASI PERANGKAT OPTIK

Berdasarkan pengetahuan pada Bab 3, selanjutnya dilakukan perancangan konfigurasi perangkat untuk mengukur kadar air serbuk teh hijau. Pengukuran konsentrasi kadar air dilakukan dengan memanfaatkan fenomena reflektansi, dengan garis besar konfigurasi perangkat yang terdiri dari driver, sumber cahaya, sampel, dan pengolah sinyal. Pada penelitian ini, fenomena reflektansi pada serbuk teh dibangkitkan dengan menggunakan sumber cahaya di daerah infra merah. Rentang panjang gelombang tersebut dipilih dengan mempertimbangkan karakteristik reflektansi serbuk teh terhadap cahaya, seperti yang telah dijelaskan sub bab 3.1. Berikut adalah tahapan perancangan yang dilakukan :

4.1 Sumber Cahaya

Mengacu pada hasil pengukuran karakteristik optik seperti telah dijelaskan pada bab 3, maka dipilih sumber cahaya light emitting dioda (LED). LED yang digunakan adalah yang beredar di pasaran dengan harga sekitar Rp. 3000,- per buah. Untuk mengetahui spektrum cahaya yang dipancarkan LED tersebut dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer tipe USB-400 FL (Ocean Optics) untuk rentang panjang gelombang 400 – 1022 nm (di Laboratorium Teknik Fisika IPB Bogor). Hasil karakterisasi ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1. Spektrum LED

Ditunjukkan bahwa, LED tersebut memancarkan cahaya pada rentang panjang gelombang 924 sampai 1022 nm.

4.2 Detektor

Setelah menentukan sumber cahaya, tahap selanjutnya adalah memilih detektor. Detektor yang digunakan adalah fotodiode pin dari bahan *Si* tipe FDS100 (Thorlabs) yang memiliki respon spektrum 350 – 1100 nm dan telah dirancang khusus, yakni memiliki kelebihan dalam hal laju pendeteksian (*high speed sensing*) [18]. Perancangan fotodiode ini sebagai detektor cahaya reflektansi, dikonfigurasi pada moda fotovoltaik dalam implementasi rangkaian elektroniknya (integrasi dengan *Op-Amp*). Tujuannya adalah untuk diperoleh tingkat kesensitifan yang tinggi ketika mendeteksi sinyal intensitas cahaya reflektansi yang rendah. Karakteristik fotodiode tersebut adalah:

- Area aktif = 13,0 mm²
- Tegangan bias maksimal = 25V
- *Risetime* = 10ns
- *Falltime* = 10ns
- *NEP* pada 900nm = 1,2 x 10⁻¹⁴ W/(Hz)⁻² pada
V_{bias} 20V
- *Dark current* = 20nA (maksimal) pada V_{bias}
20V
- Ambang daya maksimal (*CW*) = 100mW/cm³
- Ambang daya maksimal (pulsa 10ns) = 500mW/cm³

4.3 Rangkaian *Driver*

Rangkaian *Driver* yang berfungsi untuk menginjeksikan arus yang cukup besar (dalam orde puluhan miliAmpere) ke laser diode dirancang dengan karakteristik sebagai berikut [18] :

- Rentang injeksi arus = 0 – 350 mA
- Kestabilan arus = 0,001mA/Jam
- Rentang tegangan catu, *Vcc* = 3,0 – 12,0 V

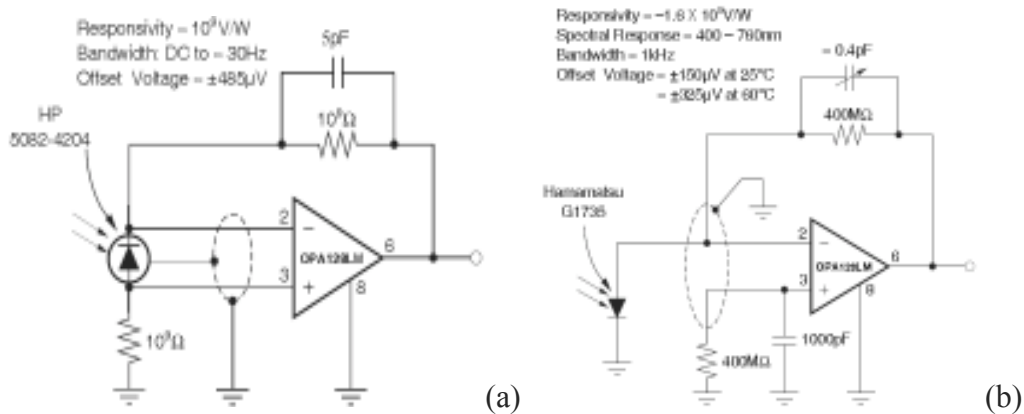
Driver tersebut memanfaatkan transistor daya tipe NPN BD243C yang dirancang dengan sistem umpan balik dari IC LM358 untuk menstabilkan arus *emitter*. Gambar rangkaian dapat dilihat pada Lampiran 8.

Metode penstabilan arus *emitter* yang dihasilkan oleh transistor daya pada *driver* adalah dengan cara memanfaatkan dua buah gerbang *Op-Amp* pada IC LM358. Dimana besar kecilnya arus yang keluar dari *emitter* akan dikendalikan oleh tegangan yang ditala sebelum masuk *Op-Amp* I dan di perkuat oleh *Op-Amp* II selanjutnya diumpankan ke basis *Tr* BD243C. Dengan cara demikian tegangan basis dapat membangkitkan perubahan tegangan V_{BE} yang kecil (3,0 – 4,0 V) namun dapat mengalirkan arus transien yang besar dan stabil pada rentang 0 – 350 mA.

4.4 Rangkaian Penguat Sinyal Analog

Penguat awal digunakan karena intensitas cahaya reflektansi yang dideteksi oleh fotodiode sangat rendah (dalam skala μV) oleh karena itu diperlukan penguatan secara bertingkat dengan memanfaatkan IC LM358, yang berfungsi sebagai *signal conditioning* [18]. Pengolah sinyal analog terdiri dari perangkat detektor penguatan awal (*pre-amplifier*). Jenis pengolah sinyal analog dengan *Op-Amp* tersebut adalah memanfaatkan teknik *current to voltage converter*, Gambar rangkaian dapat dilihat pada Lampiran 9. Dimana dengan teknik tersebut hasil pendeteksian foton oleh fotodiode I yang berupa variasi arus akan dikonversi oleh *Op-Amp* menjadi variasi tegangan.

Jenis pendeteksian atau moda fotodetektor yang digunakan dalam rangkaian *pre-amplifier* adalah tipe fotovoltaiik. Secara umum fotodiode sebagai detektor intensitas cahaya dikonfigurasi dalam moda fotokonduktif dan menggunakan teknik *reverse bias* serta memerlukan tegangan bias eksternal, dengan meletakkan kaki anodanya langsung ke *ground* (pentanahan). Perbedaan moda fotovoltaiik dan moda fotokonduktif ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Konfigurasi fotodiode sebagai fotodetektor
a. Moda fotovoltaiik b. Moda fotokonduktif

Pada moda fotovoltaiik kaki anoda fotodiode tidak diletakkan pada titik *ground* melainkan dipasangkan pada input *non inverting Op-Amp*. Sedangkan katoda pada input *Op-Amp* yang *inverting*. Pada kondisi tersebut tegangan bias pada fotodiode adalah sama dengan nol, $V_{bias}=0V$. Sehingga distribusi aliran elektron-hole untuk menghasilkan arus listrik, hanya dipengaruhi oleh jumlah foton yang masuk pada daerah intrinsik fotodiode.

Mengacu pada karakteristik IC LM358 terkait dengan implementasinya pada moda fotovoltaiik, tegangan catu yang digunakan adalah seminimal mungkin namun dalam ambang tegangan kerja IC tersebut. Dengan cara demikian diperoleh *noise* sinyal *elektronik* yang minimal dan akibatnya arus yang masuk ke fotodiode sangat kecil (dalam orde nA). Sehingga arus yang dihasilkan fotodiode secara dominan adalah arus sebagai hasil konversi foton.

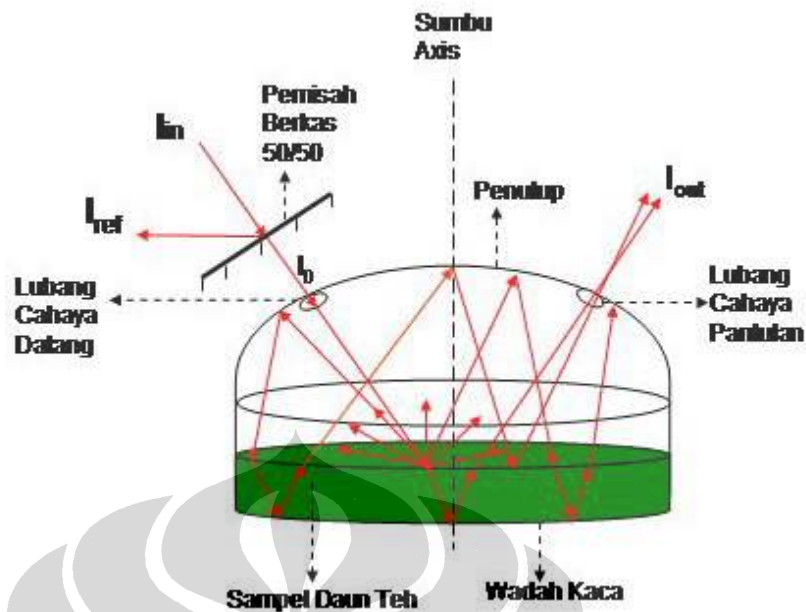
Kelebihan dari moda fotovoltaiik dibandingkan dengan moda fotokonduktif adalah menghasilkan karakteristik pendeteksian cahaya sebagai berikut:

- I_{dark} yang minimum
- *Noise* (derau) arus yang minimum
- Sensitifitas yang tinggi
- Spektrum cahaya (*bandwidth*) yang sempit
- Hubungan yang linier antara arus dengan intensitas cahaya

4.5 Susunan Konfigurasi Perangkat Optik

Setelah mempelajari dan mengukur karakteristik komponen-komponen perangkat, tahap selanjutnya adalah menyusunnya menjadi suatu konfigurasi perangkat untuk mengukur kadar air dalam serbuk teh hijau berdasarkan fenomena reflektansi (Gambar 4.3).

Serbuk teh hijau berada dalam wadah kaca berbentuk tabung memiliki tinggi 1.6 cm dan diameter 2.3 cm, yang ditutup dengan penutup yang berbentuk setengah bola berwarna putih dof untuk mengumpulkan cahaya yang terhambur. Pada penutup tersebut diberi lubang khusus, untuk tempat masuk dan keluarnya cahaya. Cahaya LED dijatuhkan pada serbuk teh hijau dengan sudut datang tertentu. Sebelum cahaya tersebut dijatuhkan pada sampel, cahaya keluaran LED dibagi menjadi dua oleh pemisah berkas 50/50. Cahaya yang ditransmisikan oleh pemisah berkas dijatuhkan pada serbuk teh hijau, sedangkan cahaya yang dipantulkan ditangkap langsung oleh fotodioda (FD I). Cahaya yang dideteksi oleh fotodioda (FD I) digunakan sebagai cahaya referensi, sedangkan cahaya yang dipantulkan oleh sampel ditangkap oleh detektor (FD II) yang diposisikan pada arah sudut pantul tertentu. Besarnya sudut pantul ini ditentukan berdasarkan hasil pengukuran pola distribusi intensitas cahaya akibat keberadaan serbuk teh. Selanjutnya, untuk menghilangkan pengaruh fluktuasi sumber cahaya tegangan keluaran fotodioda II dibandingkan dengan tegangan keluaran fotodioda I.



Gambar 4.4. Diagram Lintasan Optik Sinar LED

Sebelum tiba pada permukaan serbuk teh cahaya keluaran LED melalui beberapa komponen, yaitu pemisah berkas dan lubang pada penutup yang berbentuk setengah bola. Penutup ini terbuat dari bola pingpong berwarna putih dof yang dibelah dua. Cahaya datang pada permukaan serbuk teh dengan sudut θ , karena permukaan teh tidak rata maka sebagian dipantulkan ke segala arah dan sebagian lagi menembus serbuk teh. Cahaya yang dipantulkan pada arah tepat bersesuaian dengan arah lubang yang terdapat pada penutup akan langsung ditangkap oleh fotodiode II, sedangkan yang lain akan dipantulkan kembali oleh permukaan dalam penutup, untuk kemudian mengalami pemantulan berulang atau diserap kembali oleh serbuk teh. Penyerapan dalam tumpukan serbuk teh diakibatkan oleh serbuk teh dan udara yang terdapat di antara serbuk teh tersebut. Pada eksperimen ini tebal serbuk teh relatif tipis yaitu sekitar 0.3 mm, untuk memudahkan pemodelan teoritis pengaruh sudut datang dan sudut pantul tidak ditinjau.

Seperti telah dijelaskan pada alinea sebelumnya, di permukaan dalam penutup cahaya terjadi berbagai jenis pantulan dan penyerapan, perumusan besaran cahaya untuk kondisi ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I_{out\ total} = n.0.5I_0 \exp(-\alpha_{st+udara} \cdot d) \cdot R_{gelas} \exp(-\alpha_{st+udara} \cdot d) + n.0.5I_0 \cdot R_{st} \cdot R_p \cdot R_{gelas} \exp(-\alpha_{st+udara} \cdot d) \cdot \exp(-\alpha_{st+udara} \cdot d) + n.0.5 \cdot I_0 \cdot R_{st}^n \cdot R_p^n \cdot R_{gelas} \exp(-\alpha_{st+udara} \cdot d) \cdot \exp(-\alpha_{st+udara} \cdot d) \dots \dots \dots (5.1)$$

dengan:

I_{in} adalah intensitas sinar yang masuk.

I_0 adalah intensitas sinar LED yang datang pada pemisah berkas.

$I_{referensi}$ adalah intensitas sinar LED yang dipantulkan oleh pemisah berkas (beam splitter) dan dijadikan sebagai berkas referensi.

n adalah jumlah pantulan, bilangan bulat = 1, 2, 3, n.

$R_{st}(\lambda)$ adalah faktor refleksi intensitas serbuk teh.

α_{st} adalah faktor absorpsi serbuk teh.

d adalah tebal serbuk teh.

$R_{gelas}(\lambda)$ adalah faktor refleksi intensitas permukaan gelas.

$R_p(\lambda)$ adalah faktor refleksi intensitas permukaan dalam penutup.

$I_{out\ total}$ adalah intensitas output total yang ditangkap oleh FD II.

Diasumsikan setiap berkas cahaya hanya menembus serbuk teh hijau sekali dalam penjarannya. Untuk sumber cahaya dengan panjang gelombang tertentu, konstanta memiliki harga yang konstan sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K_1 = 0.5 \cdot I_0 \dots \dots \dots (5.2)$$

$$K_2 = R_{gelas} \dots \dots \dots (5.3)$$

$$K_3 = R_p \cdot R_{gelas} \dots \dots \dots (5.4)$$

$$K_4 = R_p^n \cdot R_{gelas} \dots \dots \dots (5.5)$$

dimana K_1 , K_2 , K_3 , dan K_4 adalah konstanta. Dari isi pendahuluan diperoleh bahwa R_p berharga 0.065, sehingga R_p^n dapat diabaikan demikian pula K_4 . Dengan mensubstitusikan persamaan (5.2), (5.3), (5.4), ke persamaan (5.1), diperoleh:

$$\frac{I_{out\ total}}{I_{referensi}} = \frac{K_1 \cdot [K_2 \exp(-2\alpha_{st+udara} \cdot d) + R_{st} \cdot K_3 \cdot \exp(-2\alpha_{st+udara} \cdot d)]}{K_1}$$

$$\frac{I_{out\ total}}{I_{referensi}} = [(K_2 + K_3 \cdot R_{st})] \exp(-2\alpha_{st+udara} \cdot d)$$

$$\ln \frac{I_{out\ total}}{I_{referensi}} = \ln [(K_2 + K_3 \cdot R_{st})] + \ln \exp(-2\alpha_{st+udara} \cdot d)$$

Dengan menggunakan Deret Maclaurin untuk fungsi logaritma:

$$\ln(1+z) = z - \frac{z^2}{2} + \frac{z^3}{3} - \dots \dots \dots (5.6)$$

akan dihasilkan:

$$\ln \left(1 + \frac{K_3}{K_2} R_{st} \right) + \ln \exp(-2\alpha_{st+udara} \cdot d) \dots \dots \dots (5.7)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (5.7), ke persamaan (5.6), diperoleh:

$$\ln \frac{I_{out\ total}}{I_{referensi}} = \frac{K_3}{K_2} R_{st} - \frac{\left[\frac{K_3}{K_2} R_{st} \right]^2}{2} + \frac{\left[\frac{K_3}{K_2} R_{st} \right]^3}{3} + (-2\alpha_{st+udara} \cdot d)$$

karena $R_{st} \ll 1$ maka $\frac{\left[\frac{K_3}{K_2} R_{st} \right]^2}{2}$ dan $\frac{\left[\frac{K_3}{K_2} R_{st} \right]^3}{3}$ dapat diabaikan, sehingga persamaan menjadi:

$$= \frac{K_3}{K_2} R_{st} - 2\alpha_{st+udara} \cdot d \dots \dots \dots (5.8)$$

Selanjutnya untuk $\tau(st)=0$, maka, $R_{st+udara} = 1 - \alpha_{st+udara}$ sehingga persamaan (5.8) menjadi:

$$= \frac{K_3}{K_2} (1 - \alpha_{st+udara}) - 2\alpha_{st+udara} \cdot d$$

$$= \frac{K_3}{K_2} - \frac{K_3}{K_2} \alpha_{st+udara} - 2\alpha_{st+udara} \cdot d \dots \dots \dots (5.9)$$

$$= -\alpha_{st+udara} \left(\frac{K_3}{K_2} + 2.d \right) \cdot \frac{K_3}{K_2}$$

$$\ln \frac{I_{out}^{total}}{I_{referensi}} = -\alpha_{st+udara} \cdot K \dots \dots \dots (5.10)$$

$$\text{dengan } K = \left(\frac{K_3}{K_2} + 2.d \right) \cdot \frac{K_3}{K_2}$$

Untuk jumlah berkas dan pantulan, faktor refleksi penutup, faktor refleksi gelas dan tebal tumpukan serbuk teh yang tetap. Perubahan $\ln \frac{I_{out}^{total}}{I_{referensi}}$ semata-mata hanya bergantung pada $\alpha_{st+udara}$. Besaran $\alpha_{st+udara}$ adalah koefisien absorpsi pada tumpukan serbuk teh, yang terdiri dari serbuk teh dan udara yang terjebak diantaranya, akibatnya penyerapan yang terjadi tidak hanya akibat serbuk teh, tetapi juga diakibatkan oleh udara. Namun karena dalam penelitian ini berat dan ukuran serbuk teh sama, maka dapat diasumsikan jumlah udara yang terjebak juga sama. Selanjutnya dapat dituliskan perubahan $\alpha_{st+udara} = \alpha_{st} + \alpha_{udara}$, dapat diasumsikan perubahan penyerapan yang terjadi semata-mata ditentukan oleh α_{st} saja.

Besaran α_{st} sendiri disebabkan oleh berbagai kandungan bahan di dalam daun teh, seperti polifenol, pektin, kafein, serat, air dan lain-lain. Dalam proses pengolahan teh komposisi dan jumlah kandungan bahan-bahan tersebut tidak berubah, kecuali air [1]. Juga ditunjukkan dari hasil pengukuran untuk rentang $\lambda = 938 \text{ nm}$ sampai dengan 1022 nm (Gambar 3.2) bahwa perubahan kandungan kadar air menentukan perubahan nilai absorbansi. Oleh karena itu perubahan α_{st} yang terjadi dapat disimpulkan semata-mata akibat perubahan kandungan air dalam serbuk teh, sehingga dari persamaan (5.10) ditunjukkan bahwa logaritma intensitas terdeteksi ternormalisasi berbanding lurus kadar air, yaitu menurun secara linier.

BAB 5

PENGUKURAN KADAR AIR SERBUK TEH HIJAU

Pada penelitian ini digunakan metoda optik untuk mengukur kadar air yang terkandung dalam serbuk teh hijau. Serbuk teh hijau dibatasi untuk spesies tertentu *Camellia sinensis* produksi Sariwangi. Secara garis besar pengukuran kadar air serbuk teh hijau dibagi dalam 3 tahap, yaitu persiapan sampel, pengukuran kadar air dengan metoda gravimetri, dan pengukuran kadar air dengan metoda optik. Variasi kadar air serbuk teh diperoleh melalui perlakuan khusus. Tahap pertama adalah persiapan sampel.

5.1 Persiapan Sampel

Untuk memperoleh variasi kandungan kadar air, serbuk teh hijau diberikan perlakuan-perlakuan khusus:

- Sampel tidak disemprot air.
- Sampel disemprot dengan 0.1 ml air, 0.2 ml air, 0.3 ml air, 0.4 ml air, 0.5 ml air, 0.6 ml air dan 0.7 ml air.
- Sampel yang digunakan seberat 20 gram untuk 10 sampel sesuai dengan ukuran yang digunakan pada pengujian kadar air di pabrik teh.

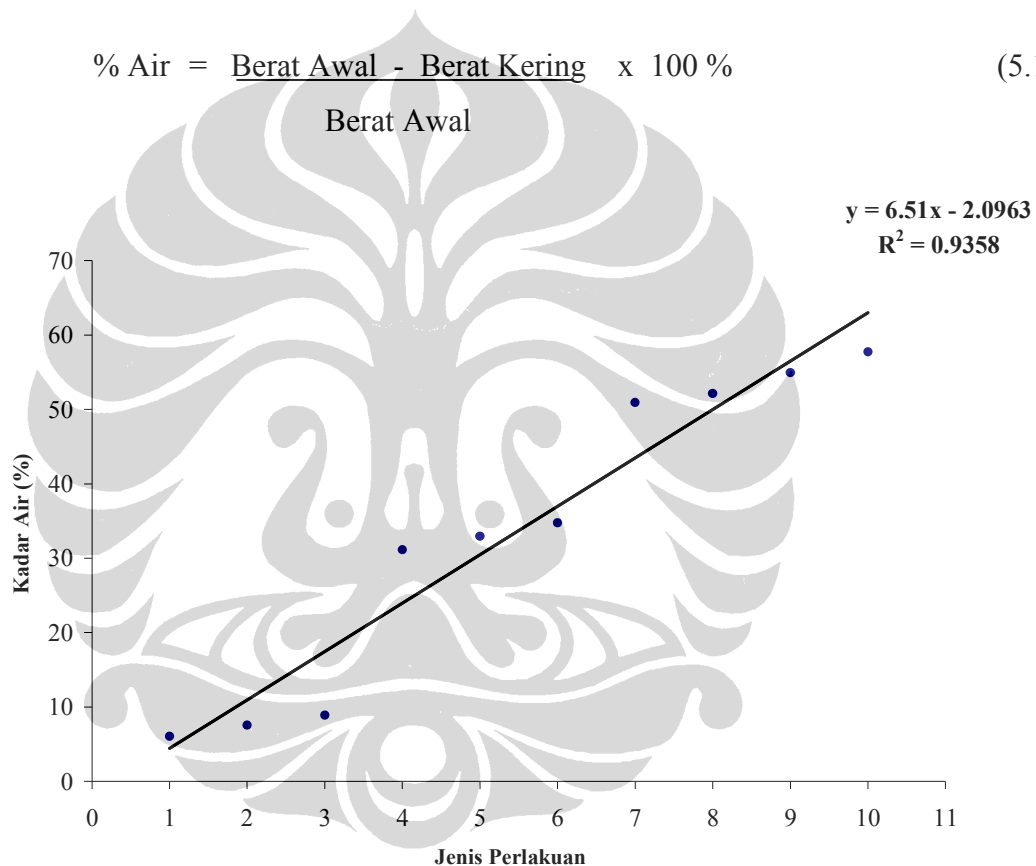
Setelah mengalami perlakuan khusus sampel langsung dibagi dua, setengah bagian dari serbuk teh hijau diukur dengan metoda reflektansi, dan setengah bagian lagi disimpan pada wadah yang kedap udara, untuk menghindari terjadinya perubahan kadar air dan kemudian diukur di Laboratorim Afiliasi Teknik Kimia Universitas Indonesia dengan metoda gravimetri.

5.2 Pengukuran Kadar Air dengan Metoda Gravimetri

Metoda gravimetri dilakukan untuk mencari kadar air dalam daun teh. Selanjutnya harga-harga yang diperoleh sebagai acuan dalam melakukan pengukuran dengan metoda reflektansi. Prinsip dari metode gravimetri yaitu pengukuran berat sampel. Pada pengukuran ini serbuk teh hijau dipanaskan menggunakan oven (Mettler Loading Modell 100-800) pada suhu 105⁰ C selama berturut-turut 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 menit.

Sesudah dipanaskan dalam oven, sampel ditimbang agar dapat diperoleh informasi tentang berat awal dan berat kering. Selanjutnya dihitung selisih antara kedua berat tersebut untuk masing-masing sampel. Selama proses penimbangan kadar air dianggap tetap karena segera setelah ditimbang serbuk teh hijau disimpan dalam tabung kaca (desikator). Persiapan penimbangan dan proses penimbangan harus dilakukan dalam waktu yang singkat (kurang lebih 5 detik). Setelah diperoleh selisih berat selanjutnya dilakukan perhitungan persentase kadar air sesuai perumusan berikut: [19]

$$\% \text{ Air} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \quad (5.1)$$



Gambar 5.1 Kurva hubungan antara kadar air dalam serbuk daun teh hijau dengan jenis perlakuan (Metoda Gravimetri)

Hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran 10. Pada lampiran 10 diperlihatkan keadaan teh dengan 10 perlakuan. Dimana masing-masing serbuk teh hijau ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat awal. Sampel lalu dipanaskan dalam oven selama 1.5 jam untuk diperoleh berat keringnya. Setelah itu kita dapat menghitung prosentase kadar airnya sesuai dengan rumus (5.1). Hasil

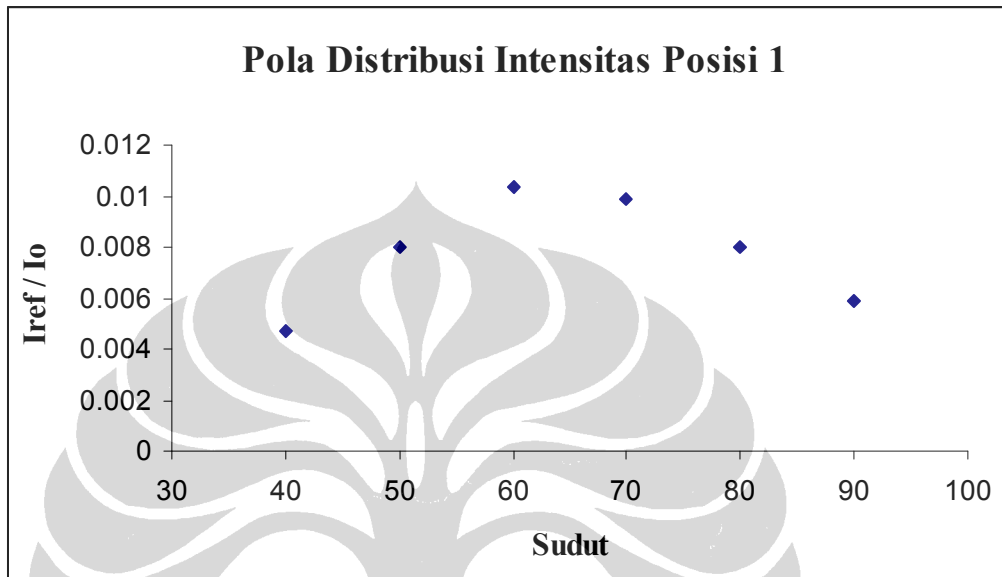
pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.1. Jenis perlakuan 1, 2, 3 artinya serbuk teh tidak disemprot air. Jenis perlakuan 4 artinya serbuk teh disemprot dengan 0.1 ml air. Jenis perlakuan 5 artinya serbuk teh disemprot dengan 0.2 ml air. Jenis perlakuan 6 artinya serbuk teh disemprot dengan 0.3 ml air. Jenis perlakuan 7 artinya serbuk teh disemprot dengan 0.4 ml air. Jenis perlakuan 8 artinya serbuk teh disemprot dengan 0.5 ml air. Jenis perlakuan 9 artinya serbuk teh disemprot dengan 0.6 ml air. Jenis perlakuan 10 artinya serbuk teh disemprot dengan 0.7 ml air. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa prosentase kadar tinggi apabila serbuk teh hijau disemprot dengan air lebih banyak, begitupula sebaliknya.

5.3 Pengukuran Kadar Air dengan Metoda Optik

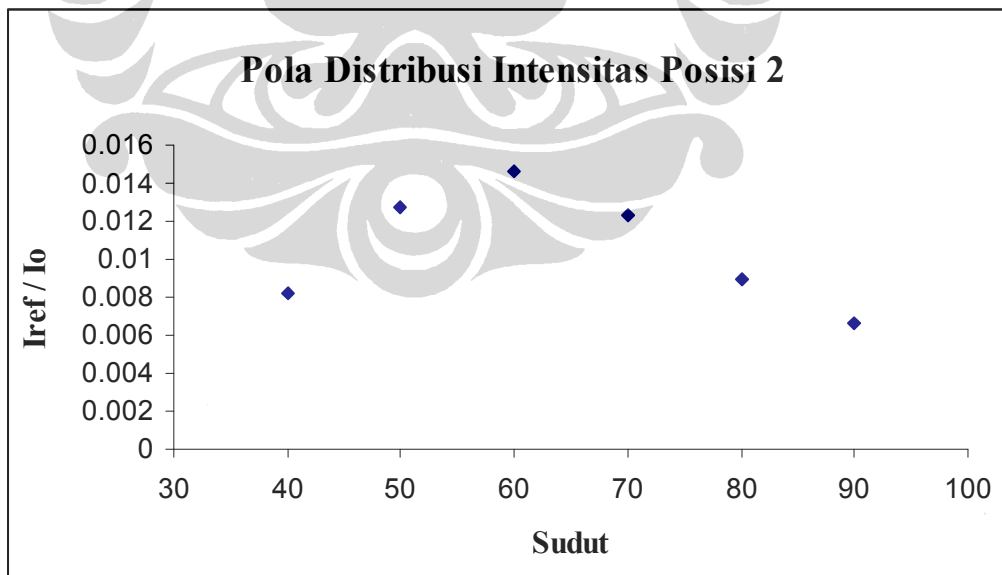
Karakteristik awal pada pengukuran kadar air dengan metoda optik dilakukan dengan melakukan pengukuran untuk mengetahui pola distribusi intensitas. Pola distribusi intensitas digunakan untuk mencari sudut datang dan sudut pantul yang terbesar pada saat mengenai sampel. Dilakukan identifikasi sebagai berikut:

- Ukuran serbuk teh = 0.1 mm = 100 microns
- λ = 970 nm
- Tebal teh pada wadah = 0.5 mm
- Tebal wadah kaca = 0.3 mm
- Tinggi wadah kaca = 1.6 cm
- Diameter wadah kaca = 2.3 cm
- Tebal kuvet di IPB = 1 cm
- I_0 = $2 \times I_{\text{referensi}} = 2 \times 2.12 = 4.24 \text{ V}$
- Tidak ada cahaya yang menembus alas wadah sampel
- Tidak ada cahaya yang menembus aluminium foil
- Diameter berkas = 0.3 cm
- Pantulan dalam bola = 0.065 V, $\theta = 60^\circ$
- Diameter bola = 2 cm
- Diameter lubang bola = 0.4 cm
- Berat serbuk teh = 2 gram

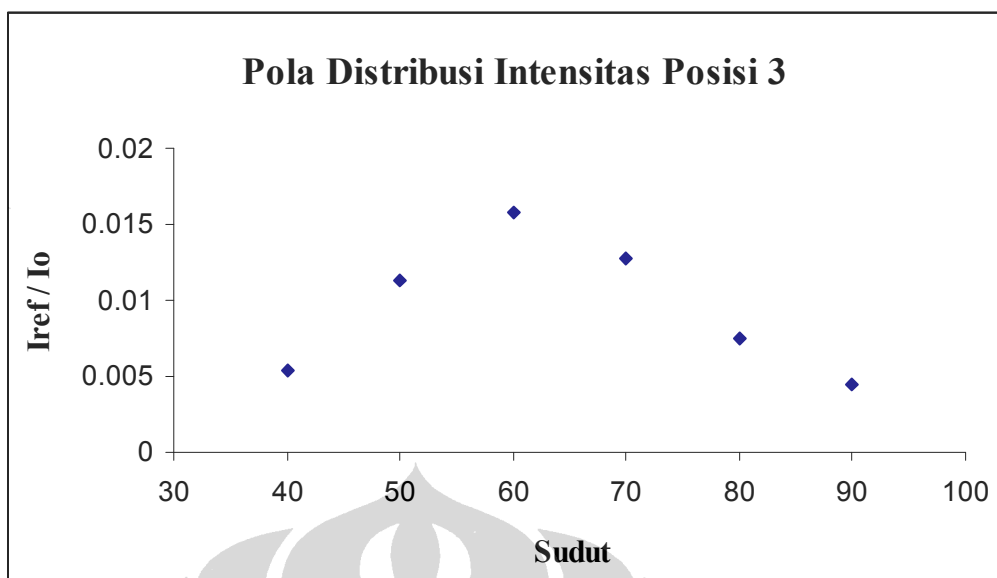
Pengukuran dilakukan sesuai set up pada Gambar 4.3, dengan memutar fotodioda II dengan berbagai sudut (40° , 50° , 60° , 70° , 80° dan 90°) dan menggeser wadah kaca pada 3 posisi. Hal ini dilakukan untuk memastikan pola distribusi intensitas. Gambar pola distribusi intensitas dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 5.2 Pola Distribusi Intensitas Posisi 1



Gambar 5.3 Pola Distribusi Intensitas Posisi 2



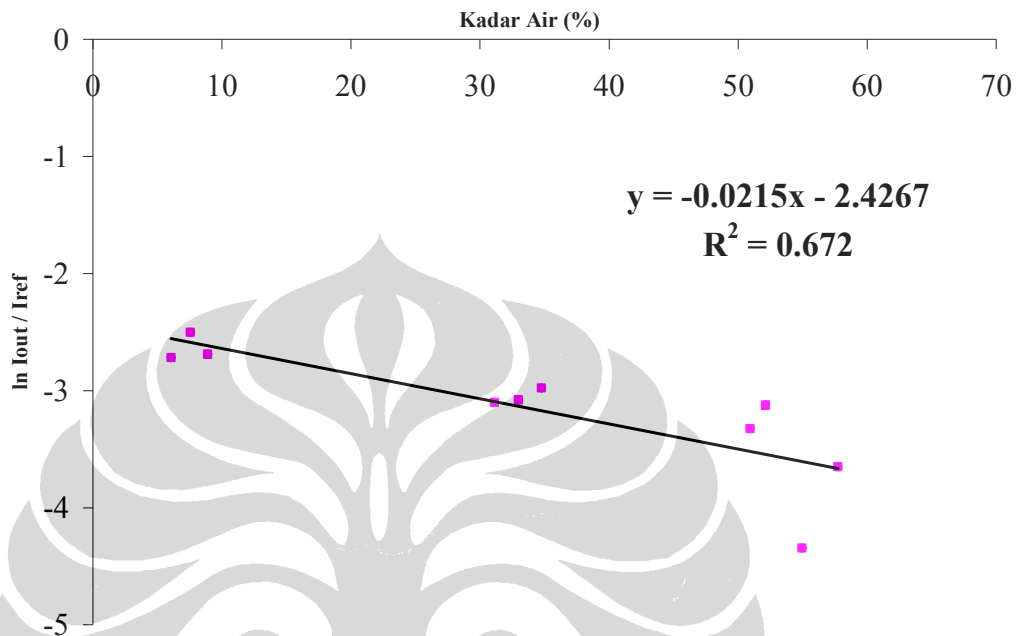
Gambar 5.4 Pola Distribusi Intensitas Posisi 3

Dari 3 posisi pola distribusi intensitas yang terbesar berada pada sudut 60° . Namun yang akan digunakan pada pengukuran selanjutnya yaitu posisi 3, dengan sudut 60° dan memiliki intensitas refleksi yang terbesar.

Setelah melakukan pengukuran kadar air dengan metoda gravimetri, tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran kadar air dengan set up eksperimen seperti pada Gambar 4.3. Sampel serbuk teh hijau dengan variasi kadar air berturut-turut: 6.068%, 7.549%, 8.891%, 31.110%, 32.978%, 34.763%, 50.926%, 52.127%, 54.936%, dan 57.738% secara bergantian yang telah ditempatkan pada wadah sampel. Selanjutnya cahaya LED dijatuhkan pada serbuk teh hijau dengan sudut datang 60° . Sebelum cahaya tersebut dijatuhkan pada sampel, cahaya keluaran LED dibagi menjadi dua oleh pemisah berkas 50/50. Cahaya yang ditransmisikan dijatuhkan pada serbuk teh hijau, untuk kemudian cahaya yang dipantulkan ditangkap langsung oleh fotodiode FDS 100 (FD I), yang digunakan sebagai cahaya referensi.

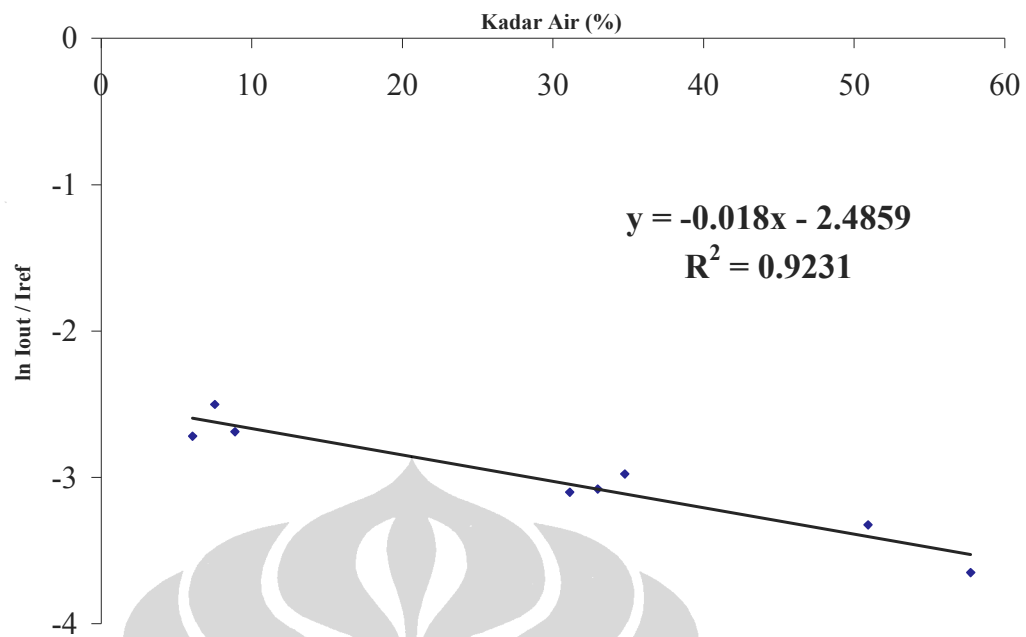
Cahaya yang dipantulkan oleh sampel ditangkap oleh detektor FDS 100 (FD II), pada sudut 60° . Pengukuran intensitas dilakukan dengan cara mengukur tegangan setelah direfleksikan oleh sampel (Fotodiode II) dan tegangan referensi dari sumber, tegangan output cahaya yang direfleksikan oleh pemisah berkas (Fotodiode I). Untuk setiap konsentrasi kadar air serbuk teh hijau selalu

dibandingkan (dinormalisasi) terhadap tegangan output cahaya referensi, hal ini dimaksudkan agar hasil pengukuran tidak terganggu oleh fluktuasi sumber cahaya. Hasil pengukuran untuk 10 jenis sampel dapat dilihat pada lampiran 11. Hasil pengolahan data disajikan dalam bentuk kurva yang ditunjukkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Kurva hasil pengukuran reflektansi cahaya untuk variasi konsentrasi kadar air

Pada lampiran 11 diperlihatkan keadaan teh dengan 10 perlakuan. Dimana masing-masing serbuk teh hijau diukur tegangan outputnya. Setelah itu kita dapat menghitung tegangan output dibagi dengan tegangan referensi. Pada Gambar 5.5 diperlihatkan bahwa kadar air akan naik jika intensitasnya kecil dan sebaliknya. Gambar 5.5 diperbaharui dengan membuang 2 data pengukuran yang terlihat jauh dari garis penghubung. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.6 di bawah ini:



Gambar 5.6. Kurva hasil pengukuran reflektansi cahaya untuk variasi konsentrasi kadar air

Pada Gambar 5.6 diperlihatkan bahwa kadar air akan naik jika intensitasnya kecil dan sebaliknya.

5.4 Analisa Hasil Pengukuran

Seperti telah dijelaskan sebelumnya hasil pengukuran dengan metoda gravimetri sebagai acuan dalam melakukan pengukuran dengan metoda reflektansi.

Dari hasil pengukuran (Gambar 5.6), diketahui bahwa gradien yang dihasilkan garis penghubung secara linier/*linier fitting*). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas reflektansi semakin menurun seiring dengan kenaikan jumlah kadar air untuk rentang 6% hingga 57% dengan gradien -18×10^{-3} , sesuai dengan prediksi teoritis. Kelinieritasan hasil pengukuran dapat diperoleh dengan mengamati harga deviasi standard (R^2) yang dihasilkan. Harga R^2 yang diperoleh pada hasil pengukuran sebesar 0.9231.