

Pengukuran Kandungan Kontaminasi Air pada Minyak Pelumas dengan Cahaya Infra Merah

E. Juliastuti, P. F. K. Kusuma & D. Kurniadi

KK Instrumentasi dan Kontrol – Fakultas Teknologi Industri- Institut Teknologi Bandung
yuliast@tf.itb.ac.id

Abstrak

intensitas sinar yang diteruskan oleh fluida. Laser infra merah dekat dengan panjang gelombang 850 nm digunakan sebagai sumber sinar, dan untuk sampel uji digunakan 3 jenis minyak pelumas (A, B, C) dengan 3 nilai densitas yang berbeda. Pengukuran dilakukan pada rentang kontaminasi air 0,1% - 1,5% untuk masing-masing minyak pelumas. Dari hukum Beer-Lambert diketahui bahwa densitas suatu senyawa mempengaruhi besarnya intensitas sinar yang diserap. Semakin besar nilai densitas suatu senyawa maka akan semakin besar intensitas sinar yang dapat diserap oleh suatu senyawa. Nilai intensitas sinar infra merah dekat yang diperoleh dari hasil pengukuran sampel uji akan digunakan untuk menghitung nilai koefisien absorpsi sinar oleh minyak pelumas. Interpretasi data dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil untuk memperoleh hubungan perubahan rasio kontaminasi air dengan perubahan koefisien absorpsi infra merah dekat oleh minyak pelumas. Untuk minyak pelumas A diperoleh hasil pengamatan dengan kesalahan minimum 0,99% dan kesalahan maksimum 10,62%, untuk rentang pengukuran 0,1% - 1,5% kontaminasi air. Untuk minyak pelumas B diperoleh hasil dengan kesalahan minimum 1,52% dan kesalahan maksimum 5,12%, untuk rentang pengukuran 0,1% - 1,5% kontaminasi air. Untuk minyak pelumas C diperoleh hasil dengan kesalahan minimum 1,64% dan kesalahan maksimum 8,14%, untuk rentang pengukuran 0,1% - 1,5% kontaminasi air.

Keywords: *infra merah, minyak pelumas, kontaminasi air, hukum Beer-Lambert, koefisien absorpsi*

1 Pendahuluan

Minyak pelumas merupakan kelompok senyawa *petroleum hydrocarbon*. Kelompok hidrokarbon yang terkandung dalam minyak pelumas adalah kelompok alkana, sikloalkana, dan hidrokarbon aromatik. Minyak pelumas terbentuk dari campuran *base oil* dan zat aditif. Zat aditif dalam minyak pelumas adalah zat yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas atau ketahanan kerja dari minyak pelumas [9][10].

Adanya kandungan kontaminasi air di dalam minyak pelumas dapat memberikan dampak buruk bagi minyak pelumas yang dapat berakibat kerusakan pada komponen-komponen mesin. Kandungan kontaminasi air dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai viskositas, pembentukan asam dan endapan, serta penipisan lapisan minyak pelumas saat proses pelumasan berlangsung. Pada komponen-komponen mesin, kandungan kontaminasi air di dalam minyak pelumas juga dapat menyebabkan terjadinya korosi pada permukaan komponen mesin, kavitasi, dan *filter plugging* [1].

Oleh karena itu diperlukan sebuah metode untuk mengetahui jumlah kandungan kontaminasi air di dalam minyak pelumas tersebut. Pengukuran kandungan kontaminasi air tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip perubahan nilai intensitas sinar infra merah. Perubahan nilai intensitas sinar infra merah dipengaruhi oleh perubahan

struktur dari medium yang dilewatinya. Dalam hal ini, medium yang dimaksud terdiri atas minyak pelumas dan adanya kandungan kontaminasi air.

Pada studi ini telah dilakukan uji coba pengukuran minyak pelumas dengan kontaminasi air 0,1% hingga 1,5%. Secara prinsip melalui pengukuran intensitas sinar infra merah, kandungan kontaminasi air dapat diketahui.

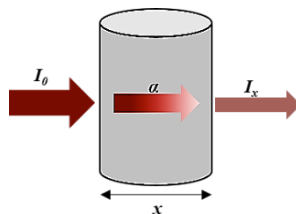
2 Sinar Infra Merah

Sinar infra merah merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki rentang nilai panjang gelombang $0,78\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$. Radiasi infra merah dapat berasal dari benda-benda yang memiliki temperatur mutlak di atas 0 Kelvin [2]. Berdasarkan panjang gelombangnya, sinar infra merah dikelompokkan ke dalam tiga jenis, yaitu :

- Infra merah dekat, memiliki panjang gelombang $0,78\mu\text{m}$ - $1,4\mu\text{m}$.
- Infra merah menengah, memiliki panjang gelombang $1,4\mu\text{m}$ - $3\mu\text{m}$.
- Infra merah jauh, memiliki panjang gelombang $3\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$.

Intensitas sinar infra merah yang telah melewati suatu senyawa kimia dapat mengalami perubahan yang disebabkan oleh terjadinya penyerapan oleh senyawa. Sinar infra merah yang melewati suatu senyawa menyebabkan vibrasi diantara molekul-molekul senyawa tersebut. Vibrasi antar molekul atom mengakibatkan perubahan jarak ikatan dan perubahan sudut ikatan, dimana kedua perubahan ini akan mengarah kepada perubahan momen dipol suatu senyawa. Jika frekuensi osilasi atom-atom dalam senyawa sama dengan frekuensi foton maka akan terjadi penyerapan atau absorpsi intensitas sinar infra merah. Semakin besar perubahan momen dipol yang terjadi pada suatu senyawa maka akan semakin besar intensitas sinar infra merah yang terserap [3] [4].

Salah satu parameter optik yang dapat diamati dalam pengukuran dengan menggunakan prinsip perubahan nilai intensitas infra merah adalah koefisien absorpsi medium. Koefisien absorpsi infra merah pada suatu medium adalah suatu koefisien yang menunjukkan nilai probabilitas banyaknya foton yang telah terserap per-panjang medium yang dilewati oleh sinar infra merah [5].



Gambar 1 Proses absorpsi intensitas sinar infra merah

Gambar 1 mengilustrasikan proses absorpsi intensitas sinar secara umum dan khususnya sinar infra merah ketika melewati suatu medium. Persamaan (1) menunjukkan hubungan antara intensitas sinar (I) dan koefisien absorpsi medium (α).

$$\ln \frac{I_0}{I_x} = \alpha x = A \quad (1)$$

Jika medium yang dilewati adalah suatu senyawa kimia, maka persamaan (1) dapat diturunkan untuk memperoleh persamaan koefisien absorpsivitas molar senyawa. Penurunan persamaan berdasarkan hukum Beer-Lambert (2) :

$$A = \epsilon c x \quad A = \epsilon c x \quad (2)$$

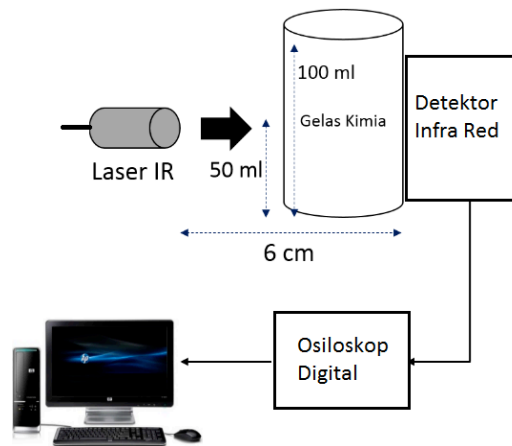
sehingga diperoleh persamaan (3) yang menunjukkan hubungan antara koefisien absorpsi sinar dengan koefisien absorpsivitas molar (ϵ) dan molaritas senyawa (c) [6] [7].

$$\alpha = \epsilon c \quad \alpha = \epsilon c \quad (3)$$

Pengukuran perubahan nilai intensitas sinar setelah melalui medium dapat dilakukan dengan menggunakan laser infra merah dekat dan detektor yang sesuai. Intensitas sinar infra merah yang ditangkap oleh detektor, dibaca sebagai suatu nilai tegangan DC [8].

3 Eksperimen

Gambar 2 memperlihatkan skema susunan perangkat pengambilan data. Laser infra merah dekat memperoleh masukan tegangan 3 Volt DC dari adaptor DC. Sinar yang dihasilkan laser kemudian dilewatkan ke gelas kimia yang telah diisi sampel uji. Intensitas sinar infra merah dekat yang telah melewati sampel uji ditangkap oleh detektor. Osiloskop digital berfungsi untuk merekam nilai tegangan DC yang terbaca oleh detektor dan kemudian ditampilkan di komputer.



Gambar 2 Susunan peralatan pengambilan data

Tahap pra eksperimen bertujuan untuk mengamati apakah perubahan kandungan kontaminasi air di dalam minyak pelumas berpengaruh terhadap hasil pengukuran intensitas sinar infra merah. Selain itu dilakukan pengujian sensitivitas 2 infra merah dengan nilai panjang gelombang yang berbeda laser dan penentuan waktu pengukuran sampel uji minyak pelumas. Sampel uji minyak pelumas dibuat dengan mencampurkan minyak pelumas dengan aquades dan emulsifier, komposisinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Penggunaan emulsifier bertujuan agar campuran antara minyak pelumas dan aquades menjadi lebih homogen.

Pengambilan data dalam studi ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing minyak pelumas. Pengulangan ini dilakukan untuk meningkatkan tingkat kepercayaan hasil pengukuran intensitas sinar infra merah yang diperoleh. Pada penelitian ini juga dilakukan pengambilan data minyak pelumas untuk memverifikasi metode pengukuran yang dilakukan dan hasil pengukuran yang diperoleh. Komposisi sampel uji dan sampel verifikasi untuk setiap minyak pelumas dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Komposisi kandungan sampel uji untuk setiap minyak pelumas (A, B, C)

No.	Vol. Minyak Pelumas	Vol. Emulsifier	Vol. Aquades	%Kontaminasi
1	100 ml	2 ml	0,1 ml	0,1%
2	100 ml	2 ml	0,2 ml	0,2%
3	100 ml	2 ml	0,3 ml	0,3%
4	100 ml	2 ml	0,4 ml	0,4%
5	100 ml	2 ml	0,5 ml	0,5%
6	100 ml	2 ml	0,6 ml	0,6%
7	100 ml	2 ml	0,7 ml	0,7%
8	100 ml	2 ml	0,8 ml	0,8%
9	100 ml	2 ml	0,9 ml	0,9%
10	100 ml	2 ml	1,0 ml	1,0%
11	100 ml	2 ml	1,1 ml	1,1%
12	100 ml	2 ml	1,2 ml	1,2%
13	100 ml	2 ml	1,3 ml	1,3%
14	100 ml	2 ml	1,4 ml	1,4%
15	100 ml	2 ml	1,5 ml	1,5%

Tabel 2 Komposisi kandungan sampel uji verifikasi untuk setiap minyak pelumas (A, B, C)

No.	Vol. Minyak Pelumas	Vol. Emulsifier	Vol. Aquades	%Kontaminasi
1	100 ml	2 ml	0,25 ml	0,25%
2	100 ml	2 ml	0,75 ml	0,75%
3	100 ml	2 ml	1,25 ml	1,25%

4 Hasil dan Analisis

Dari tahap pra eksperimen yang telah dilakukan, diperoleh bahwa laser infra merah yang memiliki sensitivitas lebih baik terhadap perubahan kandungan kontaminasi air di dalam minyak pelumas dan respon detektor infra merah adalah laser infra merah dekat dengan panjang gelombang 850 nm.

Waktu yang dibutuhkan oleh campuran sampel uji minyak pelumas untuk mencapai keadaan stabil adalah selama 3 menit setelah proses pengadukan dihentikan. Penentuan

waktu pengukuran sampel uji ini penting agar saat pengukuran dilakukan, hasil pengukuran intensitas sinar infra merah berada pada satu nilai yang stabil dimana campuran sampel uji telah tercampur secara merata dan homogen.

Dilakukan regresi untuk melihat persebaran data antara perubahan koefisien absorpsi infra merah minyak pelumas terhadap perubahan %rasio kontaminasi air di dalam minyak pelumas. Dari regresi yang telah dilakukan maka digunakan pendekatan logaritma untuk memperoleh persamaan hubungan antara perubahan %rasio kontaminasi air terhadap perubahan koefisien absorpsi infra merah minyak pelumas.

Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 memperlihatkan persebaran data perubahan koefisien absorpsi infra merah dekat terhadap perubahan %rasio kontaminasi air. Untuk minyak pelumas A, perubahan intensitas sinar terjadi pada kandungan kontaminasi air 0,1%, pada minyak pelumas B, perubahan intensitas sinar terjadi pada kandungan kontaminasi air 0,4%, dan pada minyak pelumas C, perubahan intensitas sinar terjadi pada kandungan kontaminasi air 0,5%.

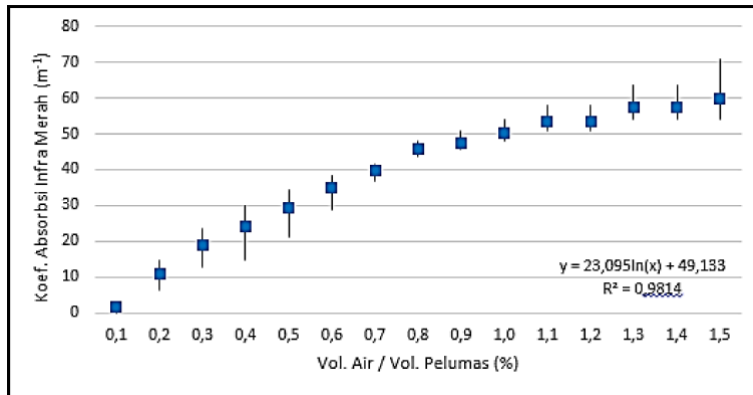
Perbedaan penyerapan intensitas sinar ini berhubungan dengan perbedaan densitas ketiga minyak pelumas yang digunakan. Dari persamaan (3) hukum Beer-Lambert dapat diturunkan persamaan yang menunjukkan hubungan antara densitas suatu senyawa dengan koefisien absorpsi infra merah senyawa.

Hasil dari penurunan persamaan (3) adalah persamaan (4), yaitu

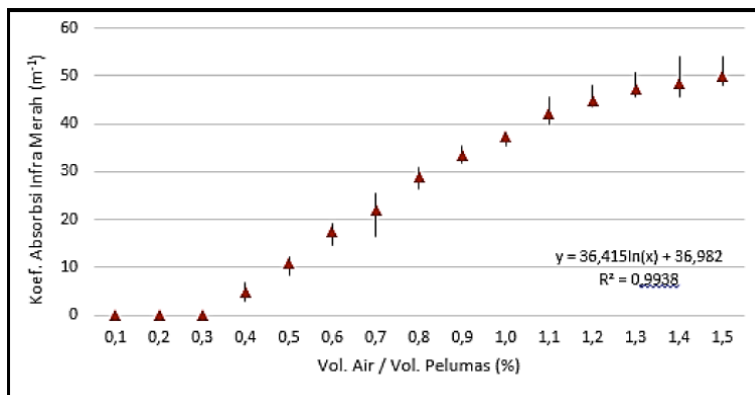
$$\alpha = \varepsilon \frac{\rho}{M_r} \quad (4)$$

dimana ρ adalah densitas senyawa, dari persamaan 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar densitas suatu senyawa maka akan semakin besar koefisien absorpsi infra merah senyawa. Nilai koefisien absorpsi infra merah dekat yang besar menunjukkan bahwa banyak foton yang terserap saat sinar infra merah dekat melewati senyawa, sehingga terjadi penurunan intensitas sinar .

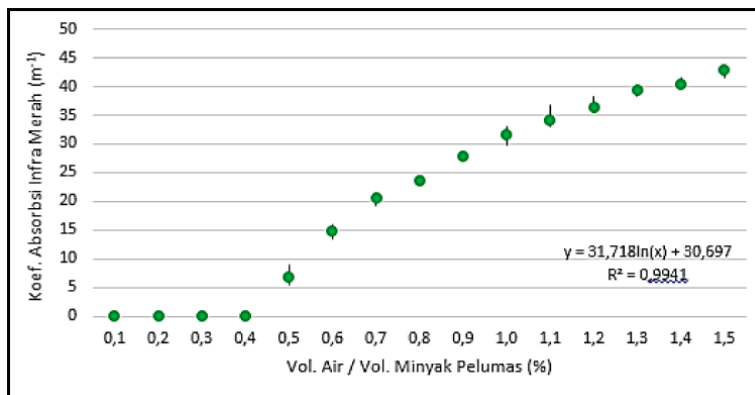
Dari ketiga minyak pelumas yang digunakan, minyak pelumas A memiliki nilai densitas tertinggi setelah minyak pelumas B dan minyak pelumas C. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan 4.1 dapat digunakan sebagai dasar analisis terhadap hasil pengukuran intensitas sinar infra merah dekat yang diperoleh pada setiap minyak pelumas A, B, dan C.



Gambar 3 Grafik hasil pengukuran minyak pelumas A



Gambar 4 Grafik hasil pengukuran minyak pelumas B



Gambar 5 Grafik hasil pengukuran minyak pelumas C

Dari pengukuran dan verifikasi data yang telah dilakukan terdapat variasi persebaran data hasil pengukuran serta nilai-nilai kesalahan hasil pengukuran.

Keseragaman atau homogenitas sampel uji minyak pelumas merupakan sumber kesalahan utama yang mempengaruhi data hasil pengukuran serta verifikasi yang diperoleh. Seperti yang telah disebutkan bahwa proses penyerapan atau absorpsi intensitas sinar infra merah baru akan terjadi ketika vibrasi dari molekul-molekul senyawa yang dilewati oleh sinar infra merah memiliki frekuensi osilasi yang sama dengan foton sinar infra merah. Setelah proses pengadukan sampel uji dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer*, molekul-molekul senyawa yang terdapat di dalam sampel uji minyak pelumas akan mengalami vibrasi yang berbeda dari sebelumnya. Proses pengadukan juga dapat mempengaruhi perubahan letak molekul-molekul yang bervibrasi yang memiliki frekuensi osilasi yang sama dengan foton sinar infra merah. Posisi molekul-molekul yang memiliki frekuensi osilasi sama tersebut dapat berpindah ke bagian atas, tengah, atau bawah dari sampel uji minyak pelumas. Proses pengadukan juga dapat mempengaruhi jumlah molekul-molekul yang memiliki frekuensi osilasi yang sama dengan foton sinar infra merah. Perbedaan densitas minyak pelumas juga mempengaruhi perbedaan penyerapan intensitas sinar infra merah. Vibrasi yang terjadi pada molekul-molekul suatu senyawa akan meningkat seiring dengan peningkatan densitas senyawa tersebut. Perbedaan vibrasi molekul-molekul ini akan mengakibatkan perbedaan penyerapan intensitas sinar infra merah pada ketiga minyak pelumas.

Pada minyak pelumas B dan C, perubahan intensitas sinar infra merah baru terjadi pada kandungan kontaminasi air 0,4% dan 0,5%. Hal ini disebabkan oleh nilai densitas kedua minyak pelumas ini lebih rendah dari minyak pelumas A. Selain pengaruh densitas kedua minyak pelumas, penyerapan intensitas sinar infra merah pada minyak pelumas B dan C juga dapat dipengaruhi oleh karakteristik minyak pelumas dan zat aditif yang terkandung di dalam minyak pelumas. Perbedaan ikatan serta kandungan senyawa dalam minyak pelumas dapat mempengaruhi penyerapan sinar infra merah dekat karena sinar memiliki sensitivitas penyerapan tertentu pada senyawa-senyawa yang berbeda. Untuk senyawa pada golongan alkana, sikloalkana, serta hidrokarbon aromatik yang terdapat di dalam minyak pelumas umumnya berada pada daerah penyerapan sinar infra merah dengan nilai bilangan gelombang 3100 – 2100 / cm. Sementara nilai bilangan gelombang dari sinar infra merah yang digunakan pada penelitian ini adalah mendekati 11764 / cm. Jika daerah penyerapan sinar infra merah yang dimiliki oleh senyawa-senyawa di dalam minyak pelumas mendekati sinar infra merah yang digunakan dalam penelitian ini maka proses penyerapan intensitas sinar infra merah akan semakin mudah terjadi.

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran ketiga minyak pelumas yang digunakan pada studi ini diperoleh bahwa metode perubahan intensitas sinar infra merah dekat dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kandungan kontaminasi air di dalam ketiga minyak pelumas tersebut. Dengan menggunakan sinar infra merah pada panjang gelombang 850 nm, untuk minyak pelumas A pengukuran dapat dilakukan pada rentang kandungan kontaminasi air 0,1% - 1,5%, dengan kesalahan minimum sebesar 0,99% dan kesalahan maksimum sebesar 10,62%. Untuk minyak pelumas B pengukuran dapat dilakukan pada rentang kandungan kontaminasi air 0,4% - 1,5%, dengan kesalahan minimum sebesar 1,52% dan kesalahan maksimum sebesar 5,12%. Untuk minyak pelumas C pengukuran dapat dilakukan pada rentang kandungan kontaminasi air 0,5% - 1,5%, dengan kesalahan minimum sebesar 1,64% dan kesalahan maksimum sebesar 8,14%. Perbedaan rentang

pengukuran kandungan kontaminasi air pada setiap minyak pelumas dipengaruhi oleh perbedaan kandungan senyawa dalam minyak pelumas dan perbedaan nilai densitas minyak pelumas.

6 Referensi

- [1] A. Abdullah, S. Dye, and J. Poley, Water Contamination in Oil. Parker Kittywake Company Publications, 2012.
- [2] A. Marjono, A. Yano, S. Okawa, F. Gao, and Y. Yamada, Total light approach of time-domain fluorescence diffuse optical tomography, *Optics Express* 16-19, 2008
- [3] M. A. Bramson, "Infrared Radiation: A Handbook for Applications", Springer Science 1968.
- [4] J. C. Fitch and S. Jaggernauth, "Moisture – The second most destructive lubricant contaminant and its effects on bearing life", in Proceedings of the Predictive Maintenance Technology National Conference, November 1994
- [5] Steven J. Miller , "The Method of Least Squares", Mathematics Department, Brown University, 2012
- [6] W. G. Egan and T. W. Hilgeman, Optical Properties of Inhomogeneous Materials: Applications to Geology, Astronomy, Chemistry and Engineering, Academic Press Inc., 1979.