

# PENGESANAN PENCEMARAN AIR MENGGUNAKAN KAEDAH SERAKAN MULTISPEKTRUM LED MERAH DAN INFRA MERAH

A.N. Ahmad, H. S. Lim, M. Z. Mat Jafri, A.A Tajuddin,  
K. Abdullah, A.A. Aziz dan S. A. Hashim

Pusat Pengajian Sains Fizik, Universiti Sains Malaysia, 11800 Minden, Pulau Pinang

*Abstrak:* Satu prototaip pengesan kualiti air yang menggunakan algoritma pengukuran kepekatan bahan pepejal terampai (TSS) dibina dan dianalisis kejituanannya. Tiga LED dengan jarak gelombang berlainan di dalam spektrum infra merah 950nm, 880nm dan merah 660nm disinarkan kepada sampel air. Sampel air yang digunakan untuk kalibrasi dituras dan dikeringkan bagi mendapatkan kandungan TSS sebenar. Kesinaran serakan belakang dari sample tersebut untuk setiap jarak gelombang dianalisis untuk mengkalibrasi algoritma tersebut. Kepekatan TSS dikorelasikan dengan kesinaran serakan belakang oleh ketiga-tiga jenis LED. Suatu algoritma yang menghubungkan kandungan TSS sebenar dengan kesinaran serakan belakang dibangunkan. Algoritma yang digunakan ini diterbitkan berdasarkan model optik kesinaran serakan belakang bagi air. Kejituan algoritma terkalibrasi ditentukan berdasarkan nilai pekali korelasi (R) dan nilai sisihan punca kuasa dua (RMS). Algoritma yang dibangunkan ini menghasilkan kejituan yang tinggi dengan nilai R = 0.98. Prototaip pengesan kualiti air ini dibina dengan menggunakan bahan-bahan yang murah seperti paip PVC dan komponen elektronik yang mudah. Pengesan kualiti air ini boleh digunakan untuk mengukur kepekatan TSS dalam masa nyata (real-time).

## PENGENALAN

Air menjadi nadi kehidupan manusia. Selain sebagai sumber minuman, kegunaan air meliputi aktiviti-aktiviti perikanan, perindustrian, pengangkutan, rekreasi serta bertindak sebagai agen pembersih alam dan agen penstabil iklim dunia disamping menampung pelbagai spesies tumbuhan dan haiwan lain. Justeru itu, pencemaran air menjadi isu penting kepada manusia.

Pencemaran air perlu ditangani dengan cekap, cepat serta efisien bagi menjamin survival hidup manusia ini. Kaedah pengesanan pencemaran air mestilah boleh di lakukan dengan cepat serta pada kadar kos yang rendah bagi membolehkan ia dilakukan berulang-ulang kali bagi menjalankan pemantauan berterusan pada suatu kawasan tertentu.

Kaedah konvensional bagi mengetahui tahap pencemaran adalah melalui analisis makmal bagi sampel-sampel air yang dikutip bagi kawasan tersebut. Walaupun cara ini jitu, namun ia memakan masa yang panjang, tenaga manusia yang banyak disamping penggandaan ralat ketika proses pemindahan dilakukan dari kawasan pensampelan ke dalam makmal. Kaedah lain mula diperkenalkan bagi menggantikan kaedah konvensional tersebut. Kaedah-kaedah lain ini adalah seperti kaedah akustik, serakan keamatan radiasi, tiub gegaran, perbezaan tekanan, penyukat gesaan dan optik.

Kertas kerja ini menumpukan kepada kaedah optik di mana kaedah spektroskopi serakan multispektrum dicadangkan bagi membolehkan data diperolehi secara in-situ dan serta merta (real-time) tanpa perlu sampel dianalisis di makmal. Hasil akhir menunjukkan kaedah dicadangkan ini lebih cepat, mudah digunakan dan menjimatkan, disamping kebolehpercayaan yang tinggi bagi mengukur kadar pencemaran air.

### *Pengesanan Pencemaran Air*

Parameter Total Suspended Solid (TSS) dipilih digunakan didalam kaedah optik yang dicadangkan. Kirk [8] mencadangkan penggunaan TSS ini yang merujuk kepada segala partikel yang tertinggal di atas kertas turas setelah suatu sampel air dituras. Oleh itu, TSS merupakan partikel-partikel yang mempengaruhi secara langsung serakan yang berlaku didalam sampel air. Partikel dalam air biasa boleh meningkatkan serakan hadapan sehingga 4 kali ganda [9] manakala kajian Petzold [11] pula menunjukkan serakan belakang mempengaruhi hampir 50 peratus dari jumlah serakan didalam air tulen. serakan terhasil juga bergantung kepada bentuk, struktur dalaman, indeks biasan dan taburan saiz

partikel didalam sample air [8, 6]. Kepekaan kaedah optik ini terhadap kepekatan TSS juga telah dibuktikan secara teori mahupun secara empirical [1, 4, 3, 7].

Sumber optik menggunakan LED dipilih kerana ia mengeluarkan cahaya pada julat yang kecil (hampir monokromatik) disamping ciri-ciri lain seperti murah, senang didapati, penggunaan kuasa yang rendah serta mudah dikendalikan. Didalam kaedah ini sampel air tercemar disinari dengan sinaran multi spektrum LED didalam julat infra merah iaitu yang berjarak gelombang 940nm dan 880nm dan juga didalam julat cahaya merah iaitu berjarak gelombang 660nm. Bacaan serakan dari sampel air tersebut dicatat dan dikorelasi dengan kepekatan sebenar bagi mendapatkan algoritma yang menghubungkan kesinaran dengan tahap pencemaran air.

### Pencirian Optik Air

Alur cahaya yang ditujukan ke dalam air, mengalami proses serakan dan serapan dan kemudian keluar semula dari air tersebut membawa bersama-samanya ciri-ciri optik bagi air tersebut. Magnitud serakan, serapan dan pantulan ini bergantung kepada kepekatan bendasing organik dan tak organik yang wujud dalam air [2].

Bagi fenomena serakan umum, biasanya pemalar  $R$  dalam bentuk nisbah kesinaran digunakan. Persamaan yang biasa diterbitkan bagi pengukuran pemalar serakan belakang dan pemalar serapan [5] ialah:

$$R_s(\lambda) = 0.33 \frac{b_{bs}(\lambda)}{a_s(\lambda)} \quad (1)$$

Di mana  $b_{bs}$  ialah pemalar serakan belakang dan  $a_s$  ialah pemalar serapan.

Persamaan pemalar serapan pula diberi oleh:

$$a_i(\lambda) = a_r(\lambda) + a_m(\lambda) \quad (2)$$

Di mana  $a_r(\lambda), a_m(\lambda)$  masing-masing ialah pekali serapan bagi air, pepejal terampai.

Manakala pemalar serakan belakang diberi oleh:

$$b_{bi}(\lambda) = b_{br}(\lambda) + b_{bm}(\lambda) \quad (3)$$

Di sini  $b_{br}(\lambda), b_{bm}(\lambda)$  masing-masing ialah pekali serakan bagi air, dan pepejal terampai. Jika komponen TSS diwakili oleh simbol  $S$  maka persamaan (1) secara umumnya menjadi seperti berikut.

$$R(\lambda) = 0.33 \frac{[(0.5)b_{br}^*(\lambda) + b_{bm}^*(\lambda)S]}{[a_r^*(\lambda) + a_m^*(\lambda)S]} \quad (4)$$

pemalar  $a_s$  dan  $b_{bs}$  akan menjadi pemalar serapan spesifik,  $a^*$  dan pemalar serakan belakang spesifik  $b_b^*$ .

Persamaan (4) diatas boleh ditulis semula bagi suatu jarak gelombang,  $R_1$  seperti disebelah:-

$$R_1 = t \frac{b_{b1}}{a_1 + b_{b1}} \quad (5)$$

Dengan cara yang sama, serakan belakang bagi jarak gelombang kedua  $R_2$  dan ketiga  $R_3$  boleh ditulis seperti berikut:

$$R_2 = t \frac{b_{b2}}{a_2 + b_{b2}} \quad (6)$$

$$R_3 = t \frac{b_{b3}}{a_3 + b_{b3}} \quad (7)$$

dimana  $t$  adalah suatu pemalar manakala  $a$  dan  $b$  adalah masing-masing pemalar serapan dan pemalar serakan bagi setiap jarak gelombang.

Penyelesaian ketiga-tiga persamaan (5),(6) dan (7) secara serentak akan memberikan kepekatan TSS, didalam sebutan  $R_1, R_2$  dan  $R_3$  yang diberikan oleh persamaan dibawah:

$$P = a_0 + a_1 R_1 + a_2 R_2 + a_3 R_3 + a_4 R_1 R_2 + a_5 R_1 R_3 + a_6 R_2 R_3 + a_7 R_1^2 + a_8 R_2^2 + a_9 R_3^2 \quad (8)$$

di mana  $P$  adalah kepekatan TSS;  $a_j$ ,  $j = 0, 1, 2, 3, \dots$  adalah pemalar bagi persamaan (8) yang di tentukan secara empirikal melalui analisa regresi matematik manakala  $R_1, R_2$  dan  $R_3$  adalah nilai serakan yang diperolehi bagi setiap jarak gelombang 1, 2 dan 3.

Persamaan inilah yang digunakan di dalam eksperimen ini bagi membina algoritma serta menganggar kandungan TSS didalam sampel.

## BAHAN DAN KAEDAH

### Kaedah

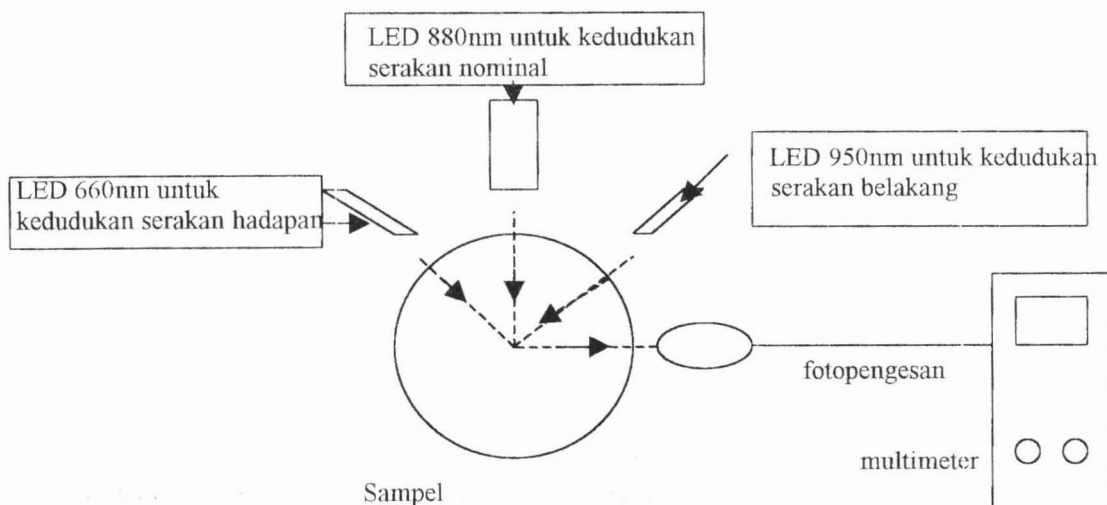
Sampel larutan dikutip dikawasan pencemaran air dan penentuan kepekatan sebenar TSS dilakukan melalui proses konvensional iaitu melalui proses-proses turasan, pembakaran di dalam ketuhar dan timbangan untuk mendapatkan berat kering sebenar partikel tertinggal. Sampel-sampel tersebut dibahagikan kepada dua set di mana set pertama digunakan bagi pembinaan perhubungan algoritma manakala set kedua digunakan bagi pengesahan algoritma tersebut terhadap kepekatan sebenar. Semua sampel disinarkan dengan pemancar LED yang berjarak gelombang 940nm, 880nm dan 660nm dan nilai kesinaran di dalam nilai voltan direkodkan.

### Peralatan Optik

Faktor utama mempengaruhi serakan adalah saiz partikel [3] yang terkandung didalam air tersebut. Zarah bersaiz kecil berbanding jarak gelombang memberikan taburan serakan yang lebih simetri. Apabila saiz zarah bertambah, corak serakan cahaya ditambah lebih kearah depan. Inteferens membina di bahagian depan zarah menyebabkan cahaya terserak depan mempunyai keamatan cahaya yang lebih tinggi berbanding arah lain.

Jarak gelombang sumber cahaya yang digunakan juga mempunyai sambutan terhadap saiz partikel. Menurut Sadar [13], hasil eksperimen makmal menunjukkan jarak gelombang kecil lebih berkesan bagi pengesanan partikel bersaiz kecil manakala jarak gelombang yang lebih besar pula lebih berkesan bagi pengesanan partikel bersaiz besar.

Kedudukan pemancar LED dan fotopengesan yang dicadangkan didalam eksperimen ini berdasarkan rujukan diatas, ditunjukkan didalam Rajah 1 di bawah :

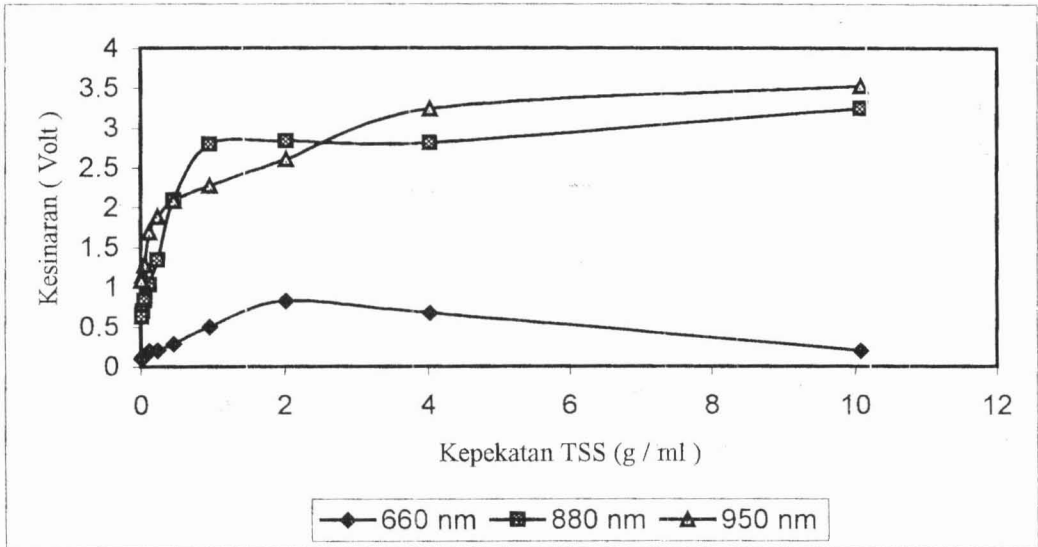


Rajah 1: Peralatan Spektroskopi

LED berjarak gelombang 660nm diletakkan pada kedudukan serakan hadapan bagi mendapatkan kesinaran maksimum serakan partikel halus; LED berjarak gelombang 940nm pula diletakkan pada kedudukan serakan hadapan bagi mendapatkan kesinaran maksimum serakan partikel besar manakala LED berjarak gelombang 880nm diletakkan pada kedudukan serakan nominal bagi mendapatkan kesinaran maksimum serakan partikel sederhana.

### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Nilai kesinaran bagi kepekatan sampel-sampel berlainan yang diukur ditunjukkan dalam Rajah 2 di bawah:

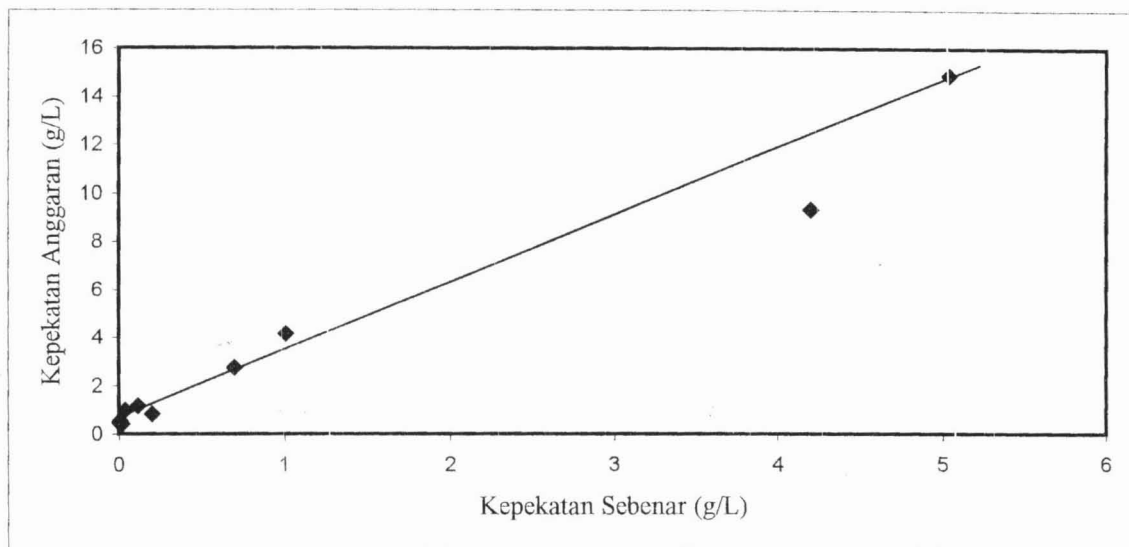


Rajah 2: Perhubungan diantara kesinaran bagi jalur gelombang 950nm, 880nm dan 660nm berbanding kepekatan TSS

Nilai kesinaran yang diperolehi digunakan bagi membina persamaan algoritma yang telah dicadangkan. Persamaan akhir yang diperolehi ditunjukkan di bawah:

$$y = 1.6 + 12.34(R_1) - 6.01(R_2) - 0.36(R_3) + 3.4(R_1R_2) - 8.36(R_1R_3) + 4.49(R_2R_3) - 1.46(R_1^2) - 1.24(R_2^2) - 0.36(R_3^2)$$

Peralatan optik yang telah dicadangkan digunakan semula bagi menganggar kepekatan sampel-sampal air menggunakan persamaan terkalibrasi diatas dan dibandingkan dengan kepekatan sebenar TSS yang telah diketahui. Keputusannya ditunjukkan seperti didalam Rajah 3 dibawah:



Rajah 3: Hubungan di antara nilai anggaran TSS dan nilai pengukuran sebenar

Nilai pekali korelasi yang diperolehi bagi kerja ini ialah 0.98.

### KESIMPULAN

Keputusan bagi pengesahan algoritma terkalibrasi menggunakan peralatan optik tersebut menghasilkan nilai R yang tinggi iaitu 0.98. Peralatan berasaskan algoritma multi spekturm ini boleh dibangunkan bagi kegunaan pemantauan tahap kualiti air melalui penganggaran nilai kandungan TSS. Penggunaan LED juga menunjukkan tindakbalas yang baik serta boleh dicadangkan sebagai alternatif kepada sumber cahaya sedia ada.

### RUJUKAN

1. Battisto, G. M., Friedrichs, C. T., Miller, H. C., Resio, D. T. 1999. Response of OBS to mixed grain-size suspensions during Sandyduck 97. In: Kraus, N.C., McDougal, W. G., (Eds), Coastal Sediments 99: Proceeding of the fourth International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes, American Society of Civil Engineers.
2. Bukata, R. P., Jerome, J. H., Kondratyev, K. Y. and Pozdnyakov, D. 1995. Optical Properties and Remote Sensing Of Inland and Coastal Waters. CRC Press.NY
3. Gibbs, R J., Wolanski, E. 1992. The effect of flocs on optical backscattering measurements of suspended material concentration. *Marine Geology* 107(4): 289-291
4. Green, M. O. and Boon, J. D. 1993. The measurement of constituent concentrations in nonhomogeneous sediment suspensions using optical backscatter sensors. *Marine Geology* 110: 73-81

5. Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R. 1972. A practical handbook of seawater analysis.
6. Jerlov, N. G. 1968. *Optical Oceanography*, Elsevier, Amsterdam.
7. Lynch, J. F., Agrawal, Y. C. 1991. A model-dependent method for inverting vertical profiles of scattering to obtain particle size spectra in boundary layers. *Marine Geology* . 99: 387-401
8. Kirk, J.T. O. 1994. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystem*. Cambridge University Press, New York. 509
9. Morel, A. and Prieur, L. 1977. Analysis of variations in ocean colour. *Limnol. Oceanogr.* 22: 709-922
10. Sadar. MJ. 1999. *Turbidity Science*. Technical Information Series-Booklet. Hach Comapany. Loveland, Colorado.
11. T.J. Petzold,. 1972 "Volume scattering Functions for selected ocean waters," Rep. 72-78. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, Calif.