

## PENGARUH KELEMBAPAN KE ATAS KEKERUHAN ATMOSFERA (II): ANALISIS DATA

MAZLAN OTHMAN

### SINOPSIS

*Pengukuran optik yang dijalankan serentak ke atas kandungan air boleh kerpas dan dalam optik aerosol digunakan untuk menentukan pengaruh kelembapan ke atas kekeruhan atmosfera. Analisis data menunjukkan bahawa satu hubungan yang mudah dan tetap tidak wujud di antara kedua-dua parameter tersebut: sungguhpun apabila kelembapan bertambah, kekeruhan akan turut bertambah dengan penggalakkan proses penggumpalan dan penukleanan, ada kalanya penambahan dalam kelembapan berlaku serentak dengan susutan kekeruhan. Terdapat juga hari-hari di mana kelembapan kelihatan tidak dapat mempengaruhi langsung perubahan pada kekeruhan. Dalam sesuatu hari, lebih daripada satu perhubungan di antara kelembapan dan kekeruhan boleh muncul.*

### SINOPSIS

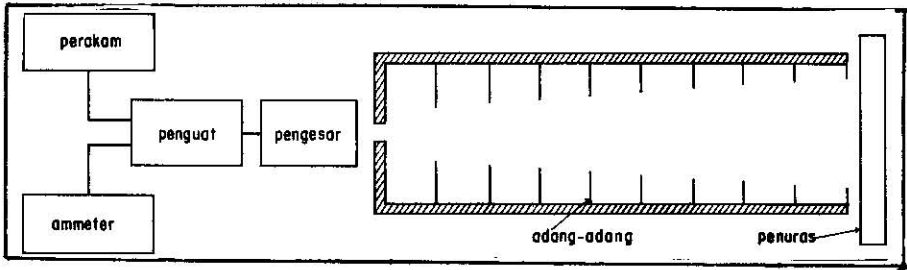
*Simultaneous optical measurements of precipitable water content and aerosol optical depth are used to determine the influence of moisture on atmospheric turbidity. Data analyses reveal that no single consistent relationship exists between the two parameters: while increased moisture content can increase turbidity by encouraging coagulation and nucleation, increasing moisture can sometimes coincide with decreasing turbidity. And, in fact, there are occasions when moisture does not appear to be in any way instrumental in bringing about changes to turbidity. In the one day, more than one relationship between moisture content and turbidity can emerge.*

### PENGENALAN

Kertas I telah membentangkan teori dan kaedah bagi menjalankan pengukuran perubahan kelembapan dan kekeruhan atmosfera dengan menggunakan satu alat yang ringkas. Gambaran terperinci peralatan dan data yang diperolehi daripadanya dihuraikan dalam kertas ini.

### PERALATAN

Penuras-penuras sinaran yang berpusat di  $0.50 \mu\text{m}$ ,  $0.85 \mu\text{m}$  dan  $0.93 \mu\text{m}$  digunakan untuk mengukur sinaran matahari pada panjang gelombang yang dapat menghasilkan data mengenai kepekatan aerosol dan kandungan air boleh kerpas. Sinaran dikolimasikan sebelum sampai ke pengesan yang menghasilkan arus yang berkadar dengan fluks yang sampai ke permukaannya. Arus diamplifikasikan dan diukur dengan ameter (Rajah 1).



RAJAH 1. Skema Peralatan

Alat yang dibentuk dipasangkan ke atas sebuah penjejak suria. Sistem ini memberi rakaman  $F(\lambda)$  secara terus menerus di ketiga-tiga panjang gelombang dengan serentak dari hari ke hari. Cara ini amat memuaskan kerana rekod yang dikumpul tidak terputus dan peredaran awan di antara pengesanan dan matahari dapat dikesan dengan jelas.

Oleh kerana alat yang digambarkan di atas tidak dapat dialih, suatu alat yang boleh dibawa dengan mudah untuk mengukur kekeruhan di tempat-tempat lain juga telah digunakan. Bentuknya ditiru dari rekabentuk fotometer Volz. Skema peralatan yang digunakan adalah lebih kurang sama seperti ditunjukkan pada Rajah 1 tetapi sebagai ganti hanya satu pengesanan dan satu ameter digunakan. Sinaran matahari melalui penuras yang tertentu difokuskan kepada pengesanan bergilir-gilir. Ketiga-tiga bacaan boleh dibuat dalam masa satu atau dua minit dan dengan demikian bacaan-bacaan ini dianggap sebagai diambil serentak.

#### PENENTUKURAN FOTOMETER PADA $0.5 \mu\text{m}$

Plot Bouguer yang dihasilkan untuk setiap hari akan mempunyai cerunan yang berlainan mengikut  $\tau_A$  untuk hari tersebut. Sungguhpun  $\tau_A$  berubah dari hari ke hari mengikut kepekatan aerosol,  $F_0$ , iaitu bacaan fotometer di atas lapisan atmosfera ( $m = 0$ ), adalah tetap. Dengan ini  $F_0$  dapat digunakan untuk menentukur fotometer pada  $0.5 \mu\text{m}$ .

Plot Bouguer yang mempunyai serakan titik data yang kecil (pekali korelasi lebih dari 0.9) diguna untuk menentukan  $F_0$ .  $F_0$  yang dipilih kemudian dibetulkan untuk masa pengukuran dibuat bagi mengambil kira perubahan jarak bumi dari matahari dalam masa satu tahun. Kemudian min dan ralat piawai untuk kesemua  $F_0$  yang telah dibetulkan dihitung. Nilai  $F_0(\text{min})$  yang diperolehi dengan cara ini dapat diguna untuk menentukan  $\tau$  pada ketika pengukuran dijalankan.

**KEPEKATAN AEROSOL YANG BERUBAH DENGAN MASA**

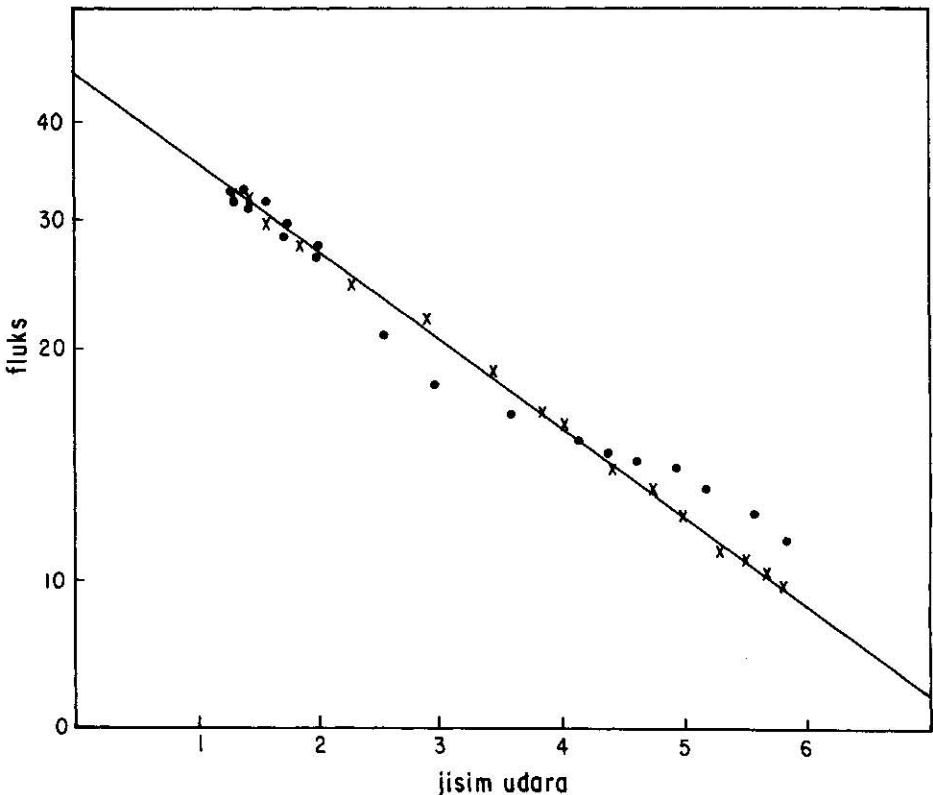
Dalam proses pengukuran, terdapat hari-hari di mana  $\tau$  berubah dengan masa. Kesan perubahan ke atas plot Bouguer dapat diperhatikan dengan jelas dari satu contoh diberi di Rajah 2. Plot seperti ini dibandingkan dengan hari di mana  $\tau$  adalah tetap dalam Rajah yang sama.

Untuk memperoleh dalam optik seketika,  $\tau_n, F_o$  (min) yang telah diperolehi dapat digunakan dengan cara berikut:

$$\tau_n = \frac{\log_e \bar{F}_o - \log_e F \lambda, n}{m_n}$$

di mana  $F \lambda, n$  = fluks matahari di jisim udara  $m_n$  di panjang gelombang  
 $\bar{F}_o = F_o$  (min)

Rajah 3 menunjukkan perubahan  $\tau$  dengan masa memakai cara tersebut di atas. Ralat pada  $\tau_n$  ialah lebih kurang 6%.



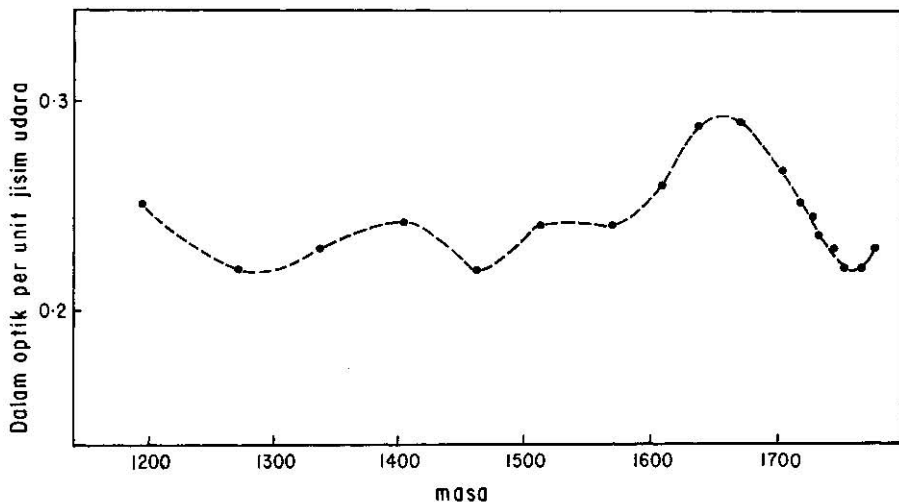
RAJAH 2. Plot Bouguer untuk 12/9/75(x) dan 22/9/75(o)

### PENENTUKURAN HIGROMETER SPEKTRUM

Prinsip penentuan higrometer spektrum telah dijelaskan dalam kertas I. Graf penentuan R lawan  $m_w$  ditunjukkan pada Rajah 4. Lingkungan ini dapat dicirikan dengan persamaan berikut yang telah diperolehi dari regresi linear  $\log_{10}R$  lawan  $\sqrt{m_w}$ :

$$w = \frac{25 \pm 1}{m} \left[ \log_{10} \left( \frac{1.20 \pm 0.03}{R} \right) \right]^2$$

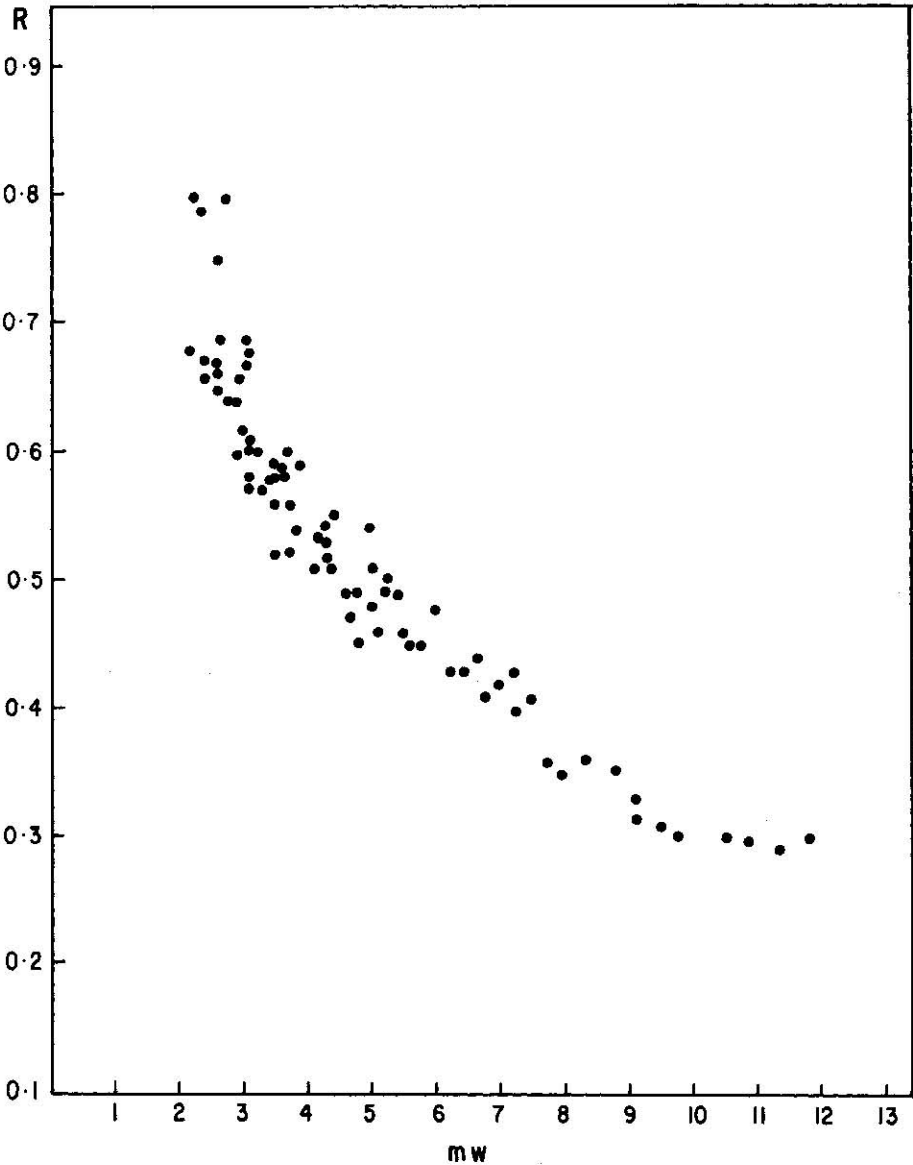
Untuk  $R = 0.5$  ralat untuk  $w$  ialah lebih kurang 10%.



RAJAH 3. Perubahan dalam Optik dengan Masa

#### RALAT PENENTUKURAN

Penentuan serapan relatif individu mengguna higrometer spektrum mewakili wap air di jejak optik pada waktu pengukuran. Tetapi ini tidak bererti bahawa jumlah kandungan wap air untuk atmosfera dalam arah tegak yang dideduksikan adalah yang sebenarnya kecuali lapisan wap air tertabur secara mengufuk dan seragam. Taburan yang tidak seragam akan menimbulkan ralat pada  $w$  yang dideduksikan.



RAJAH 4 Lingkungan Tentukan untuk Higrometer Spektrum

Ralat juga terbit daripada data radiosonde yang diguna. Ralat keseluruhan yang disebabkan oleh:

- a/ ketakpastian higristor pada suhu rendah
- b/ susulan respons, dan
- c/ pensampelan

ialah lebih kurang 15% apabila kandungan air yang boleh kerpas dihitung mengguna perhampiran trapezoid (Barry, 1966). Ketakpastian-ketakpastian tersebut menyebabkan serakan berlaku pada lingkungan tentukuran.

Ralat juga mungkin timbul daripada kehadiran cecair air yang wujud dalam bentuk titis-titis kecil di atmosfera yang mungkin akan menyerap pada beberapa panjang gelombang yang digunakan. Kesan titis-titis cecair ini ke atas pengukuran  $w$  boleh dipertimbangkan dengan menggunakan dua kaedah. Kita andaikan bahawa aerosol di udara mempunyai taburan saiz yang sama dengan kabus jenis M (jenis "Marine") (Deirmendjian, 1969) dan semata-mata terdiri daripada titisan air.

*Ralat dari Kehadiran Cecair Air.* Perhitungan pertama adalah seperti berikut: kandungan cecair dalam kabus M ialah  $5 \times 10^{-5} \text{ gm}^{-3}$  (Deirmendjian, 1969). Oleh itu, 1 meter jejak sinaran melalui kabut cecair tersebut ialah sama dengan jejak melalui  $W = 5 \times 10^{-5} \times 10^{-6}$  meter air tulin yang berada dalam lapisan mengufuk. Pekali serapan air pukal berkesan,  $K$ , ialah  $a(\lambda)W$  di mana  $a(\lambda)$  ialah pekali serapan untuk air pada panjang gelombang  $\lambda$ . Nilai  $K$  untuk beberapa panjang gelombang di mana  $a(\lambda)$  diketahui (Hale dan Querry, 1973) dibentangkan dalam Jadual 1.

JADUAL 1.

$\lambda$ / $\mu\text{m}$	$\beta_{\text{ser}}$ ( $\text{km}^{-1}$ )	$K$ ( $\text{km}^{-1}$ )
0.45	0	0
0.70	0	0
1.19	$9 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$
1.45	$2 \times 10^{-4}$	$1.3 \times 10^{-4}$
1.61	0	0
1.94	$8 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$

Perhitungan kedua dijalankan dengan menggunakan teori Mie yang berkaitan dengan siberan cahaya daripada zarah-zarah yang menyerap. Pekali pemupusan isipadu untuk serapan,  $\beta_{\text{ser}}$ , boleh diungkapkan seperti berikut:

$$\beta_{\text{ser}} = \int Q_{\text{ser}} \pi r^2 dN(r)$$

di mana  $Q_{\text{ser}}$  = faktor kecekapan menyerap.

$r$  = jejari zarah

$dN(r)$  = bilangan zarah yang mempunyai jejari di antara  $r$  dan  $(r + dr)$  per unit isipadu.

Pekali jumlah pemupusan telah dihitung oleh Deirmendjian (1969) daripada mana  $\beta_{\text{ser}}$  boleh dideduksikan. Hasil perhitungan tersebut dibentangkan dalam Jadual 1.

Kedua-dua perhitungan ini menunjukkan bahawa serapan oleh cecair air di atmosfera pada panjang gelombang berhampiran dengan 0.88 dan 0.93  $\mu\text{m}$  adalah kecil dan boleh diabaikan. Kabus jenis L (Los Angeles) menghasilkan  $\beta_{\text{ser}}$  yang mempunyai nilai-nilai yang lebih kurang sama sementara kabus jenis H (Haze) menghasilkan nilai-nilai yang dikurangkan dengan faktor sepuluh.

Apabila kabut atau awan menghindari cahaya matahari  $\beta_{\text{ser}}$  akan bertambah. Kesan awan dipertimbangkan dalam perenggan-perenggan berikut.

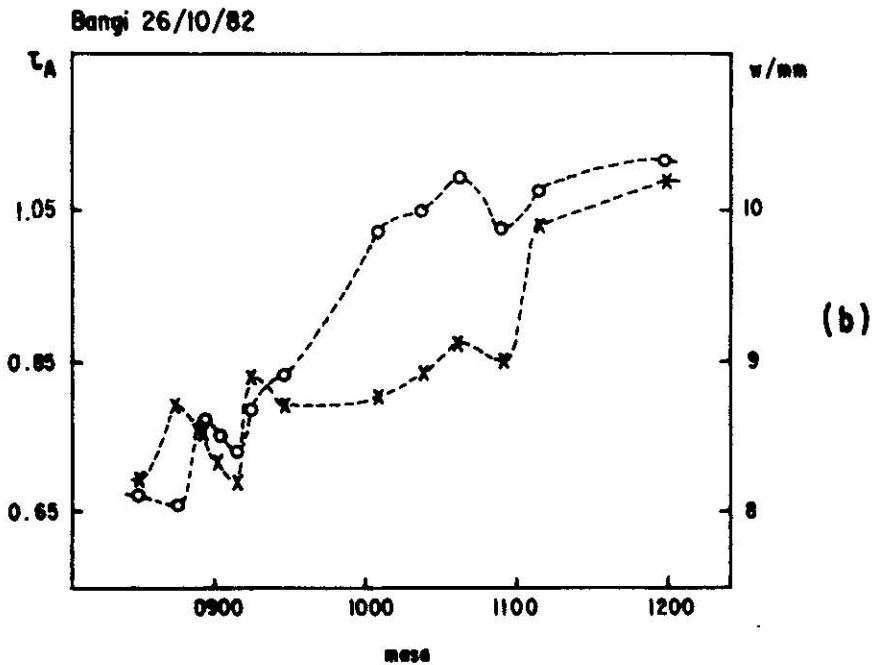
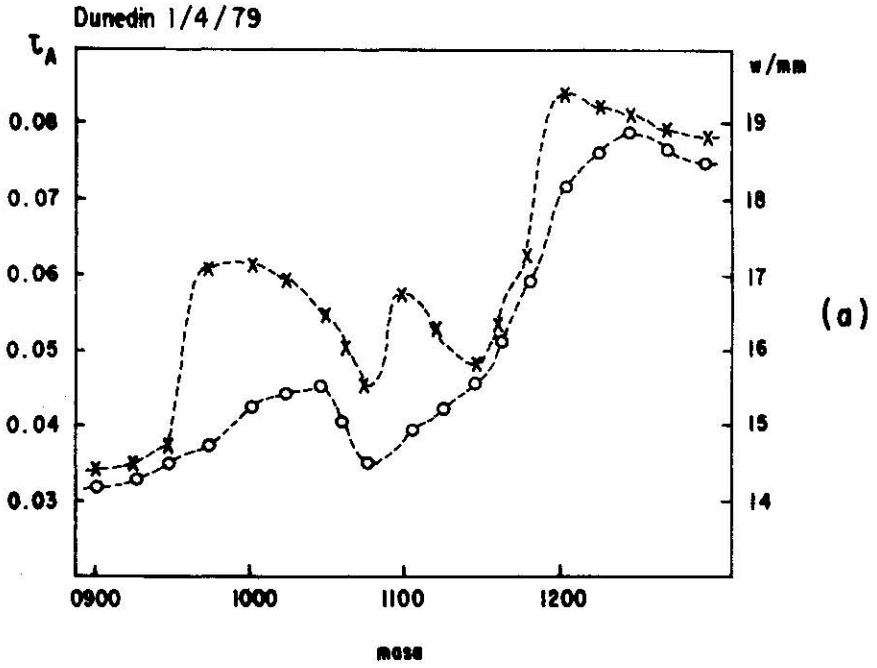
*Kesan Aerosol dan Awan Ke atas Pengukuran.* Kesan asap, debu, kabus dan awan ke atas sinaran matahari adalah besar. Tetapi mekanisme pemupusan cahaya yang berlaku adalah pada asasnya lebih kurang sama di bahagian spektrum inframerah berhampiran dengan jalur di mana higrometer spektrum dikendalikan. Dengan ini nisbah serapan yang diperolehi daripada higrometer dapat dianggap mewakili pengukuran wap air yang terkandung dalam jejak optik di atmosfera dan tidak bergantung kepada anggutan keamatan cahaya secara keseluruhan disebabkan awan dan lain-lain.

Namun demikian ini tidak bererti bahawa pengukuran sewaktu awan berada di hadapan matahari harus digalakkan kerana keamatan sinaran matahari yang rendah akan menjejaskan kepekaan alat dan menimbulkan ralat yang besar pada  $w$  yang dideduksikan.

#### PENGARUH KELEMBAPAN KE ATAS KEKERUHAN

Beberapa ciri-ciri perubahan kepekatan aerosol dengan kandungan air boleh kerpas telah dicerap. Kebanyakan data yang diperolehi menunjukkan  $\tau_A$  dan  $w$  berubah dengan cara yang sama. Rajah 5 menunjukkan perubahan  $\tau_A$  dan  $w$  untuk hari yang mencontohi kelakuan ini. Kelembapan di atmosfera menggalakkan penggumpalan dan penukleaan. Proses-proses ini menyebabkan zarahah kecil seperti nukleus Aitken yang pada asalnya mempunyai keratan lintang siberan yang kecil pada julat panjang gelombang boleh dilihat bertukar menjadi lebih cekap menyibar sinaran. Apabila bilangan zarahah besar bertambah kekeruhan atmosfera dan seterusnya  $\tau_A$  yang diukur akan bertambah. Ini boleh menerangkan mengapa penambahan dalam  $w$  diiringi oleh pertukaran yang sepadan dengan nilai  $\tau_A$ .

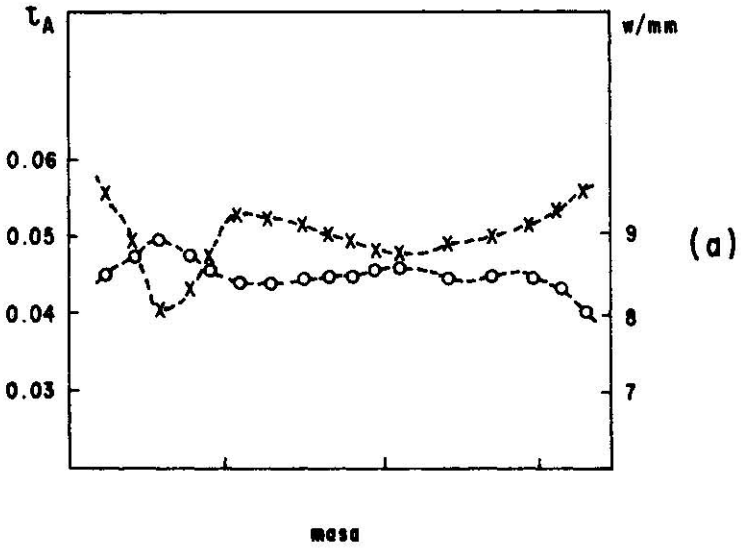
Ada beberapa hari di mana  $\tau_A$  kelihatan berubah secara songsang dengan  $w$  (Rajah 6). Kelakuan seperti ini tidak dapat diterangkan daripada pengetahuan semasa tentang aspek-aspek proses fizis yang berlaku di atmosfera.



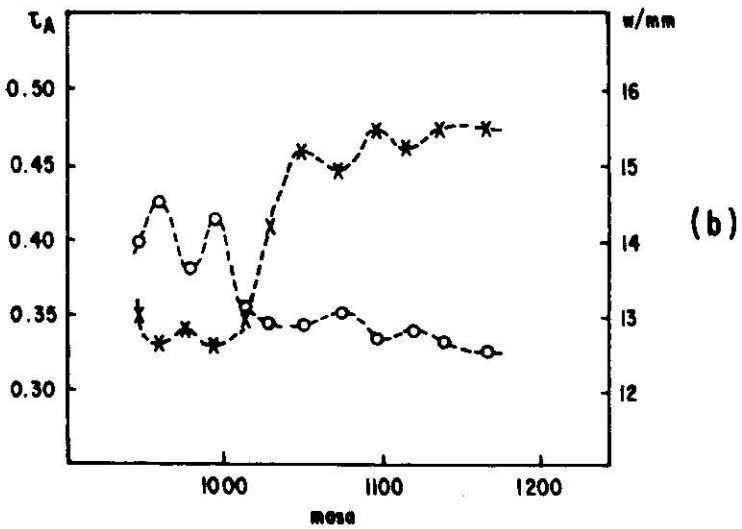
RAJAH 5. Perubahan  $\tau_A(x)$  dan  $w(\cdot)$  dengan masa



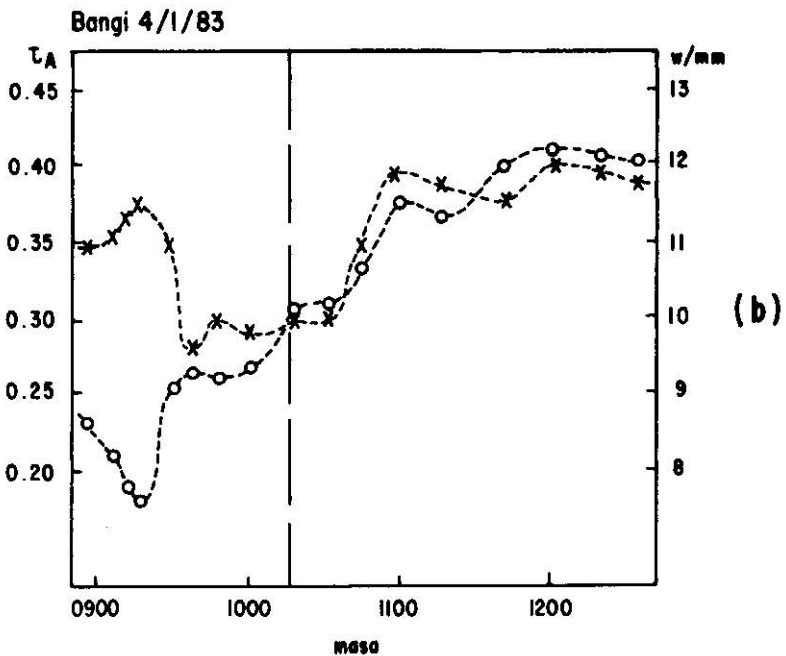
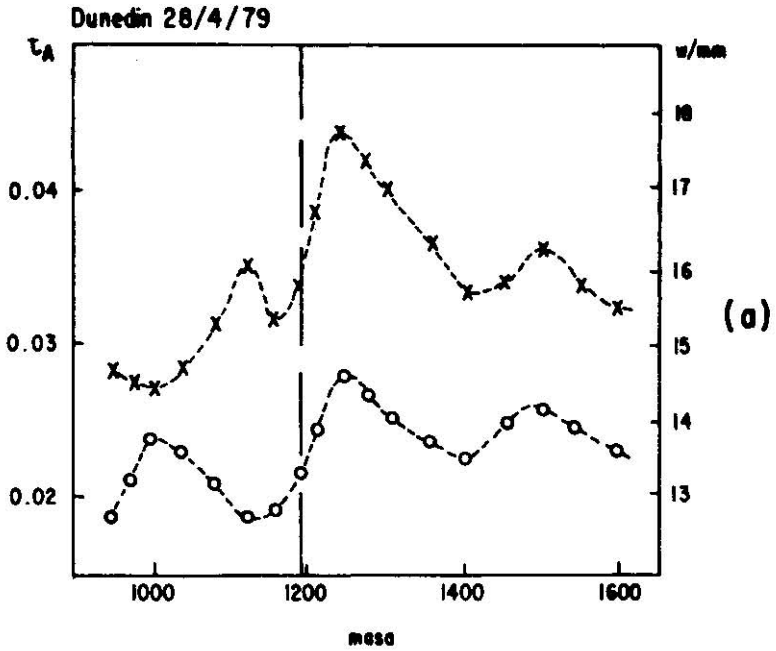
Dunedin 20/7/79



Bangi 10/12/82



RAJAH 6. Perubahan  $\tau_A(x)$  dan  $w(\cdot)$  dengan masa



RAJAH 7. Perubahan  $\tau_A(x)$  dan  $w(\cdot)$  dengan masa

Kita cuba anggapkan bahawa kelakuan yang dicerap adalah timbul daripada ralat dalam pengukuran yang disebabkan oleh kehadiran awan. Apabila ada awan yang tidak dapat dilihat semasa pengukuran dijalankan maka pemupusan bagi kesemua panjang gelombang akan bertambah.  $\tau_A$  akan kelihatan bertambah tetapi oleh kerana awan menyebabkan atmosfera kelihatan lebih lembap oleh pengesanan maka  $w$  juga akan bertambah, tidak berkurang. Justeru itu, alasan ini tidak dapat menerangkan pencerapan.

Kita cuba pula menganggapkan bahawa ralat dalam pengukuran timbul dari zarahah yang wujud di atmosfera. Jika kepekatan zarahah adalah tinggi maka mungkin andaian yang dibuat bahawa sbaran aerosol pada panjang gelombang 0.88 dan 0.93  $\mu\text{m}$  itu sama adalah tidak benar. Dengan ini nisbah fluks pada 0.93  $\mu\text{m}$  kepada fluks di 0.88  $\mu\text{m}$  menjadi lebih besar kerana sbaran yang berlaku pada 0.88  $\mu\text{m}$  bertambah menyebabkan fluksnya menjadi kurang. Apabila rujukan dibuat kepada graf tentukan,  $w$  yang dideduksikan mengambil nilai yang lebih rendah daripada nilai yang sebenarnya. Maka  $\tau_A$  akan kelihatan bertambah sementara  $w$  kelihatan berkurang sungguh pun pada keadaan sebenarnya  $w$  tidak berkurangan. Oleh yang demikian kelakuan pergantungan songsang akan dicerap.

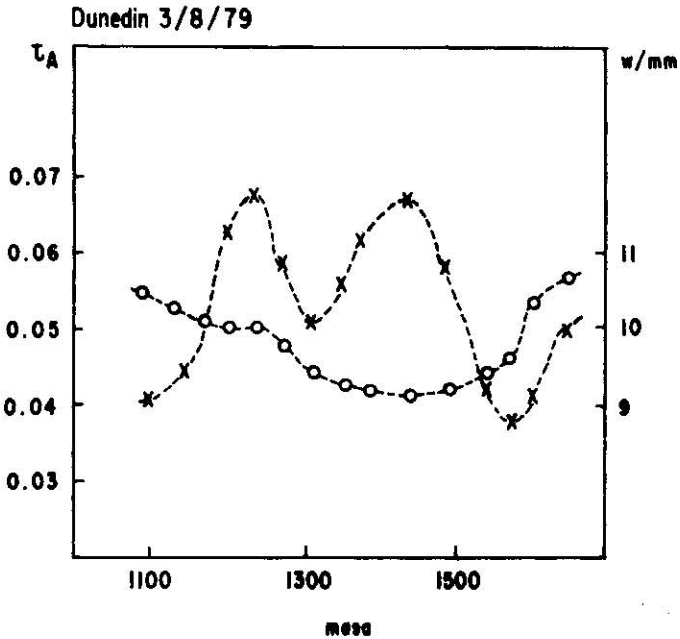
Keterangan ini dapat menjelaskan kelakuan songsang jika kepekatan zarahah tinggi. Tetapi Rajah 6(a) menunjukkan kelakuan yang sama untuk kepekatan aerosol yang rendah seperti yang terdapat di Dunedin, New Zealand. Dengan ini kita terpaksa menyimpulkan bahawa pergantungan songsang benar-benar berlaku sungguh pun keterangannya belum diketahui.

Rajah 7 menunjukkan hari di mana tiada terdapat satu korelasi yang tetap di antara  $\tau_A$  dan  $w$  untuk seluruh masa pengukuran dijalankan. Untuk beberapa jam pertama  $\tau_A$  dan  $w$  berubah secara songsang tetapi kemudian mereka berubah secara seragam pula. Ada pula hari di mana sebarang korelasi tidak dapat dilihat langsung (Rajah 8).

#### KESIMPULAN

Pengukuran telah menunjukkan bahawa tambahan kelembapan boleh menaikkan kekeruhan atmosfera tetapi pencerapan telah mendedahkan bahawa tambahan ini boleh juga berlaku serentak dengan susutan kekeruhan. Ada kalanya kelembapan kelihatan tidak dapat mempengaruhi langsung perubahan kekeruhan. Dalam sesuatu hari, didapati bahawa lebih daripada satu perhubungan di antara kelembapan dan kekeruhan boleh muncul.

Nyata bahawa kesimpulan yang mudah tidak dapat dibuat mengenai pengaruh kelembapan ke atas kekeruhan atmosfera. Ini tidaklah menghairankan jika diambilkira bahawa wujud banyak parameter lain yang dapat mengurangkan atau menaikkan kekeruhan. Semua proses-proses yang berlaku di atmosfera terikat dengan cara yang rumit sekali. Maka dengan ini kesemua faktor perlu diketahui sebelum kesan kelembapan ke atas kekeruhan boleh diasingkan.



RAJAH 8. Perubahan  $\tau_A(x)$  dan  $w(.)$  dengan masa

#### PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada Puan Christine Anna Bates untuk sebahagian daripada data yang dibentangkan dan suami saya Salehuddin Abdullah kerana melukis rajah-rajah.

#### RUJUKAN

- Barry, R.G. (1966). "Meteorological Aspects of the glacial history of Labrador-Ungava with special reference to atmospheric vapour transport" *Geographical Bulletin*, 8, 319.
- Deirmendjian, D. (1969). *Electromagnetic Scattering on Spherical Polydispersions*. American Elsevier Pub. Co. NY, 75 - 119.
- Hale, M.H., Query M.R. (1973). "Optical Constant of Water in the 200 nm to 200 um Wavelength Region" *Applied Optics* 12, 555.