



## PENELITIAN PENGARUH AEROSOL TERHADAP KEJELAS PANDANGAN DENGAN MINI LIDAR PADA $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$

Oleh Ir. Chunaeni Latief  
Ka. Kelompok Penelitian Fisika  
Atmosfer dan Antariksa

### RINGKASAN

Polutan di atmosfer khususnya aerosol (partikulat) berpengaruh terhadap penjalaran cahaya, dapat berakibat berubahnya kejelas pandangan terhadap suatu obyek. Dalam makalah ini disajikan sekilas penelitian konsentrasi partikel di atmosfer dan pengaruhnya terhadap kejelas pandangan pada jarak penelusuran 700 m - 950 m, dengan menggunakan Mini Lidar pada  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ . Pengambilan data pada 900 m dengan variasi sudut elevasi  $3,51^\circ - 7,03^\circ$  dan azimut  $68,90^\circ - 84,37^\circ$ . Hasil pengukuran pada konsentrasi terendah  $197,079628 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kejelas pandangan 22,743 km dan konsentrasi tertinggi  $3195,9384 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kejelas pandangan 1,4080 km.

### 1. PENDAHULUAN

Campuran partikel di atmosfer mengandung berbagai fenomena. Salah satu diantaranya berpengaruh terhadap penjalaran gelombang elektromagnetik. Timbul dampak optik di atmosfer diantaranya adanya perubahan kejelas pandangan (visibility), kewarnaan serta adanya ekstingsing baik hamburan, absorpsi atau penerusan.

Kebanyakan, pandangan dinikmati dalam perbedaan terang dan warna cahaya yang ada pada obyek, sehingga memberikan keindahan dan kejelas pandangan. Larcom mengutarakan "Cahaya dalam bayangan dan bayangan dalam cahaya serta hitam dalam birunya langit". Ungkapan ini mengandung fenomena kondisi atmosfer dengan kandungan aerosol, gas maupun yang ada di dalamnya.

Aerosol juga merupakan media reaksi untuk gas-gas polutan, inti pengendapan, pembawa bahan-bahan polutan ke lingkungan baik manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan.

Kumpulan Kertas Kerja Kollokium 1986/1987

E.D. Hinkley menjelaskan bahwa aerosol atau partikel di troposfer komposisinya beraneka ragam mulai dari partikel padat yang melayang seperti : sulfat, nitrat, abu. Sedang aerosol cair seperti : sulfur, asam nitrat, garam-garaman dan sebagainya. Kadang kala ada partikel padat yang diselubungi cairan.

Aerosol di daerah stratosfer lebih dikenal lapisan "Junge aerosol", berada di sekitar ketinggian 20 km. Demikian juga debu-debu letusan gunung dapat menempati daerah troposfer seperti : gunung Agung (1963), Krakatau debunya sampai ketinggian 80 km.

Diameter aerosol yang melayang ini secara normal dalam keadaan masa tunak (steady state) antara  $0,01 \mu\text{m} - 20 \mu\text{m}^3$ . Batasan ini dikarenakan sifat alami, dimana batas bawah cenderung karena proses penggumpalan sedang batas atas karena gravitasi.

Pada percobaan ini akan ditelusuri partikel-partikel atau aerosol di atmosfer pada ketinggian tertentu, untuk mengetahui pengaruh maupun perubahan-perubahan terhadap kejelas pandangan.

### 1.1 Latar Belakang.

Dalam hal cahaya sang surya diserap aerosol atau kabut, gambaran benda secara relung-relung tidak tampak, sehingga mengurangi keindahan warna. Dengan demikian kekontrasan akan berkurang dan benda akan sulit dikenali secara wajar.

Bertambahnya konsentrasi aerosol menyebabkan berubahnya kejelas pandangan dan sulit untuk menduga jarak suatu obyek. Implikasi aerosol berpengaruh terhadap transportasi baik darat maupun udara terlebih di sekitar bandar udara yang memerlukan keselamatan tinggi.

Perubahan kejelas pandangan merupakan suatu gejala (symtom) dari polusi yang dapat ditelusuri dari hamburan belakang, demikian juga menunjukkan banyaknya aerosol yang terkandung.

Pelemahan kekontrasan adalah penilaian subyektif dari kejelas pandangan pada siang hari. Koschmeinder (1924) telah mengetengahkan peristiwa kejelas pandangan. Dalam pengukuran aerosol dengan Lidar diberikan kejelas pandangan sebagai pembanding secara subyektif oleh

operator. Oleh karena itu hasil-hasil pengukuran hamburan belakang perlu dilakukan kalibrasi awal dari latar belakang dan patokan jarak terlihat, agar kecil kemelesetannya.

### 1.2 Maksud dan Tujuan.

Dalam makalah ini dimaksudkan mencari keragaman hamburan belakang, dari pemberian informasi subyektif kejelas pandangan pada pengukuran aerosol. Dengan harapan kelakuan aerosol dapat diduga selama pengukuran, serta dapat diduga kemungkinan-kemungkinan penjalaran aerosol di udara.

Tujuan akhir dapat diperkirakan kejelas pandangan di suatu tempat yang dilalui aerosol, melalui pengukuran balik dari hamburan belakang, kejelas pandangan dan konsentrasi.

### 1.3 Pendekatan, Ruang Lingkup dan Metode Penelitian.

Penelusuran yang bervariasi, tentu akan memberi banyak masukan tentang hamburan belakang. Dari sini untuk mengetahui kejelas pandangan dengan pengukuran, diambil beberapa pendekatan selama pengukuran dengan lidar diantaranya :

- i. Kejelas pandangan sebagai data masukan lidar diberikan secara subyektif, dilakukan oleh 3 orang secara kesepakatan. Dengan pengambilan patokan obyek lebih dahulu.
- ii. Kejelas pandangan selama satu pengukuran ( $\pm 50$  detik 10 penyalaan laser) tidak berubah.
- iii. Kecepatan angin selama satu pengukuran ( $\pm 50$  detik, 10 penyalaan laser) tidak berubah.
- iv. Kecepatan angin pada daerah penelitian (jarak 600 - 900 meter dari lidar) sama dengan daerah pengukuran.
- v. Derau elektronik selama pengukuran tetap dengan cara pengkondisian ruangan.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan Lidar (light detection and ranging), menggunakan sumber cahaya laser Nd : glass,  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ .

Ruang lingkup bahasan adalah :

- a. Pengukuran dengan Lidar.
- b. Hamburan belakang cahaya laser dari Lidar.

- c. Diketengahkan perolehan kejelas pandangan secara teoritik dan pengukuran dari pendekatan-pendekatan tersebut di atas.

Untuk penelusuran hamburan belakang dilakukan secara berkesinambungan dan berselang, agar didapat keragaman hamburan dan perbandingan kejelas pandangan pada kondisi yang berbeda. Cara ini dilakukan untuk mendapatkan hasil optimal dengan metode analisis eksperimental dan komparatif.

#### 1.4 Langkah Analisis.

Dari data-data hamburan belakang dan konsentrasi partikel, secara kuantitatif dicari bentuk-bentuk konsentrasi terhadap visibilitas (hasil subyektif). Selanjutnya atas dasar ketentuan Kochsmeinder dihitung perolehan kejelas pandangan.

Secara umum diambil data-data disekitar pengukuran pada jarak tertentu (700 m - 900 m), agar analisis mudah dilakukan dengan karakter ruang yang homogen.

## 2. PRINSIP TEORI

Cahaya laser yang menjalar di atmosfer akan mengalami peristiwa hamburan yang tergantung pada panjang gelombang atau frekuensi, energi yang dipunyai dan atmosfer yang melatar belakanginya.

Walaupun langit cerah dilihat mata, adakalanya atmosfer memberikan isyarat lain, karena ada aerosol. Demikian sehingga kejelas pandangan akan tidak sama dengan alat ukur karena berbeda kepekaan terhadap warna cahaya yang masuk dari atmosfer.

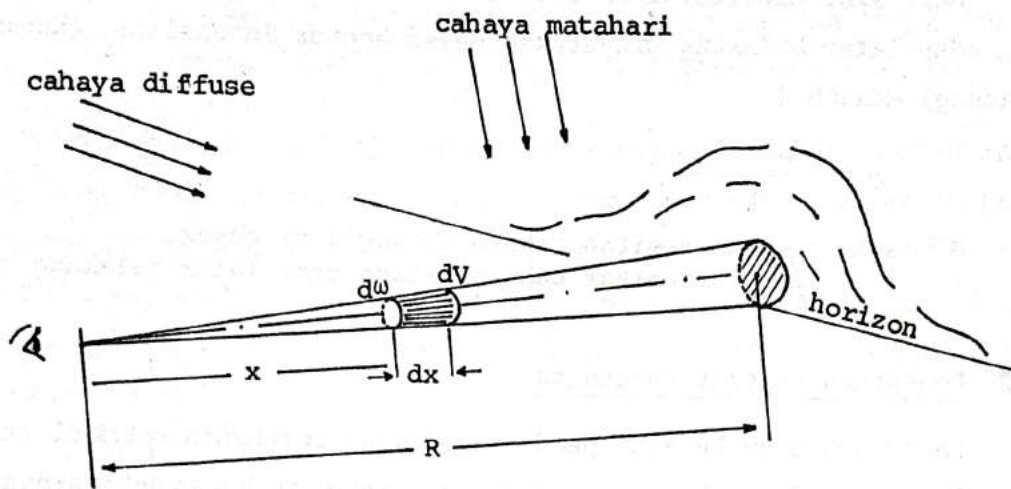
Suatu pengaruh latar belakang dalam pengamatan benda terukur, kadang kala memberikan kemelesetan data, karena diambil patokan subyektif pengamat. Dalam kasus pengukuran, lidar juga diberikan masukan patokan kejelas pandangan manusia (pengamat) pada  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ . Hal ini diambil karena mata manusia mempunyai tanggap tertinggi pada  $\lambda$  tersebut, sedangkan pada pengukuran menggunakan  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ .

### 2.1 Kekontrasan.

Suatu obyek yang dapat dibedakan secara nyata dengan sekitarnya terhadap terang dan warnanya dari berbagai bagian dalam medan pandang,

hal ini disebut kontras.

Kontras sangat penting dalam menentukan kejelas pandangan. Ada hubungan kekontrasan dengan kejelas pandangan (visibilitas) dan dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.1 :

Pandangan mata terhadap suatu obyek dengan informasi balik.

Pada elemen volume  $dV$  (lihat gambar 2.1) akan terdapat intensitas elemen sebesar,

$$dI = dV\beta \quad (2-1a)$$

$$\text{atau } dI = d\omega x^2 \beta dx \quad (2-1b)$$

di mana  $\beta$  adalah hamburan belakang volumetris.

Dengan adanya elemen intensitas, maka di pengamat akan didapat kuat cahaya penerangan,

$$d_E = dIx^{-2} \exp(-\beta x) \quad (2-2)$$

Daya cahaya yang dipancarkan oleh elemen  $dV$  adalah :

$$d_{Q_0} = \left( \frac{dI}{d\omega} \right) x^{-2} \exp(-\beta x) \quad (2-3)$$

dari persamaan (2-1b) dan (2-3) didapat ,

$$d_{Q_0} = \beta \exp(-\beta x) dx \quad (2-4)$$

Jika pengamat diantara  $x = 0$  sampai  $x = R$ , maka dengan acuan latar belakang terang horizon  $Q_h$  didapat,

$$Q_0 = Q_h [1 - \exp(-\beta R)] \quad (2-5)$$

Interpretasi, jika obyek dekat sekali dengan pengamat  $R \approx 0$ , daya cahayanya ( $Q_0$ ) obyek juga = 0. Apabila R membesar,  $Q_0$  juga besar dan suatu ketika pada  $R = \infty$ ,  $Q_0 = Q_h$  yang berarti terangnya obyek sama dengan terangnya horizon, inilah terang maksimum obyek yang didapat.

Dari sini didefinisikan secara sederhana bahwa kekontrasan obyek terhadap latar belakang dinyatakan dalam bentuk intensitas, (karena sudut pandang) adalah :

$$C = \frac{I_o - I_b}{I_b} \quad (2-6)$$

di mana  $I_o$  = intensitas cahaya datang dari obyek,  
 $I_b$  = intensitas cahaya datang dari latar belakang obyek.

## 2.2 Penentuan Kejelas Pandangan

Dasar hubungan kejelas pandangan dengan perubahan optik di atmosfer, timbul karena adanya kekontrasan benda terukur terhadap sekitarnya (latar belakang), baik warna maupun kecerlangan. Kontras ini akan tereduksi jika banyak aerosol diantara obyek dan pengamat, yang dapat menimbulkan hamburan belakang (back scattering).

Lazimnya, dalam pengukuran prinsip hamburan belakang diambil pendekatan tidak terjadi hamburan belakang ganda, atau hanya terjadi hamburan belakang elastis, sehingga kekontrasan dan kejelas pandangan dapat dianalisis. Dari gambar 2.1 dapat dinyatakan bahwa kekontrasan dari obyek kelabu ideal (lihat persamaan 2-5) adalah :

$$C = - \exp (-\beta R) \quad (2-7)$$

atau persamaan 2-7 dapat diselesaikan

$$\ln C = -\beta R \quad (2-8)$$

Duntley (1984) dan Middleton (1952) menulis kekontrasan yang tidak dapat dipisah dari dua obyek yang mirip diambil dari persamaan (2-6) adalah :

$$C_o = \frac{I_o - I'_o}{I'_o} \quad (2-9)$$

di mana  $I_o$  dan  $I'_o$  intensitas obyek yang sulit dibedakan dan dekat.

Pada obyek yang sama tetapi jarak jauh R, maka :

$$C_R = \frac{I_R - I'_R}{I'_R} \quad (2-10)$$

di mana  $I_R$  dan  $I'_R$  intensitas dua obyek yang sulit dipisahkan dengan jarak  $R$  dan saling berdekatan.

Dengan demikian pengamat melihat (dari persamaan 2-7, 2-9 dan 2-10) didapat :

$$C_R = C_0 \frac{I'_0}{I'_R} \exp(-\beta R) \quad (2-11)$$

Penyelesaian lebih lanjut dilakukan dengan cara : tentukan pada pandangan (garis) horizontal di mana  $I'_0$  dan  $I'_R$  mewakili latar belakang atau benda pembanding kedua dari obyek pada jarak 0 dan  $R$ . Dan karena latar belakang didekati sama dengan keadaan langit di mana  $I''_0 = I''_R = \text{konstan}$ , sehingga  $I'_0 / I'_R = 1$ . Jadi persamaan 2-11 akan sama bentuknya dengan persamaan 2-8 adalah :

$$\ln C_R = -\beta R \quad (2-12)$$

Karena  $R$  ini merupakan jarak kejelasan mata memandang dalam membedakan obyek dengan latar belakang yang membentuk kekontrasan, maka secara umum persamaan 2-12 dapat ditulis <sup>2,3)</sup>,

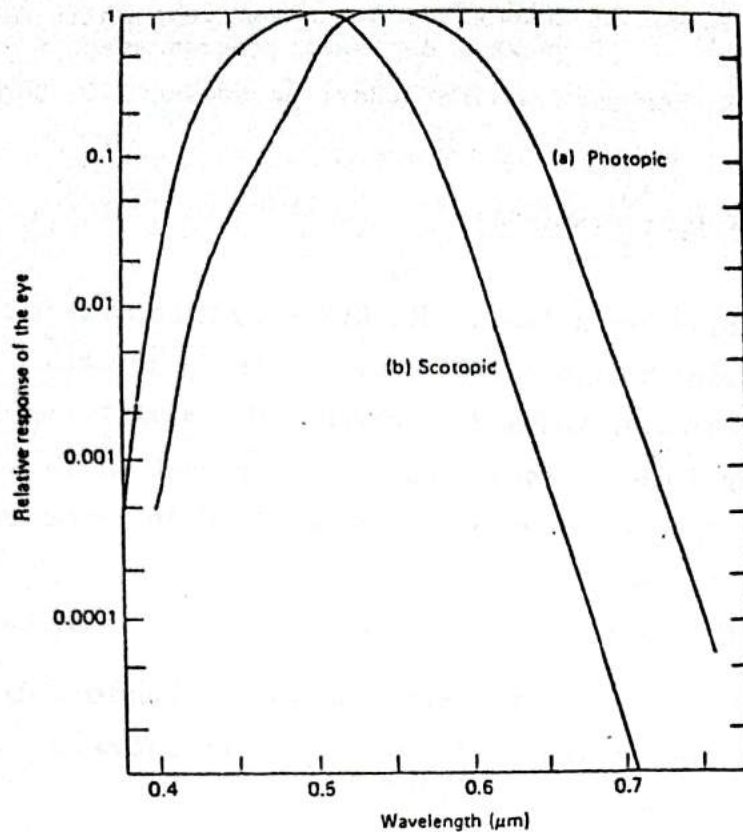
$$R_{\text{pandang}} = \frac{1}{\beta_{\text{eks}}} \ln \frac{C^*}{\epsilon} \quad (2-13)$$

di mana  $\epsilon$  = faktor ambang kekontrasan dalam jarak pandang,

$C^*$  = satu satuan kekontrasan dan

$\beta_{\text{eks}}$  = hamburan belakang volumetris dari koefisien ekstingsing.

Blackwell (1946), melakukan percobaan untuk mendapatkan  $\epsilon$  dari kejelas pandangan dengan patokan  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ .



Gambar 2.2.:

Tanggap mata terhadap panjang gelombang,  
untuk menentukan kejelas pandangan.

Untuk target kelabu, Mc. Cartney (1976) memberikan harga  $\epsilon = 0,02$  dan Hidy menyatakan bahwa  $[C^*/\epsilon] = 1/0,02$  sehingga persamaan 2.13 dapat ditulis

$$R_{pan} = \frac{1}{\beta_{eks}} \ln \frac{1}{0,02} = \frac{3,912}{\beta_{eks}}$$

$$\text{atau } R_{pan} = \frac{3,912}{\beta_{eks}} \quad (2-14)$$

Pernyataan ini mengacu terhadap penglihatan mata, di mana mempunyai kepekaan yang paling tinggi adalah pada  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ .

Huschke (1959) telah mencoba memvisualisasikan tanggap kejelas pandangan untuk mata normal pada siang hari (lihat gambar 2.2). Sedang Hulburt (1941) memberikan beberapa ancer-ancer dari kejelas pandangan di atmosfer untuk kondisi cuaca yang berbeda (lihat tabel 2.1).



Tabel 2.1 :

Kode kejelas pandangan internasional dari Hulburt.

Code no.	Weather condition	Meteorological range, $R_m$		Scattering coefficient, $\beta_m$ ( $\text{km}^{-1}$ )
		metric	English	
0	Dense fog	< 50 m	< 50 yd	> 78.2
1	Thick fog	50 m	50 yd	78.2
		200 m	219 yd	19.6
2	Moderate fog	200 m	219 yd	19.6
		500 m	547 yd	7.82
3	Light fog	500 m	547 yd	7.82
		1000 m	1095 yd	3.91
4	Thin fog	1 km	1095 yd	3.91
		2 km	1.1 nmi	1.96
5	Haze	2 km	1.1 nmi	1.96
		4 km	2.2 nmi	0.954
6	Light haze	4 km	2.2 nmi	0.954
		10 km	5.4 nmi	0.391
7	Clear	10 km	5.4 nmi	0.391
		20 km	11 nmi	0.196
8	Very clear	20 km	11 nmi	0.196
		50 km	27 nmi	0.078
9	Exceptionally clear	> 50 km	> 27 nmi	0.078
—	Pure air	277 km	149 nmi	0.0141 ( $\beta_m$ )

Source: Hulburt (1941).

Dengan ketentuan ketajaman pandangan ini, Hidy (1984), Collis dan Russel (1976)<sup>3)</sup> memberikan ketentuan umum, untuk deteksi lidar dari dasar koefisien ekstingsing adalah :

$$R_p = \frac{3,912}{\alpha} \left( \frac{0,55}{\lambda_{[\mu\text{m}]}} \right)^q \quad (2-14)$$

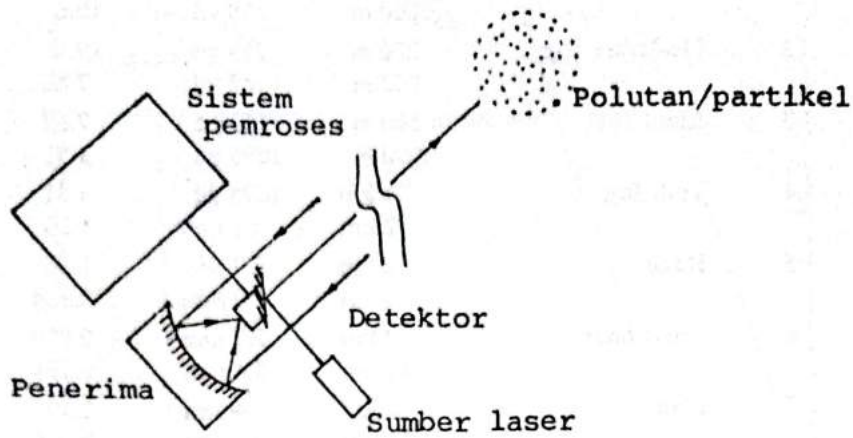
di mana  $q$  = faktor keadaan atmosfer,  
 $\alpha$  = koefisien ekstingsing [ $\text{m}^{-1}$ ]

Woodman (1974) dari percobaan, memberikan nilai  $q$  antara 0,02 sampai 2,3. Sedangkan Collis dan Russel (1976) memberikan untuk keadaan umum kondisi atmosfer rata-rata  $q = 1,3$ , tetapi untuk daerah merah infra 2 - 20  $\mu\text{m}$ , nilai  $q$  biasanya di bawah estimasi pelemahan atmosfer yang sebenarnya.

Dalam percobaan lidar  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$  Hermann, Werner (1982) mengambil  $q = 1$ , dengan demikian lidar dapat digunakan untuk pembandingan ketajaman pandangan dan menelusuri hamburan belakang.

### 2.3 Hamburan Belakang

Lidar yang digunakan adalah bentuk deteksi monostatik (lihat gambar 2.3) dari hamburan belakang. Anggapan di sini bahwa cahayanya mengalami hamburan belakang murni (tunggal) yang lazim disebut hamburan belakang elastis (elastic back scattering).



Gambar 2.3 :

Bentuk lidar deteksi monostatik

Koefisien hamburan belakang volumetris merupakan jumlah dari hamburan gas-gas dan partikel-partikel (aerosol) di atmosfer yang dinyatakan :

$$\beta = \beta_g + \beta_p \quad (2-15)$$

$g$  dan  $p$  subskrip untuk gas dan partikel. Sedang besarnya  $\beta_g = \beta_{\text{Rayleigh}} = 0,119\alpha_R$  dan ini sangat kecil nilainya jika dibandingkan dengan hamburan belakang dari partikel sehingga  $\beta_g = \beta_R$  tak berpengaruh, atau didekati

$$\beta \approx \beta_p \quad (2-16)$$

Biasanya hamburan belakang tergabung dalam koefisien ekstingsing yang terdiri dari absorpsi dan hamburan dari gas maupun partikel yang dinyatakan

$$\alpha = \alpha_{ga} + \alpha_{gs} + \alpha_{pa} + \alpha_{ps} \quad (2-17)$$

di mana  $\alpha_{ga}$ ,  $\alpha_{gs}$  adalah koefisien ekstingsing gas karena absorpsi dan hamburan.

Seperti diketahui dalam kondisi langit cerah hanya ada partikel dengan hamburan belakang murni, maka  $\alpha_{ga}$  diabaikan  $\approx 0$ , sedang  $\beta_{ga} \approx \beta_g \approx \beta_R$  dan

ini sangat kecil dan jauh lebih kecil dari partikel di mana  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ .  $\alpha_{gs} = \alpha_R = 0,0116 \text{ km}^{-1}$  sehingga dapat diabaikan. Sedang ekstingsing absorpsi partikel karena hanya ada hamburan elastis, maka  $\alpha_{pa} \approx 0$ . Oleh karena itu persamaan 2-17 dapat didekati,

$$\alpha \approx \alpha_{ps} \quad (2-18)$$

$\alpha_{p,s}$  koefisien ekstingsing dalam lidar dari jarak 0 - R didekati dengan rugi-rugi ekstingsing volumetris sehingga

$$\alpha \approx \alpha_{ps} = \beta_{ps} \quad (2-19)$$

dengan demikian kejelas pandangan meteorologis dapat diukur dengan lidar dengan pendekatan persamaan 2-19 dan persamaan 2-14 didapat

$$\alpha = \alpha_{ps} = \frac{(3.91)}{V_M} \cdot \left( \frac{0,55}{\lambda [\mu\text{m}]} \right)^q$$

Jadi dengan diketahuinya  $\alpha_{ps}$ , akan dapat ditelusuri kejelas pandangan.

### 3. PERCOBAAN

Ketransparanan atmosfer merupakan salah satu parameter penting dari pengukuran dengan lidar secara kuantitatif untuk mendeteksi kelakuan aerosol atau gas. Dari penjelasan bab 2.3 sudah bisa didekati, dalam hal deteksi lidar pada hamburan belakang elastis dan murni maka kejelas pandangan dapat ditentukan dari  $\beta_s$ ,  $\alpha_p$

#### 3.1 Deteksi Hamburan Belakang

Prinsip dasar pemantauan atmosfer dengan lidar adalah dari deteksi jarak dan deteksi hamburan belakang yang mengandung isyarat konsentrasi. Kedua deteksi tersebut bersifat deteksi kuantitatif.

Formula deteksi hamburan belakang dengan lidar adalah :

$$P_r(R) = P_o \left( \frac{c\sigma}{2} \right) \beta_s(R) A_r R^{-2} \exp \left[ -2 \int_0^R \alpha(x) dx \right] \quad (3-1)$$

di mana  $P_r$ ,  $P_o$  = daya laser yang diterima dan yang dikirim  
 $c$  = kecepatan cahaya  
 $\sigma$  = durasi pulsa  
 $\beta_s$  = koefisien hamburan belakang volumetris  
 $A_r$  = daya guna luas penerima  
 $R$  = jarak pengukuran  
 $\alpha$  = koefisien ekstingsing volumetris.

Bentuk dari persamaan

$$\exp \left[ -2 \int_0^R \alpha(x) dx \right] = \tau^2,$$

di mana  $\tau$  = rugi-rugi ekstingsing, yang merupakan fraksi penerusan energi sepanjang lintasan bolak-balik dengan jarak R.

Besarnya  $\tau^2$  tersebut di atas tergantung dari  $\alpha(x)$  yang dapat disebabkan karena absorpsi maupun hamburan.

Dalam kasus aerosol di atmosfer cukup banyak, maka dari prinsip hukum Bourger (bila langit terjadi hamburan belakang murni atau langit sangat cerah tetapi ada lapisan aerosol) maka  $\tau^2 = 1$  sehingga persamaan 3-1 dapat disederhanakan

$$V \approx P_T = k \beta_s R^{-2} \quad (3-2)$$

di mana  $V$  = tegangan keluaran dari detektor optik  
 $k$  = konstanta sistem lidar

Dari deteksi tersebut di atas akan dapat dicari  $\beta_s$ .

Pencarian konsentrasi partikel diambil dari ketentuan Hanel dan Bulrich<sup>4)</sup>, sehingga persamaan (3-2) dapat diselesaikan dengan pendekatan oleh Werner dan Herrmann untuk polutan disebabkan oleh pembakaran yang belum diidentifikasi diambil besarnya

$$(\beta_s/m(R)) = 10,00 [ m^2 sr^{-1} kg^{-1} ] \text{ pada } \lambda = 1,06 \mu m.$$

Dengan demikian

$$m(R) \approx \beta_s \times 10^8 [\mu g/m^3] \quad (3-3)$$

Dari persamaan (3-2) dan (3-3) didapat nilai  $\beta_s$  dan  $m(R)$ . Inilah dasar deteksi lidar yang disederhanakan. Dan dari persamaan (2-14) dapat dicari nilai kejelas pandangan atau ketajaman penglihatan pada suatu obyek di atmosfer, atau sebaliknya dengan jarak pandang diketahui dapat diperkirakan nilai hamburan belakang.

### 3.2 Pengukuran

Di dalam percobaan ini dilakukan dengan menggunakan mini lidar dengan  $\lambda = 1,06 \mu m$  dari laser Nd: glass tipe laser pulsa dengan daya 2 MW. Percobaan dilakukan dengan cara berselang setiap 5 menit dan sudut elevasi dan azimut berubah. Kecepatan selang pengukuran ini dimaksudkan agar kejelas pandangan dapat dianggap sama selama pengukuran tersebut di atas.

Kemudian dilakukan pengulangan pada hari lain dengan waktu yang berbeda agar kejelas pandangan berbeda dengan percobaan pertama.

Jangkauan penjejukan antara 600 m - 900 m dan kenyataan dilakukan perekaman pada jarak 700 m - 950 m dari lidar, yang terletak 8,20 m dari dasar di dalam gedung BMD Pusrihan-LAPAN Bandung. Dipilih jarak ini dengan harapan kejelas pandangan masih bisa didekati dengan dugaan dari suatu patokan gedung PPTM (Pusat Penelitian Teknologi Mineral Bandung) yang sudah diketahui jarak sebelumnya. Dilain pihak jarak ini merupakan jarak tengah penelusuran lidar pada daerah penelusuran maksimum adalah 1500 m.

Hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran (contoh rekaman), sedang keseluruhan pengukuran dapat ditabelkan pada tabel 3.1 (diambil jarak 900 m untuk memperlihatkan nilai hamburan belakang).

Keadaan umum pada saat pengukuran (percobaan) tanggal 16 Juli 1987, jam 10.00 - 11.00 kurang cerah dan agak berkabut. Dari pendekatan Hulburt (tabel 2.1), kejelas pandangan ditaksir 2-4 km. Sedang pada tanggal 18 Juli 1987 sangat cerah dengan demikian secara dugaan dengan mengacu tabel 2.1 kejelas pandangan sekitar 40 km. Dan tanggal 20 Juli 1987 keadaan atmosfer agak cerah dengan perkiraan kejelas pandangan 20 km.

Penelusuran dari arah timur dengan sudut azimuth  $68,90625^{\circ}$  sampai  $84,375^{\circ}$  ke arah barat. Sedang elevasi dari  $3,515625^{\circ}$  -  $7,03125^{\circ}$  (lihat gambar 3.1 legenda penelusuran). Pada gambar 3.2 diperlihatkan grafik konsentrasi dan kejelas pandangan dari hasil pengukuran setelah dihitung.

Tabel 3.1 :

Koefisien ekstingsing, konsentrasi dan kejelas pandangan hasil pengukuran dengan lidar  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$  pada  $R = 900 \text{ m}$

J a m	Tanggal	Kecepatan dan arah angin (m/detik)		Kejelas pandangan (km)		Azimut* (der.)	Elevasi* (der.)	Koefisien ekstingsing ( $\text{m}^{-1}$ )	Konsentrasi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		kecepatan	arah angin	dugaan	lidar				
101350	16.07.1987	1,2	Barat	5	3,963	68,9062	7,03125	5,12161528e-04	1133,33643
102230	16.07.1987	1,2	Barat	3	2,050909	71,01562	7,03125	9,89716043e-04	2191,14759
102730	16.07.1987	1,5	Barat	3	2,2153	75,2347	7,03125	9,16258823e-04	2028,07254
103125	16.07.1987	1,3	Barat	3	1,7513	77,3437	7,03125	1,15910168e-03	2567,4574
103450	16.07.1987	1,3	Barat	3	1,4080	82,2656	7,03125	1,44161276e-03	3195,9384
103732	16.07.1987	1,2	Barat	3	1,649776	84,375	7,03125	1,23035566e-03	2501,76494
105144	16.07.1987	1,2	Barat	3,5	2,739892	84,375	7,03125	7,89482013e-04	1747,5827
105449	16.07.1987	1,2	Barat	3,8	2,900538	84,375	8,4375	6,99804994e-04	1379,21628
105742	16.07.1987	1,2	Barat	3,8	2,52888	84,375	10,546875	7,02652207e-04	1602,22952
122639	18.07.1987	3,0	Barat	40	22,743	71,0156	7,03125	8,92593876e-05	197,079628
122959	18.07.1987	3,5	Barat	40	18,19259	75,2343	7,03125	8,05757544e-05	246,23258
123849	18.07.1987	4,0	Barat	40	13,06856	79,4531	7,03125	1,55324458e-04	343,015506
120605	20.07.1987	1,0	Barat	20	8,317338	84,375	3,51562	2,4404563 e-04	539,089082
121829	20.07.1987	1,0	Barat	20	11,9025	84,375	5,625	1,70536319e-04	376,62627
122807	20.07.1987	1,0	Barat	20	11,5666	84,375	7,03125	1,75488234e-04	387,56824

\* Nilai dari hasil perekaman komputer apa adanya.

Tabel 3.2 :  
 Hasil kompilasi urutan konsentrasi dan  
 kejelas pandangan dari tabel 3.1

No	Nomor urut data	Kode data pengukuran	Konsentrasi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kejelas pandangan (km)
1	10	d0	197,079628	22,743
2	11	d1	246,23258	18,19259
3	12	d3	243,015506	13,06856
4	14	d6	376,62627	11,9025
5	15	d8	387,56824	11,5666
6	13	d5	593,089082	8,317338
7	01	c0	1133,33643	3,963
8	08	c7	1379,21628	2,900838
9	09	c8	1602,22952	2,888785
10	07	c6	1747,5827	2,55379
11	03	c2	2028,07254	2,2153
12	02	c1	2191,14759	2,05090
13	06	c5	2501,76494	1,649776
14	04	c3	2567,4574	1,7513
15	05	c4	3195,9384	1,4080

Tabel 3.3 :

Hasil pengukuran dengan Mini Lidar (hasil kalkulasi).

tanggal : 22.07.87  
 jam : 113336  
 kejelasan pandangan : 4 km energi : 95 %  
 azimut : 80.859375 elevasi : 6.328125

Kecepatan &amp; arah angin : .4m/detik barat tk=25 tb=20 rh=97%

jarak tml	tegangan tml	ekstingsing t1/ml	konsen massa tmmg/m <sup>3</sup>
700.50	.0103973857	4.13281933e-04	988.852345
702.00	.0103973857	4.49478339e-04	994.431816
703.50	.0103973857	4.52014462e-04	1000.04124
705.00	.0103973857	4.54564202e-04	1005.68086
706.50	.0103973857	4.57127665e-04	1011.35091
708.00	.0096130719	4.59704959e-04	940.331604
709.50	.0096130719	4.27423456e-04	945.531931
711.00	.0088287582	4.29787241e-04	873.188477
712.50	.0096130719	3.96903853e-04	955.912674
714.00	.0088287582	4.34505761e-04	882.771793
715.50	.0096130719	4.01259906e-04	966.399428
717.00	.0096130719	4.39272467e-04	971.735391
718.50	.0096130719	4.41697905e-04	977.099373
720.00	.0096130719	4.44136079e-04	982.491586
721.50	.0088287582	4.46587085e-04	907.310214
723.00	.0080444444	4.12413733e-04	831.176941
724.50	.0080444444	3.778077e-04	835.57591
726.00	.0088287582	3.79807232e-04	921.89356
727.50	.0088287582	4.19042527e-04	926.871437
729.00	.0096130719	4.21305198e-04	1014.65883
730.50	.0096130719	4.6120856e-04	1020.24935
732.00	.0103973857	4.63749703e-04	1109.56876
733.50	.0103973857	5.04349435e-04	1115.80782
735.00	.0103973857	5.07185375e-04	1122.08214
736.50	.0103973857	5.10037334e-04	1128.39198
738.00	.0088287582	5.12905446e-04	963.54264
739.50	.0088287582	4.37973927e-04	968.735467
741.00	.0080444444	4.40334303e-04	887.432643
742.50	.0080444444	4.03378474e-04	892.108042
744.00	.0072601307	4.05503655e-04	809.370028
745.50	.0072601307	3.67895467e-04	813.534298
747.00	.0080444444	3.6788317e-04	906.056296
748.50	.0088287582	4.11843771e-04	999.626445
750.00	.0088287582	4.54375656e-04	1005.00599
751.50	.0080444444	4.56820907e-04	920.652455
753.00	.0080444444	4.18478389e-04	925.492548



Tabel 3.3 :

(lanjutan)

754.50	.0096130719	4.20678431e-04	1111.77189
756.00	.0072601307	5.05350861e-04	844.270195
757.50	.0072601307	3.83759179e-04	848.600208
759.00	.0072601307	3.85727367e-04	852.950778
760.50	.0080444444	3.87704899e-04	949.938753
762.00	.0080444444	4.31790342e-04	954.925923
763.50	.0080444444	4.34057238e-04	959.938365
765.00	.0072601307	4.3633562e-04	870.893432
766.50	.0072601307	3.95860651e-04	875.350982
768.00	.0072601307	3.9788681e-04	879.829958
769.50	.0080444444	3.99922708e-04	979.864949
771.00	.0080444444	4.45393158e-04	985.004072
772.50	.0080444444	4.47729123e-04	990.169591
774.00	.0072601307	4.50077087e-04	898.316365
775.50	.0072601307	4.0832562e-04	902.906948
777.00	.0072601307	4.10412249e-04	907.519881
778.50	.0072601307	4.12509036e-04	912.155319
780.00	.0072601307	4.14616054e-04	916.813423
781.50	.0080444444	4.16733374e-04	1021.04361
783.00	.0080444444	4.64110734e-04	1026.39502
784.50	.0080444444	4.6654319e-04	1031.77442
786.00	.0080444444	4.68988374e-04	1037.18205
787.50	.0072601307	4.71446386e-04	940.965386
789.00	.0064758170	4.27711539e-04	843.594839
790.50	.0088287582	3.834522e-04	1155.81494
792.00	.0064758170	5.25370427e-04	852.342926
793.50	.0056915033	3.87428603e-04	752.826776
795.00	.0056915033	3.42193989e-04	756.451853
796.50	.0049071895	3.43841751e-04	655.348672
798.00	.0049071895	2.9788576e-04	658.407481
799.50	.0056915033	2.99276128e-04	767.202463
801.00	.0064758170	3.48728392e-04	877.12202
802.50	.0072601307	3.98691827e-04	988.221699
804.00	.0072601307	4.49191681e-04	993.257025
805.50	.0072601307	4.51480466e-04	998.317913
807.00	.0064758170	4.53780869e-04	895.006511
808.50	.0064758170	4.06821141e-04	899.433821
810.00	.0064758170	4.08933555e-04	903.882267
811.50	.0056915033	4.10855576e-04	798.337622
813.00	.0056915033	3.62880737e-04	802.164485
814.50	.0056915033	3.6462022e-04	806.008412
816.00	.0056915033	3.6636746e-04	809.869509
817.50	.0064758170	3.68122504e-04	925.885859
819.00	.0056915033	4.20857209e-04	817.768698

Tabel 3.3 :

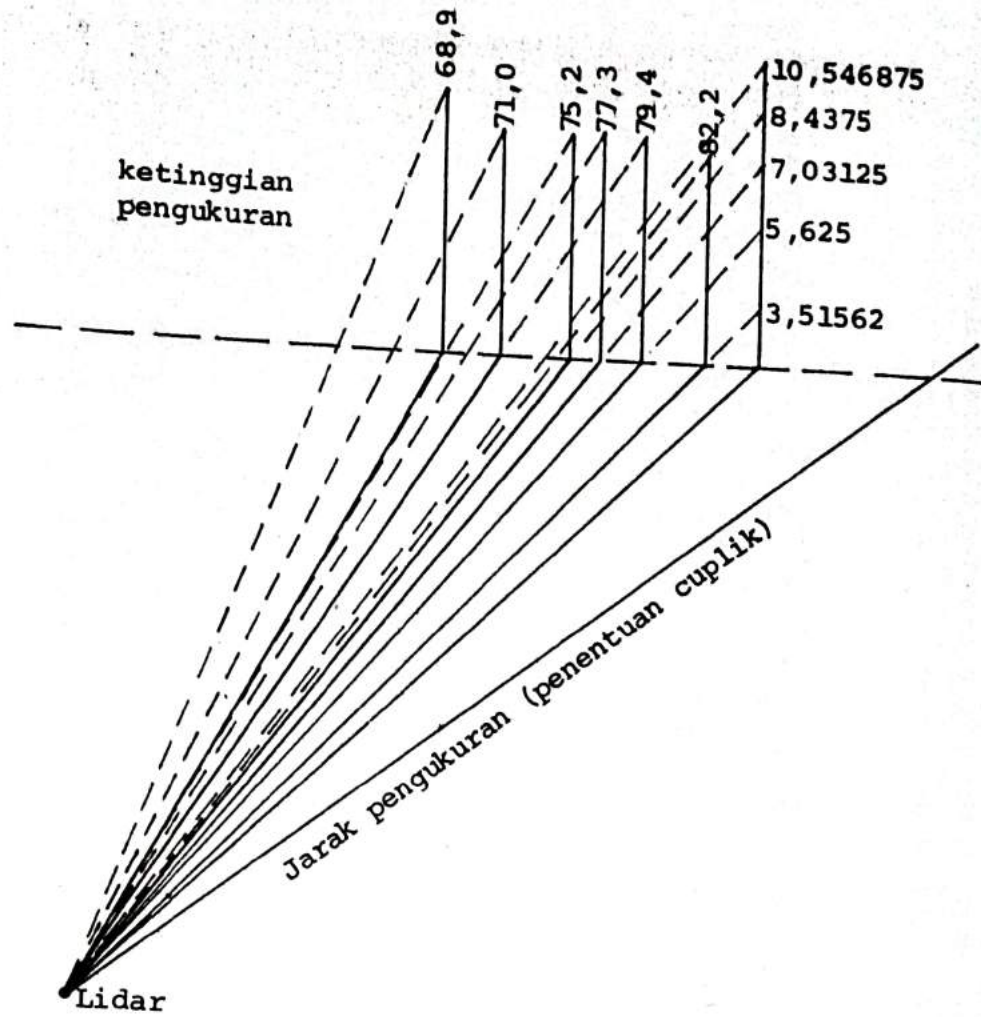
(lanjutan)

820.50	.0056915033	3.71713044e-04	821.682711
822.00	.0064758170	3.73492141e-04	939.387566
823.50	.0064758170	4.26994340e-04	944.027624
825.00	.0064758170	4.29103465e-04	948.69031
826.50	.0064758170	4.31222868e-04	953.375784
828.00	.0056915033	4.33352629e-04	842.046559
829.50	.0056915033	3.82748436e-04	846.071155
831.00	.0064758170	3.84577798e-04	967.263485
832.50	.0064758170	4.3966522e-04	972.039834
834.00	.0064758170	4.41836288e-04	976.839789
835.50	.0064758170	4.44018086e-04	981.663519
837.00	.0072601307	4.4621069e-04	1105.99176
838.50	.0080444444	5.02723529e-04	1231.72489
840.00	.0072601307	5.59874949e-04	1117.49089
841.50	.0064758170	5.07950404e-04	1001.85665
843.00	.0064758170	4.55389388e-04	1006.80604
844.50	.0064758170	4.57639111e-04	1011.78031
846.00	.0064758170	4.5990014e-04	1016.77963
847.50	.0072601307	4.6217256e-04	1145.55925
849.00	.0072601307	5.20708748e-04	1151.41517
850.50	.0064758170	5.2337053e-04	1032.2793
852.00	.0064758170	4.69217863e-04	1037.38296
853.50	.0064758170	4.71537707e-04	1042.51264
855.00	.0064758170	4.7386938e-04	1047.66854
856.50	.0064758170	4.76212973e-04	1052.85086
858.00	.0056915033	4.78568575e-04	929.91369
859.50	.0041228758	4.22688041e-04	676.836555
861.00	.0041228758	3.07652979e-04	679.828211
862.50	.0041228758	3.09012823e-04	682.831732
864.00	.0041228758	3.1037806e-04	685.847183
865.50	.0049071895	3.11748719e-04	819.922434
867.00	.0049071895	3.72692015e-04	823.687346
868.50	.0056915033	3.74403339e-04	959.722783
870.00	.0049071895	4.36237628e-04	831.416951
871.50	.0049071895	3.77916796e-04	835.232788
873.00	.0049071895	3.79651267e-04	839.06553
874.50	.0049071895	3.81393423e-04	842.915289
876.00	.0049071895	3.83143313e-04	846.782174
877.50	.0049071895	3.84900988e-04	850.666297
879.00	.0056915033	3.86666498e-04	991.152917
880.50	.0056915033	4.50524053e-04	995.883678
882.00	.0056915033	4.52674399e-04	1000.63766
883.50	.0056915033	4.54835302e-04	1005.41505
885.00	.0056915033	4.5700684e-04	1010.216

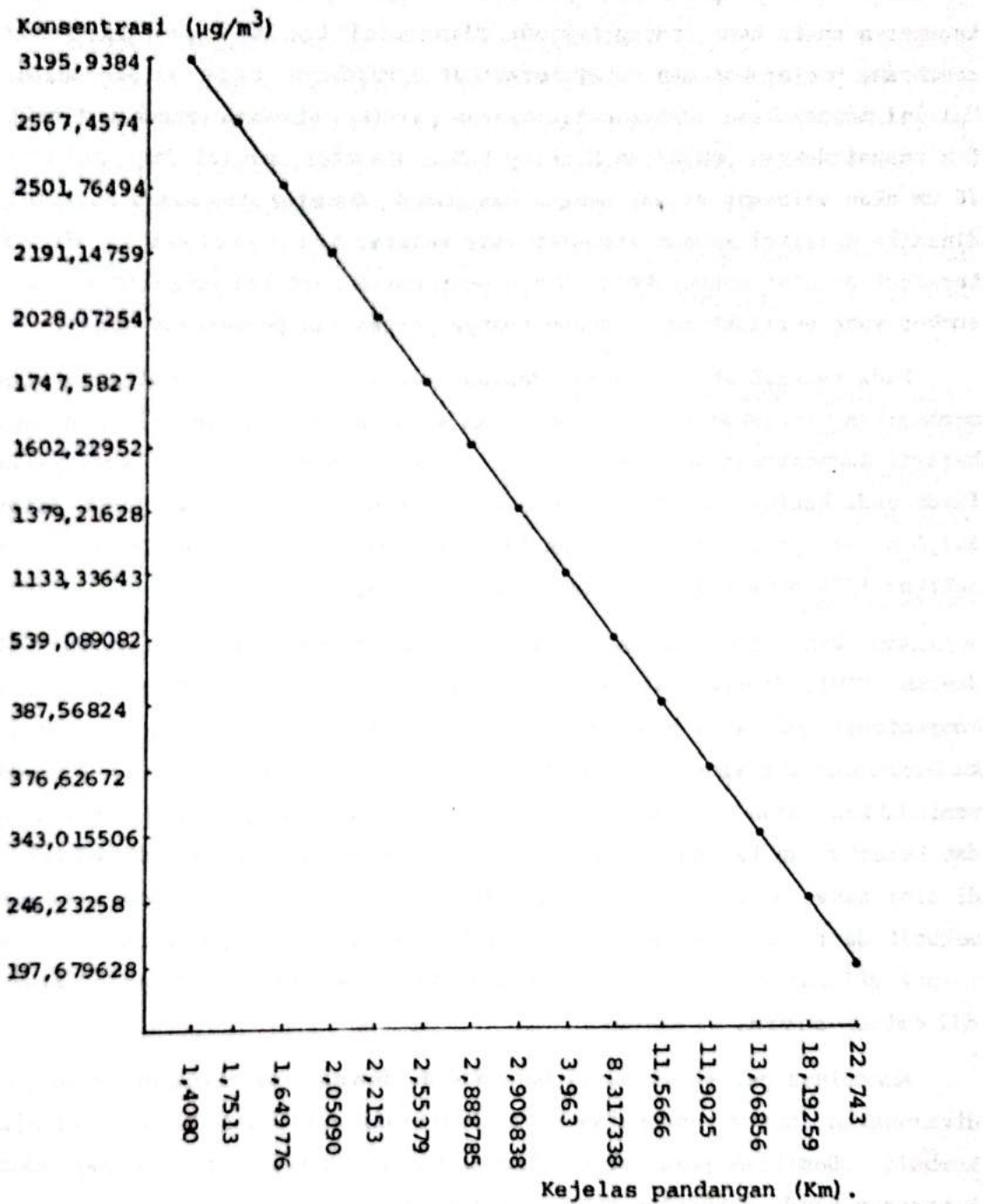
Tabel 3.3 :

(lanjutan)

886.50	.0056915033	4.59189089e-04	1015.04068
888.00	.0049071895	4.61382129e-04	879.344136
889.50	.0049071895	3.9970188e-04	883.376029
891.00	.0049071895	4.01534558e-04	887.426239
892.50	.0049071895	4.03375563e-04	891.494892
894.00	.0049071895	4.05224951e-04	895.582107
895.50	.0041228758	4.07082775e-04	755.891311
897.00	.0033385621	3.4358696e-04	614.780265
898.50	.0041228758	2.79445575e-04	762.38804
900.00	.0049071895	3.46540018e-04	911.399971
901.50	.0056915033	4.14272714e-04	1061.91403
903.00	.0056915033	4.82688195e-04	1066.99475
904.50	.0049071895	4.84997615e-04	924.361109
906.00	.0049071895	4.2016414e-04	928.59928
907.50	.0049071895	4.22090582e-04	932.857161
909.00	.0049071895	4.24025982e-04	937.134886
910.50	.0049071895	4.25970402e-04	941.432591
912.00	.0049071895	4.27923905e-04	945.750414
913.50	.0049071895	4.29886552e-04	950.088495
915.00	.0041228758	4.31858407e-04	801.898177
916.50	.0041228758	3.64499171e-04	805.409738
918.00	.0041228758	3.66095335e-04	808.936218
919.50	.0041228758	3.6769828e-04	812.477705
921.00	.0049071895	3.69308048e-04	971.27227
922.50	.0041228758	4.41487395e-04	819.779601
924.00	.0041228758	3.72627091e-04	823.367631
925.50	.0041228758	3.74258014e-04	826.971053
927.00	.0049071895	3.75895933e-04	988.596928
928.50	.0049071895	4.4936224e-04	993.136792
930.00	.0049071895	4.51425815e-04	997.698473
931.50	.0056915033	4.53499306e-04	1162.47639
933.00	.0056915033	5.28398359e-04	1168.07345
934.50	.0049071895	5.30942476e-04	1011.95937
936.00	.0056915033	4.59981532e-04	1179.09723
937.50	.0056915033	5.35953288e-04	1184.78285
939.00	.0049071895	5.38537661e-04	1026.44312
940.50	.0049071895	4.66565054e-04	1031.16742
942.00	.0049071895	4.68712463e-04	1035.91487
943.50	.0041228758	4.70870394e-04	874.353353
945.00	.0033385621	3.97433342e-04	711.121488
946.50	.0033385621	3.2323704e-04	714.072918
948.00	.0033385621	3.24578599e-04	717.03588
949.50	.0041228758	3.259254e-04	889.159329



Gambar 3.1 :  
 Penelusuran dengan lidar dari jarak dan ketinggian titik ukur.



Gambar 3.2 :  
 Grafik konsentrasi dan kejelas pandangan  
 dari hasil pengukuran

#### 4. ANALISIS

Dari hasil pengukuran (lihat tabel 3.1), dapat dilihat bahwa dengan kecepatan angin sama, tetap terjadi fluktuasi konsentrasi partikel sepanjang penjejakan dan dapat berakibat berubahnya kejelas pandangan. Hal ini menunjukkan adanya pengembangan partikel di udara (gerak partikel). Dan sesuai dengan penyajian Hinkley bahwa diameter aerosol dari  $0,01 \mu\text{m}$  -  $20 \mu\text{m}$  akan melayang sesuai dengan masa tunak, diameter atau massa partikel, dinamika partikel maupun atmosfer yang melatar belakanginya. Hasil tersebut di atas menunjukkan adanya penyebaran partikel yang tidak merata, sumber yang berfluktuasi, maupun adanya pergeseran-pergeseran angin.

Pada tanggal 16 Juli 1987, dengan kecepatan dan arah angin yang sama memberikan perolehan kejelas pandangan semakin ke barat semakin rendah, berarti konsentrasi semakin tinggi. Pengukuran dimulai dari arah jalan Pandu pada ketinggian di atas permukaan tanah  $118,367 \text{ m}$  dan jarak datar  $893,3 \text{ m}$  dari gedung BMD Pusrihan LAPAN Bandung. Akhir penjejakan di sekitar IPTN dengan konsentrasi semakin tinggi.

Andaikan penjejakan pada hari pertama diteruskan ke arah barat (di daerah IPTN), diperkirakan kejelas pandangan akan semakin rendah atau konsentrasi debu akan semakin tinggi. Hal ini diduga karena arah angin ke barat dan aktivitas IPTN saat itu (terlihat dengan nyata) banyak memindahkan tanah. Yang mana limbah ceceran tanah yang kejalan kering dan beterbangan karena kendaraan dan tertiuap angin. Dapat dijelaskan di sini bahwa debu (dust) terjadi karena proses penghancuran atau kompresi mekanik dari luar, dengan diameter lebih kecil  $1 \mu\text{m}$  sampai diameter  $10 \mu\text{m}$  (dapat dilihat mata), dipengaruhi gravitasi dan beterbangan karena dihembus angin.

Munculnya perbedaan hasil pengukuran dengan pandangan praduga, dikarenakan faktor pendekatan serta kalibrasi awal yang harus ditinjau kembali. Demikian juga perlu adanya tanda pasti untuk meyakinkan kebenaran praduga kejelas pandangan pengamat.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan ini disimpulkan :

1. Terbukti semakin tinggi konsentrasi partikel di atmosfer semakin rendah kejelas pandangan dan semakin rendah konsentrasinya semakin tinggi kejelas pandangan. Dalam hal ini pada konsentrasi  $3195,9384 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kejelas pandangannya 1,4080 km dan konsentrasi  $197,079628 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kejelas pandangannya 22,743 km.
2. Pelayangan partikel atau aerosol di atmosfer tidak homogen tergantung dari keadaan partikel, media yang melatar belakanginya dan kondisi meteo.
3. Dari dampak konsentrasi partikel terhadap kejelas pandangan, maka perlu adanya pengukuran atau rambu peringatan kejelas pandangan pada daerah transportasi rawan (yang sangat sibuk) atau sangat penting, contoh di bandara udara perlu adanya peringatan dini, Jalur Puncak atau sekitar jalan raya Gempol maupun Bongas Palimanan (Jawa Barat).
  - Kejelas pandangan yang diperkenankan untuk penerbangan internasional standart ICAO minimum 5 km. Pada kenyataannya banyak dilakukan antara 3 - 5 km.
  - Untuk transportasi darat khususnya mobil, kejelas pandangan yang diperkenankan minimum 5 - 10 m (informasi dari Ditlantas KOMBES Bandung).

## DAFTAR PUSTAKA

1. G.M. HIDY : "Aerosol An Industrial and Environmental Science", Academic Press. Ltd., 1984.
2. EARL J. MC. CARTNEY :  
"Optics of the Atmosphere" John Wiley & Sons, 1976.
3. .... : "Laser Monitoring of the Atmosphere", Editor ED HINKLEY  
Topic in Applied Physics 14, Springer -Verlag, 1976.
4. CH. WERNER, H. HERRMANN AND F. KOPP :  
"Summarized Results of Shipborne Lidar Measurements  
of Plume dispersion over Sea Surfaces Carried out  
during 3 years", DFVLR, 1982.
5. H. INABA, T. KOBAYASI :  
"Laser Raman Scattering Methods for Remote Detection  
and Analysis of Atmospheric Pollution",  
Opto Electronics, 4 (1972), 101 - 123.
6. H. HERRMANN, J. STREICHER :  
"Einsatz Eines Minilidar fur Umweltschutzmessungen",  
DFVLR, NE - OE, Proc. of the 7th International  
Congress Laser 85, Edited by Wilhelm Weidelich,  
Springer - verlag, 1986.
7. H.C. SALFELD, W.J. MULLER :  
"Einsatz Eines Mini Lidar bey Lufthygienischen  
Uberwachungsaufgaben", Proc. of the 7th International  
Congress Laser 85, Edited by Wilhelm Weidelich,  
Springer - Verlag, 1986.
8. THOMAS D. WILKERSON, G. DANIEL :  
"Lidar; Alaser Technique for Remote Sensing",  
NASA Conf. Public. Application of Remote Sensing to  
the Chesapeake Bay Regio, Vol. 2, Proc. 1979.
9. G. KUPER : "Lidar-measurement by Means of Laser",  
First European Electro Optics Market and Tech., Conf.,  
Geneva 13 - 15 September 1972, Publ. IPC Science and  
Technology. Press Ltd., 1973.



## DISKUSI

### 1. RUSTAM EFFENDI

Tanya : Mohon penjelasan tentang sudut elevasi  $3,5156^\circ$ , karena ketinggian aerosol dijelaskan 20 - 60 km. Apakah ketinggian tersebut dapat discan dengan sudut elevasi sekecil itu ?

Jawab : Lapisan aerosol 20 - 60 km, hanya contoh salah satu lapisan aerosol "Junge". Dengan lidar dapat discan elevasi dari  $0^\circ$ - $90^\circ$ , sedang ketinggian tergantung power laser.

Tanya : Apakah  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$  apakah visible berhubung pembanding adalah mata untuk mengukur kejelas pandangan ?

Jawab : Untuk mata diambil  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ . Ada konversi dari lidar dengan  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$  terhadap  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$  untuk menentukan kejelas pandangan.

Tanya : Tolong jelaskan kejelas pandangan yang dinilai terhadap jarak.

Jawab : Kejelas pandangan adalah kejelas pandangan secara meteorologis dengan dimensi panjang, dinyatakan dari pengamat. Jadi semakin jauh pengamat memandang obyek dan latar belakang, maka kejelas pandangan semakin besar.

### 2. HABIRUN

Tanya : Jelaskan proses untuk menentukan kejelas pandangan pada jarak penelusuran 700 - 900 m.

Jawab : Pengukuran ini diambil jarak tengah ialah 700-900 m. Dengan diketahuinya koefisien ekstingsing dapat dicari kejelas pandangan.

Tanya : Apakah hamburan belakang dapat menentukan kejelas pandangan ?

Jawab : Dengan diketahui hubungan hamburan belakang, abspsi dengan koefisien ekstingsing dapat dicari kejelas pandangan. Dengan lidar didekati dari hamburan belakang murni (elastic back scattering).

### 3. B. GULTOM

Tanya : Mohon dijelaskan kaitan antara dugaan dengan konsep-konsep ilmu dalam kertas kerja ini.

Jawab : Karena kejelas pandangan bersifat subyektif, dugaan diambil berdasarkan patokan tanda terlihat yang sudah diketahui jaraknya (pendekatan), sehingga kemelesetan tidak terlalu besar dan inipun dilakukan dalam penerbangan. Di sini digunakan pembanding tabel kejelas pandangan yang ada (Hulburt), di mana diambil dari keadaan meteorologi.

Tanya : Jelaskan koefisien ekstingsing, radiasi termal dari aerosol sendiri dalam percobaan ini.

Jawab : Koefisien ekstingsing dimaksudkan koefisien perubahan dari penjalaran cahaya karena adanya peristiwa hamburan dan serapan, baik oleh partikel maupun gas. Sedang radiasi termal dari partikel tentu ada, tetapi tidak ditinjau karena sistem penjejukan bersifat aktif dan yang ditelusuri hanya hamburan belakang dari pemberian pulsa-pulsa laser.

#### 4. S.L. MANURUNG

Tanya : Ada hamburan balik ganda, bagaimana hubungannya dengan koefisien ekstingsing dan kejelas pandangan ?

Jawab : Dari ketentuan deteksi lidar, bahwa hanya terjadi hamburan belakang elastis sempurna dan dianalisa dari hamburan tunggal. Hubungannya dengan koefisien ekstingsing, bahwa hamburan belakang merupakan salah satu bentuk untuk mencari koefisien ekstingsing. Karena koefisien ekstingsing terdiri dari koefisien hamburan dan koefisien absorpsi.

Tanya : Terdapat perbedaan kejelas pandangan hasil subyektif dengan pengamatan, mengapa demikian dan berapa perbedaannya ?

Jawab : Subyektif kejelas pandangan dari titik acuan yang sudah diukur. Timbulnya perbedaan karena kejelas pandangan pengamat kira-kira dan berapa % kemelesetannya harus diteliti. Dari lidar kemungkinan muncul perbedaan karena awal kalibrasi harus diketahui koreksi, serta pengambilan  $q$  (faktor keadaan atmosfer) yang dapat berubah setiap tempat. Sedang kejelas pandangan disini hanya diwakili dari jarak 900 m saja, seharusnya sepanjang jarak ukur. Perbedaan hasil perhitungan dugaan dengan pengukuran rata-rata 30%. (Hanya satu titik, seharusnya 1500 titik).

#### 5. WILSON SINAMBELA

Tanya : Rumus yang dipakai secara empiris, konstanta-konstanta dari hasil percobaan. Apa berlaku di Indonesia ?

Jawab : Konstanta-konstanta tersebut tetap dipakai karena di Indonesia belum ada yang melakukan pengukuran atau menyetengahkan konstanta baru untuk rumus tersebut di atas. Seyogyanya harus diadakan percobaan dan koreksi-koreksi yang diperlukan untuk menyempurnakan hasil pengukuran.

Tanya : Rumus yang dipergunakan ada penyederhanaan apa ada anggapan-anggapannya ?

Jawab : Dalam deteksi lidar secara umum disepakati pendekatan bahwa yang dideteksi adalah hamburan belakang murni pada lidar sistem hamburan belakang (mono static lidar back scattering).

6. J. SOEGIJO

Tanya : Karena ada anggapan, bagaimana koreksi agar didapat hasil yang baik ?

Jawab : Koreksi dilakukan dari kalibrasi awal dengan cara deteksi isyarat latar belakang (sebelum pengukuran setelah alat dikalibrasi), sesudah itu hasil pengukuran disubstraksi untuk mendapatkan hasil yang sebenarnya.

Tanya : Apakah hasil pengamatan dapat disajikan tiap layer ?

Jawab : Hasil pengamatan bisa disajikan tiap layer, karena deteksi sistem ranging dengan selang informasi bervariasi dari 1,5 m sampai 30 m pada ketinggian terpilih.

Tanya : Bagaimana lidar dapat membedakan aerosol cair dan padat ?

Jawab : Lidar aerosol ini dirancang bukan deteksi kualitatif, namun berdasarkan percobaan awal di laboratorium dapat dikenali sifat-sifat fisis dan kimia aerosol, mungkin dapat ditelusuri bentuk dan jenis aerosol. Mungkin juga dikembangkan bentuk lidar lain dari sumber yang berbeda yang dapat memberikan kejelasan tingkat aerosol cair atau padat.

Tanya : Bagaimana pengamanan operasi lidar ?

Jawab : Pengamanan operasi lidar dengan daya 2 MW dianjurkan jarak aman 650 m dari lidar tidak ada yang memandang langsung ke arah balik cahaya dari obyek setelah penyalaan laser.

7. THOMAS DJAMALUDDIN

Tanya : Pencantuman sudut 6 desimal apakah hasil perhitungan/ pengukuran (sebab ketelitiannya sampai 1") ?

Jawab : Peragaan sudut dari hasil komputasi langsung sebagai data acquisition system dan dicantumkan apa adanya.

Tanya : R dugaan > R lidar dari rumus  $R = \frac{3,912}{\alpha} \left(\frac{0,55}{\lambda}\right)^q$  kontradiksi seharusnya  $R_{\text{visible}} < R_{\text{lidar}}$  ( $\lambda = 1,6 \mu\text{m}$ ).

Jawab : Secara rumus dengan  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$  dan lidar  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$  pada  $q = 1$  akan menghasilkan  $R_{\text{lidar}} < R_{\text{visible}}$  jika  $\alpha$  sama. Tetapi  $\alpha$  untuk  $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$  dengan  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$  tidak sama. Dengan konversi rumus tersebut di atas R tergantung nilai  $\alpha$  ( $\lambda$ ).

Tanya : Parameter apa saja yang diukur lidar dari persamaan kejelasan pandangan tersebut di atas untuk memperoleh  $\alpha$  dan  $q$  ?

Jawab : Yang diukur adalah koefisien hamburan belakang, atau koefisien ekstingsing, sedang  $q$  dari pendekatan hasil beberapa kali percobaan kalibrasi.