

# PENELITIAN POLA HAMBURAN AEROSOL $H_2SO_4$ DENGAN LASER HeNe ( $\lambda = 0,6328 \mu m$ )

Oleh Chunaeni Latief, Nurlaini J., Yeti Priyati \*)

## RINGKASAN

*Untuk mengidentifikasi aerosol dapat dilakukan melalui berbagai penelitian sifat-sifat aerosol. Salah satu sifat aerosol terhadap cahaya adalah sifat hamburan. Di dalam penelitian awal ini dilakukan pengukuran pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$  dari suatu reaksi kimia dengan kecepatan alir udara 35 lpm, 37 lpm, 38,5 lpm. Dari hasil pengukuran semakin tinggi alir aerosol (konsentrasi semakin tinggi) pada penelusuran hamburan berjarak 12 cm dari pusat hamburan aerosol yang berada pada bidang datar arah cahaya datang, pola hamburannya mendekati lingkaran serba sama.*

## 1. PENDAHULUAN

Teknik hamburan merupakan bagian yang penting dari berbagai disiplin ilmu untuk menjembatani berbagai macam penelitian yang berkaitan dengan pencahayaan, partikel dan pengembangannya. Hamburan suatu materi memberikan gambaran timbal balik alami antara sumber cahaya dengan materi itu sendiri, sehingga sifat fisis materi dapat diketahui.

Dari penelitian hamburan ini dapat dibuka cakrawala bidang penelitian lain yang menggunakan prinsip hamburan seperti : keperluan biologi, bahan bahan, polusi, pengenalan polimer dan sebagainya baik untuk membedakan ukuran dan bentuk, momen dipole. momen mikromolekular, distribusi berat, variasi struktur dari suatu materi atau partikel.

Philip J. Wyatt (1968) menggunakan prinsip hamburan ini untuk mengenali kehidupan bakteri dan karakternya, P. Pecora (1963) menggunakan

\*) Kelompok Penelitian Fisika Atmosfer dan Antariksa.

prinsip hamburan untuk menganalisa polimer. Di bidang antariksa dengan pesatnya teknologi laser banyak digunakan untuk pengukuran polusi gas/partikel dengan teknik hamburan Raman diantaranya telah dikembangkan oleh H. Inaba dan T. Kobayasi (1972) pada gas-gas  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $SO_2$  dan  $CO_2$  menggunakan laser Rubi.

Penelitian aerosol di udara secara kuantitatif maupun kualitatif sangat perlu dilakukan mengingat akhir-akhir ini diduga polusi udara akibat aerosol semakin meningkat. Seandainya kadar aerosol di atmosfer semakin tinggi dan melampaui ambang ketidakebolehan, akan berpengaruh terhadap pencahayaan matahari ke permukaan bumi. Di lain pihak secara kimiawi aerosol itu sendiri dapat berbahaya bagi kehidupan, akibatnya satu kesatuan hidup di bumi ini akan mengalami kekritisian. Oleh Karena itu dilakukan penelitian pendahuluan pada aerosol sulfat yang banyak mencemari udara.

Di dalam percobaan ini dimaksudkan meneliti pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$  sebagai langkah awal untuk penelitian aerosol sulfat dan pengembangan peralatan lebih lanjut. Aerosol sulfat ini relatif lebih banyak dibanding aerosol cair lainnya yang relatif berbahaya dan mempunyai sifat korosif terhadap logam-logam di samping penghambur cahaya yang datang ke permukaan bumi.

Diharapkan dari percobaan ini dapat ditentukan distribusi hamburan aerosol  $H_2SO_4$  sehingga dalam penerapannya di lapangan nanti akan mudah mengasumsikan daya guna dan hasil guna hamburan agar peletakan detektor foto dapat tepat terhadap hamburan. Hal ini ada kaitannya dengan perancangan sistem satu kesatuan peralatan dan pengukuran aerosol dengan laser.

Kemajuan bidang teknik laser dan pemakaiannya membuka kemudahan penelitian lain dengan keandalan yang sangat tinggi karena sifat koheren dan monokromatis. Dalam percobaan ini dilakukan penelitian menggunakan sumber laser HeNe panjang gelombang  $0,6328 \mu m$ .

## 2. AEROSOL

Aerosol adalah suatu sistem yang kompleks di mana terdiri dari gas (dalam hal ini udara) yang mengandung partikel tersuspensi. Partikel yang

tersuspensi ini bisa berbentuk padat maupun cair dan mempunyai batas ukuran antara  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  dan  $100 \mu\text{m}$ . Terdapat hal yang sering menimbulkan kesalahfahaman yaitu mengenai bentuk partikel.

Bentuk partikel : hanya sebagian partikel yang berbentuk bulat (bola), tetapi sering dianggap semua partikel berbentuk bola. Karena anggapan ini ukuran partikel sering diidentikkan dengan radius atau diameter.

Partikel-partikel di atmosfer dapat tumbuh melalui tiga cara utama :

- a. Kondensasi dan sublimasi zat dengan tekanan uap sangat rendah atau tanpa tekanan uap, sebagai contoh adalah semua asap (smoke) yang dihasilkan oleh pemanasan dan pembakaran. Terdapat beberapa sumber alam dari jenis ini yaitu seperti letusan gunung berapi, pembakaran hutan dan lain-lainnya dan di samping itu juga berasal dari aktifitas manusia.
- b. Reaksi-reaksi antara "trace gases" karena adanya panas radiasi matahari atau pada kondisi dengan kelembaban tertentu. Contohnya : pembentukan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  melalui reaksi antara  $\text{NH}_3$  dan  $\text{HCl}$ , oksidasi  $\text{SO}_2$  menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan pembentukan partikel melalui radiasi gelombang pendek.
- c. Dispersi material pada permukaan bumi seperti : pancaran (spray) air laut dari permukaan lautan dan pancaran abu mineral dari daratan. Partikel yang dihasilkan ukurannya coarse (kasar).

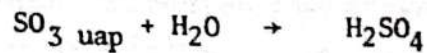
Komposisi kimia aerosol di atmosfer pada prinsipnya tergantung dari :

- sumber aerosol
- keadaan geografis setempat
- lokasi : daerah industri, pemukiman, lautan dan lain-lainnya.
- keadaan meteorologi setempat.

Pada umumnya aerosol yang terdapat di atmosfer adalah senyawa-senyawa sulfat, nitrat, chlorida dengan ion  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{NH}_4$ , abu-abu mineral yang berterbangan dan lain-lain sebagainya.

Untuk langkah awal dalam penelitian aerosol ini akan diteliti aerosol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan untuk itu dicoba dibuat pembangkit aerosol  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Pembangkit aerosol yang dibuat berdasarkan reaksi gas  $\text{SO}_3$  dengan udara dengan kelembaban tertentu (kondensasi). Reaksi pembentukan partikel aerosol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  adalah :



Kebanyakan teknik kondensasi untuk pembangkit aerosol membutuhkan inti kondensasi, tetapi untuk  $\text{H}_2\text{SO}_4$  terdapat suatu kekecualian yaitu tidak membutuhkan inti kondensasi.

Teknik-teknik kondensasi untuk membangkitkan aerosol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menurut laporan-laporan terdahulu terdiri dari tipe-tipe :

- a. pembangkit polidispersi aerosol dengan nebulizer yang diikuti oleh evaporasi dan kondensasi untuk membuat monodispersi partikel dan kemudian partikel tumbuh bersama udara dengan kelembaban tertentu (Carabine and Maddock 1976).
- b. pembangkit polidispersi aerosol melalui kondensasi uap  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kemudian disusul oleh evaporasi dan kondensasi, lalu pertumbuhan aerosol (Le Mer et.al. 1950 ; Coutarel et.al. 1967).
- c. membangkitkan polidispersi aerosol melalui rekombinasi dan kondensasi dari hasil peruraian  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang dibentuk dalam atomizer-burner (Thomas et.al. 1967).

Sedangkan pembangkit aerosol yang dikembangkan di sini adalah berdasarkan reaksi uap panas  $\text{SO}_3$  dengan udara dengan kelembaban tertentu. Teknik ini mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut :

- konstruksi sederhana dengan meniadakan beberapa peralatan yang khusus.
- mudah diatur untuk mendapatkan ukuran partikel yang diinginkan.
- partikel-partikel tidak bermuatan atau sangat lemah muatannya.

### 3. HAMBURAN

Pada teori hamburan cahaya, semua ukuran partikel penghambur dalam orde panjang gelombang ( $\lambda$ ) cahaya yang jatuh pada partikel. Hamburan aerosol di atmosfer dapat dipelajari di laboratorium dengan menggunakan

sinar laser pada aerosol yang akan diteliti. Dalam percobaan ini yang akan diteliti adalah aerosol sulfat (digunakan  $H_2SO_4$ ) dengan bentuk bulat (Steven Wall, 1982) <sup>6)</sup>.

Ada beberapa spesifikasi hamburan dari suatu aerosol yang secara fisik dapat mewakili bentuk aerosolnya diantaranya :

1. Ukuran partikel penghambur terhadap  $\lambda$ .
2. Indeks bias  $n$  terhadap sekitarnya.
3. Gerakan partikel.
4. Cahaya yang datang ke partikel.
5. Letak pengamat.

Dari kelima hal tersebut diatas, gerakan partikel dalam percobaan dianggap diam karena diambil pada saat partikel keadaan tunak dengan demikian pergeseran frekuensi Doppler yang terjadi akibat gerakan partikel adalah nol atau diabaikan. Sedangkan hal yang lain dapat diketahui.

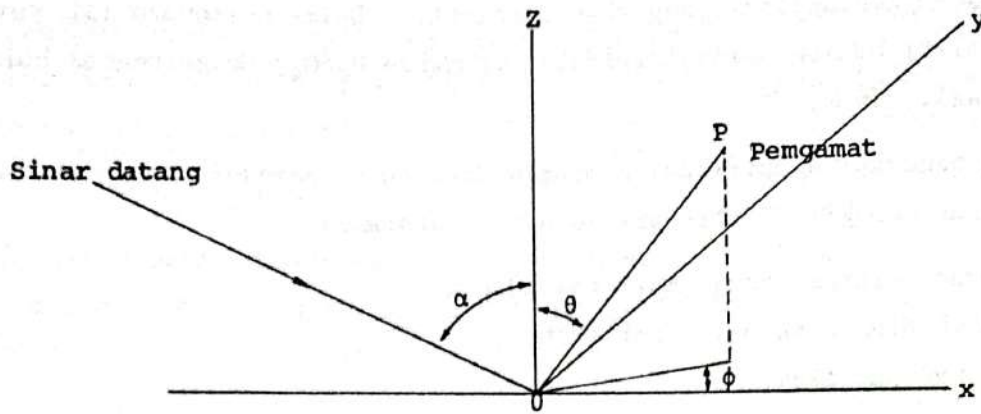
Misalnya aerosol mempunyai jari-jari  $r$  (bentuk bulat) dengan indeks bias  $n$  dan panjang gelombang sumber cahaya  $\lambda$ , didefinisikan bilangan gelombang adalah <sup>(5,6)</sup> :

$$v = \frac{2\pi r}{\lambda} \quad (3-1)$$

di sini digunakan  $\lambda$  daerah tampak ( $0,4 - 0,7 \mu m$ ), sehingga bilangan gelombang yang timbul akibat cahaya mengenai partikel dapat dicari.

### 3.1 Geometris Hamburan

Pada gambar 3.1 ditunjukkan geometris hamburan dengan cahaya datang intensitasnya  $I_0$  membentuk sudut terhadap sumbu  $z$ . Sumbu koordinat diambil pada pusat partikel dengan  $z$  sebagai sumbu putar. Koordinat sistem yang dipakai adalah polar ( $\theta, \phi$ ) dengan pengamat membentuk  $\theta$  (zenith) yang dibentuk antara vektor pengamat terhadap sumbu  $z$ , dan  $\phi$  (azimuth) adalah sudut vektor proyeksi terhadap sumbu  $x$ . Jika pengamat terletak  $R$  dari titik pusat  $0$  dan berada pada bidang  $zx$  sehingga sudut  $\phi = 0$ , maka pengamat diidentifikasi dengan  $(\theta, 0)$



Gambar 3.1 :  
Geometris hamburan sebuah partikel dan pengamat

Intensitas cahaya terhambur  $I_S$  pada jarak  $R$  dinyatakan <sup>5]</sup> :

$$I_S (\theta, \phi) = \frac{I_0 \sigma_S F_S (\theta, \phi)}{R^2} \quad (3-2)$$

di mana  $\sigma_S$  penampang total hamburan,  $F_S (\theta, \phi)$  cahaya terhambur fungsi sudut  $\theta$  dan  $\phi$  oleh partikel yang dipancarkan persatu satuan sudut ruang pada arah  $\theta$  dan  $\phi$ . Besarnya penampang total hamburan oleh Mie didefinisikan <sup>6]</sup> :

$$\sigma_S = \pi r^2 F_S (\theta, \phi) \quad (3-3)$$

sehingga dari persamaan (3-2) dan (3-3), didapat :

$$I_S (\theta, \phi) = \frac{\pi r^2 I_0}{R^2} F_S^2 (\theta, \phi) \quad (3-4)$$

Untuk partikel bulat dengan diameter kecil jika dibandingkan dengan  $\lambda$ , Rayleigh memberikan pendekatan penyelesaian penampang total hamburan adalah <sup>5]</sup> :

$$\sigma_S = \frac{128 \pi^5}{3} \frac{(n^2 - 1)^2 r^6}{(n^2 + 2) \lambda^4} \quad (3-5)$$

Jadi persamaan (3-2) dan (3-5) akan didapat :

$$\sigma_S = \frac{128 \pi^5}{3} \frac{(n^2 - 1)^2 r^6}{(n^2 + 2) \lambda^4} \frac{I_0 F_S (\theta, \phi)}{R^2} \quad (3-6)$$

Jelas di sini dari persamaan (3-6) besarnya fraksi cahaya terhambur menentukan besarnya intensitas cahaya hamburan. Pada percobaan dari persamaan (3-6), pada pengukuran akan ditentukan  $F_s(\theta, \phi)$  yang tergantung sudut hamburan di pengamat, di mana detektor foto sebagai perekam ditempatkan akan sangat menentukan radiasi perunit sudut ruang. Dalam perekaman didekati  $I_s$  akan merupakan fungsi  $\phi$ , karena sudut  $\theta$  diambil tetap di mana sumber cahaya partikel dan detektor foto berada pada bidang  $yx$ .

### 3.2 Distribusi Hamburan Cahaya

Pada kenyataannya jumlah partikel penghambur tidaklah terdiri hanya satu, melainkan banyak dan menempati daerah acak pada tabung penghambur. Distribusi aerosol tergantung kondisi lingkungan seperti temperatur, kelembaban, tekanan dan kecepatan angin. Distribusi aerosol ini terhadap variasi jari-jari aerosol ( $r$ ) yang terjadi pada suatu hasil reaksi adalah<sup>6]</sup>:

$$\frac{dN}{dr} = \frac{k}{2,30} r^{-(\gamma+1)} \quad (3-7)$$

di mana  $k$  = konstanta distribusi  
 $\gamma$  = konstanta kelengkungan untuk setiap pengamat.

Karena adanya distribusi aerosol ini, maka fraksi cahaya terhambur oleh semua aerosol yang bervariasi dalam satu satuan volume yang membentuk fraksi hamburan akan berbentuk kompleks dan  $F_s$  dapat diselesaikan dengan<sup>6]</sup>:

$$F_s = \int \sigma_s \frac{dN}{dr} dr$$

$$F_s = \int \frac{k \sigma_s}{2,30} r^{(1-\gamma)} dr$$

setelah diselesaikan :

$$F_s = \frac{k \sigma_s r^{(2-\gamma)}}{2,30 (2-\gamma)} \quad (3-8)$$

Dari persamaan (3-8) akan didapat bentuk pendekatan fraksi distribusi cahaya terhambur. Kembali pada permasalahan intensitas cahaya terhambur  $I_s$  yang diterima detektor foto pada suatu titik dengan distribusi aerosol yang bervariasi akan didapat :

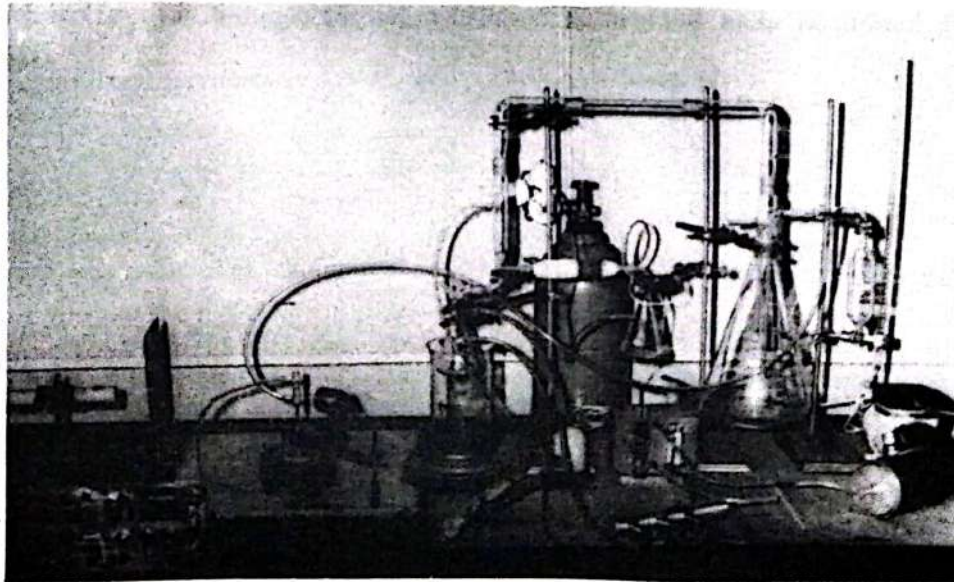
$$I_s = \frac{I_o \sigma_s k \cdot r^2 (2-\gamma)}{2,30 (2-\gamma) R^2}$$

Konstanta kelengkungan  $\gamma$  besarnya untuk setiap titik pengamat berubah. Jika detektor berubah posisi, sehingga deteksi isyarat akan menghasilkan distribusi intensitas cahaya yang dihambur bervariasi terhadap sudut hamburan (lihat hasil percobaan gambar 4.4).

#### 4. PERCOBAAN YANG DILAKUKAN

Percobaan ini dilakukan di Laboratorium laser PUSRIGAN-LAPAN untuk meneliti hamburan aerosol khususnya aerosol  $H_2SO_4$ . Penelitian ini masih dilakukan sistem diskrit dikarenakan masih dijajagi kemungkinan peletakan detektor foto yang mempunyai hasil guna yang tinggi dari penelitian awal. Percobaan hamburan ini akan membantu pada percobaan berikutnya, untuk perancangan sistem yang baik. Sistem peralatan yang dibuat meliputi empat bagian (lihat gambar 4.1) terdiri dari :

1. Sistem sumber cahaya.
2. Sistem papan penghambur.
3. Sistem elektronik dan detektor foto.
4. Sistem pembangkit aerosol.



Gambar 4.1 :

Percobaan yang dilakukan dan set up peralatan.



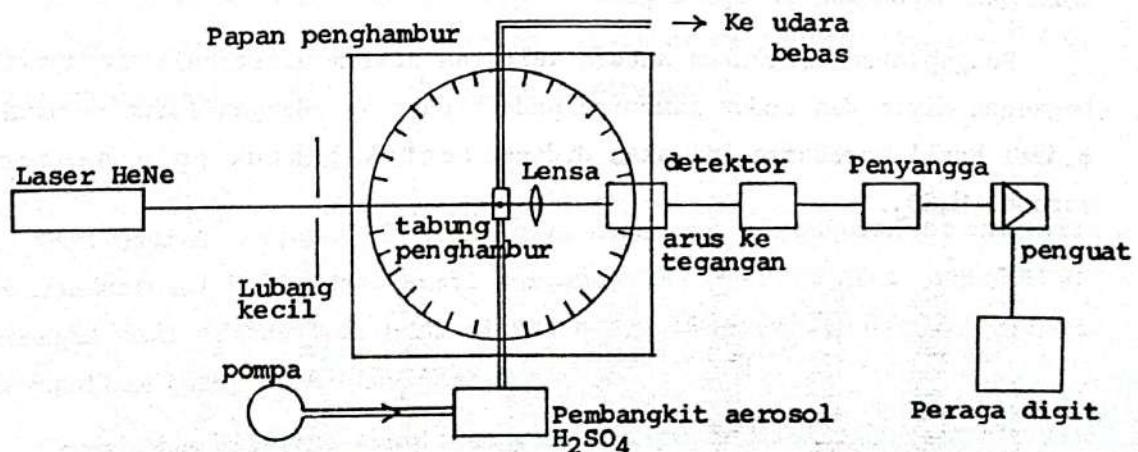
Sumber cahaya yang digunakan adalah dengan sinar laser, dengan harapan tingkah laku aerosol akan mudah diidentifikasi, karena cahayanya monokromatis dan koheren, sehingga dampak sepektrum yang timbul akibat gejala difraksi dapat dikenali dengan jelas dan dapat dieliminir.

Papan penghambur tempat kedudukan penjejakan cahaya terhambur dari detektor foto dilengkapi dengan skala sudut, agar posisi partikel dan pola hamburan dapat diketahui dengan pasti. Pusat hamburan adalah pada tabung penghambur. Tabung yang digunakan berbentuk kubus dengan pertimbangan akibat refleksi permukaan akan dapat dikurangi, sehingga kekaburan isyarat hamburan dengan noise akan dapat dikurangi.

Detektor foto yang dipergunakan adalah detektor jenis kuadrat, sehingga arus keluaran akan sebanding dengan kuadrat cahaya masukan, sehingga pengaruh perubahan frekuensi dari gerakan partikel jika dipergunakan di lapangan masih bisa ditelusuri dengan penggabungan cahaya masukan. Secara langsung dapat diketahui keluaran detektor foto dalam bentuk tegangan yang berasal dari pengubahan arus ke tegangan.

#### 4.1 Penjejakan Pola Hamburan

Atas dasar teori hamburan tersebut di atas, dilakukan percobaan untuk meneliti pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$  pada laser HeNe dengan panjang gelombang  $\lambda = 0,6328 \mu m$  (lihat rangkaian percobaan gambar 4.2).



Gambar 4.2 :  
Rangkaian percobaan yang dilakukan.

Laser yang digunakan laser HeNe dengan daya 0,5 mW, karena keluarannya agak timbul spekle, maka digunakan penghalang dengan lubang diameter 1,0 mm, kemudian dijatuhkan pada tabung penghambur yang diberi skala 0 - 360°. Besarnya tabung penghambur berbentuk kubus tinggi 5 cm dan luas alas (1,5 x 1,5) cm<sup>2</sup> terbuat dari kaca transparan yang diberi lubang keluar dan masuk aerosol.

Cahaya terhambur dari partikel aerosol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berasal dari pembangkit (lihat gambar 4.3) dijejaki dengan detektor foto BPY 13 Mullard diberi catu tegangan 20 V DC. Detektor ini mempunyai daerah tanggap yang maksimum 100 % pada panjang gelombang 0,9 μm, sedang untuk HeNe, mempunyai tanggap 70 % pada panjang gelombang 0,6328 μm.

Penjejukan pola hamburan yang terjadi dilakukan dengan pengukuran intensitas hamburan yang dimonitor pada peraga digit setelah keluaran detektor foto dirubah ke bentuk tegangan. Pada setiap titik hamburan di sekitar tabung penghambur dilakukan pengukuran kemudian diplot sesuai dengan besarnya sudut hamburan (arah hamburan). Pengeplotan ini dilakukan sebelum ada aerosol, ada aerosol dan sesudah dilakukan pengukuran sehingga sifat hamburan akan dapat diketahui.

Sistem elektronik digunakan pengubah arus ke tegangan menggunakan tahanan 500 ohm dan sistem aktif kemudian dimasukkan ke penyangga yang selanjutnya dikuatkan masing-masing menggunakan OPAM LF 356, hasil akhir tegangan digunakan peraga digit.

Pengeplotan dilakukan antara keluaran sistem elektronik berbentuk tegangan digit dan sudut hamburan pada bidang xy dengan sudut perubahan φ dari hasil perekaman ini akan didapat bentuk-bentuk pola hamburan aerosol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## 4.2 Percobaan Pembangkit Aerosol

Sistem pembangkit aerosol terdiri dari empat bagian yaitu :

- $\text{SO}_3$  feed system
- pembentukan partikel
- humidifikasi system
- aerosol flow system

Pada percobaan ini asam sulfat yang dipakai adalah oleum ( $33\% \text{SO}_3$ ), Uap  $\text{SO}_3$  di dalam tabung Erlemeyer<sup>1]</sup> dengan dibawa oleh gas nitrogen (sebagai gas pembawa dan gas pengencer) dipanaskan untuk mencapai temperatur  $300^\circ\text{C}$ <sup>2]</sup>, gunanya untuk membantu penguapan butiran-butiran  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan untuk memanaskan  $\text{SO}_3$  terlebih dahulu sebelum diinjeksikan ke dalam nozzle pembentuk partikel. Pembentuk partikel ini terdiri dari injection nozzle<sup>3]</sup> dengan diameter 2mm

Bersamaan dengan itu ke dalam tabung Erlemeyer<sup>4]</sup>, udara yang kering dialirkan dan untuk membuat udara yang lembab dengan kelembaban tertentu, di dalam tabung Erlemeyer<sup>4]</sup> tersebut terdapat air yang dipanaskan (temperatur  $30^\circ\text{C}$ ) dengan pemanas di bawahnya.

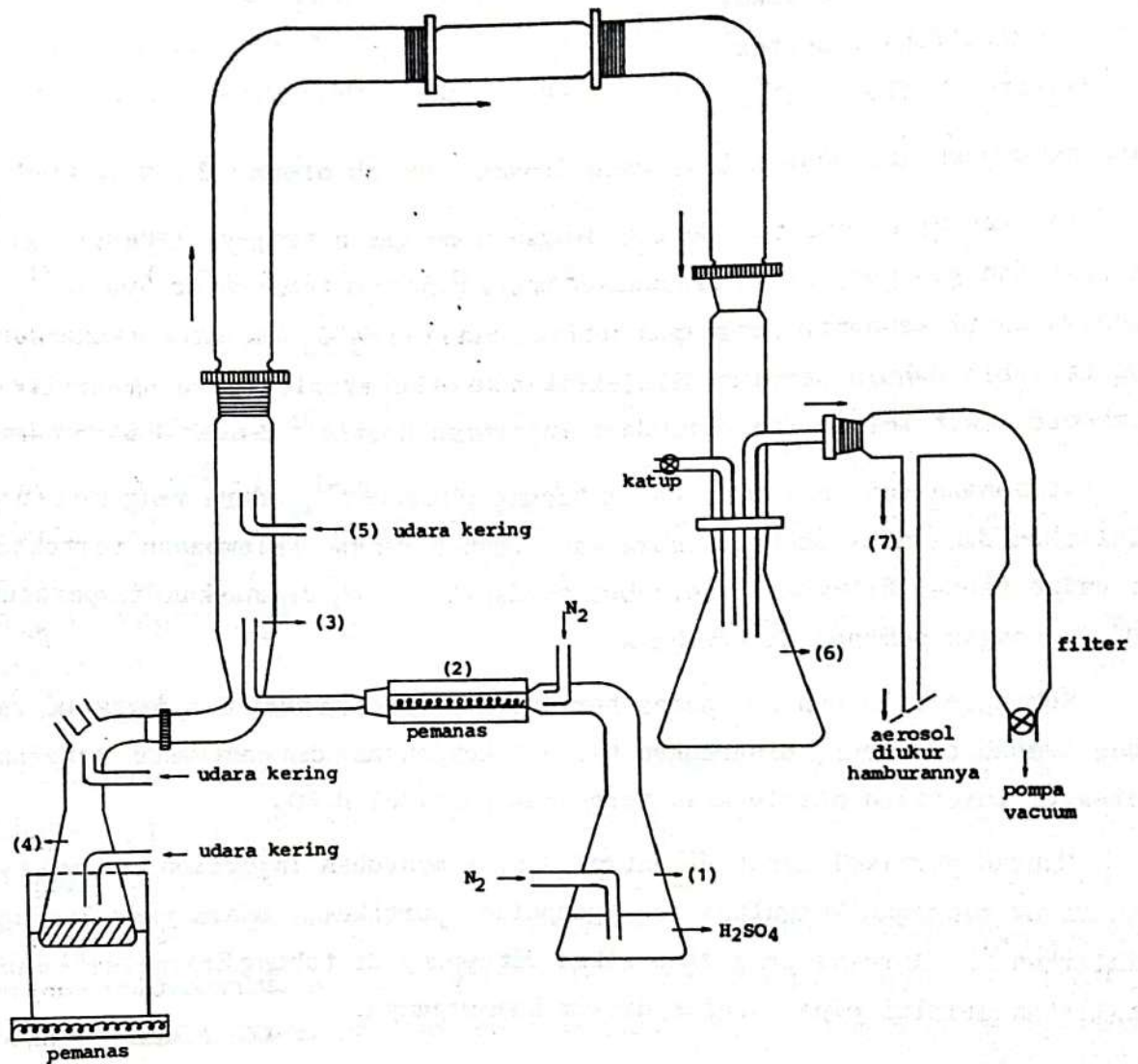
Sehingga bila uap  $\text{SO}_3$  panas berinteraksi secara turbulen dengan udara yang lembab tersebut, diharapkan terjadi kondensasi dan pada waktu setelah melewati injection nozzle akan terbentuk partikel  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Ukuran partikel dapat dikontrol dengan mengubah injection velocity dan untuk mencegah koagulasi (penggumpalan) partikel, udara yang kering dialirkan<sup>5]</sup>. Aerosol yang dihasilkan ditampung di tabung Erlemeyer<sup>6]</sup> dan dialirkan melalui pipa<sup>7]</sup> untuk diukur hamburannya.

## 4.3 Pengukuran

Dari uraian tersebut di atas, maka dilakukan pengukuran percobaan hamburan aerosol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dari hasil percobaan sesuai dengan rangkaian percobaan pada gambar 4.3, pada aliran udara 35 lpm, 37 lpm dan 38,5 lpm, di laboratorium laser PUSRIGAN-LAPAN.

Karena ada beberapa kesulitan penghitungan aerosol, maka pada percobaan awal ini dilakukan perekaman pada kecepatan aliran yang berbeda-beda. Sedangkan kondisi percobaan aerosol adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 :  
Rangkaian percobaan pembangkit aerosol.

Temperatur air	=	34° C
Temperatur basah	=	26° C
Temperatur kering	=	28° C
Temperatur pemanas	=	250° C
RH	=	± 80%

Kecepatan alir udara (bervariasi), lihat tabel pengukuran

Isi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pekat)	50 ml
Isi air	100 ml
Jarak detektor foto	12 cm (diambil sesuai dengan penjajaran peralatan mekanik dan optik).

Pengukuran ini dilakukan dengan detektor BPY 13 pada jarak 13 cm dari pusat aerosol dan diputar melingkar dengan awal putaran arah lawan jarum jam dan sudut nol (0°) dari sinar yang diteruskan. Pelaksanaan pengukuran dilakukan delapan kali tiap aliran udara, sehingga didapatkan hasil yang optimal dari kesemua pengukuran. Karena sulitnya pengaturan pompa aliran udara, maka hanya bisa dilakukan pengaturan kecepatan aliran pada ketiga variasi kecepatan tersebut di atas. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3.

#### 4.4 DISKUSI

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan alir udara pada sudut hamburan 90° (di mana cahaya terpolarisir) memberikan keluaran semakin mengecil. Dengan peniupan alir udara semakin kencang (tinggi) jumlah konsentrasi partikel H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang terbawa akan semakin banyak, sehingga kemungkinan hamburan akan semakin baur dan lintasan hamburan akan semakin panjang dari setiap cahaya terhambur. Akibat hal tersebut di atas cahaya yang diterima detektor semakin sedikit dan mendekati serba sama. (lihat tabel 4.1; 4.2; 4.3).

Dalam hal konstanta distribusi tergantung jumlah partikel (aerosol)  $N$ , maka dari persamaan (3-9) dengan  $I_0$  tetap, di mana  $I_s$  semakin besar berarti konsentrasi semakin tinggi. Pada lpm. 38,5 yang berarti semakin banyak aerosol dihasilkan pola hamburan akan semakin tinggi, namun kenyataannya semakin rendah. Dalam hal ini terjadi karena adanya hamburan ganda yang akhirnya akan mendekati baur dan ini dapat dilihat pada lpm tinggi (konsentrasi tinggi) pada gambar 4.6b pola hamburan mendekati rata pada setiap perubahan sudut detektor. Jadi kiranya ada batas ambang konsentrasi yang dapat terjadinya anomali hamburan aerosol di mana akan sangat sulit untuk mendeteksi aerosol secara kuantitatif dengan pengukuran cara ini. Atau alat ukur ini mempunyai batas ukur pembeda pada besar hamburan tertentu yang semestinya digunakan detektor lain yang lebih peka.

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dari ambang hamburan yang dapat memberikan kejelasan deteksi baur. Di lain pihak jika peralatan terpenuhi seyogyanya digunakan detektor foto peka cahaya jenis fotomultiplier.

Jika hamburan pada sudut  $0^\circ$  (arah langsung) dapat didekati memenuhi hukum absorpsi Beer-Lambert:

$$I_s = I_0 e^{-acL} \quad (4.1)$$

di mana  $I_s$  = intensitas cahaya yang diteruskan  
 $a$  = penampang total serapan aerosol  
 $c$  = konsentrasi aerosol  
 $L$  = panjang lintasan.

Dari rumus (4.1) ini jika hasil pengukuran pada tabel 4,5 dimasukkan dengan nilai  $a$  tertentu akan didapat bahwa, semakin tinggi lpm semakin rendah yang berarti konsentrasinya semakin tinggi (karena  $L$ ,  $a$  dan  $I_0$  konstan). Dengan demikian akan benar bahwa semakin tinggi konsentrasinya pola hamburan akan rata (flat) mendekati tunak dan konstan karena sifat baur.

Tabel 4.1 :

Pengukuran intensitas sinar hamburan dari aerosol  $H_2SO_4$  pada kecepatan alir udara 35 lpm.

SUDUT ( $\phi$ ) <sup>o</sup>	PENGUKURAN (VOLT)								RATA-RATA $\bar{I}_r$ (V)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
15	0,9224	0,9227	0,9230	0,9228	0,9227	0,9225	0,9222	0,9223	0,9226
30	0,9218	0,9221	0,9222	0,9217	0,9220	0,9223	0,9219	0,9220	0,9210
45	0,9217	0,9220	0,9221	0,9219	0,9215	0,9216	0,9212	0,9216	0,9217
60	0,9217	0,9213	0,9217	0,9215	0,9212	0,9213	0,9212	0,9213	0,9214
75	0,9208	0,9207	0,9206	0,9213	0,9212	0,9211	0,9214	0,9213	0,9210
90	0,9206	0,9203	0,9202	0,9203	0,9205	0,9204	0,91100	0,9201	0,9203
105	0,9204	0,9206	0,9203	0,91101	0,9205	0,9205	0,91101	0,9207	0,9204
120	0,9202	0,91910	0,91101	0,9199	0,9202	0,91101	0,91910	0,9203	0,91911
135	0,91100	0,9198	0,9197	0,9198	0,9197	0,9199	0,9196	0,9199	0,9198
150	0,9198	0,91910	0,91101	0,9199	0,91101	0,9198	0,91101	0,9202	0,91100
180	TERTUTUP								

Temperatur air = 34° C.  
 Temperatur basah = 26° C.  
 Temperatur kering = 28° C.  
 Temperatur pemanas = 250° C.  
 RH = + 80 %  
 Jarak detektor foto dengan tabung cuplik = 12 cm.  
 Kecepatan alir udara = 35 lpm.  
 Isi  $H_2SO_4$  = 50 ml.  
 Isi air = 100 ml.

Tabel 4.2 :

Pengukuran intensitas sinar hamburan dari aerosol  $H_2SO_4$  kecepatan alir udara 37 lpm.

SUDUT ( $\phi$ ) <sup>o</sup>	PENGUKURAN (VOLT)								RATA-RATA $\bar{I}_r$ (V)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
15	0,8804	0,8803	0,8803	0,8806	0,8807	0,8805	0,8804	0,8806	0,8805
30	0,87100	0,8803	0,8804	0,8803	0,87102	0,8804	0,87101	0,8796	0,87102
45	0,8799	0,8799	0,8803	0,87101	0,87102	0,8804	0,87101	0,8799	0,87101
60	0,8799	0,87102	0,8798	0,8798	0,8799	0,8797	0,87100	0,8799	0,8799
75	0,8793	0,8798	0,8796	0,8798	0,8798	0,8790	0,8796	0,8797	0,8796
90	0,8795	0,8792	0,8790	0,8793	0,8794	0,8791	0,8793	0,8796	0,8793
105	0,8791	0,8793	0,8792	0,8794	0,8789	0,8793	0,8790	0,8794	0,8789
120	0,8768	0,8787	0,8789	0,8792	0,8791	0,8789	0,8787	0,8790	0,8786
135	0,8788	0,8785	0,8787	0,8789	0,8790	0,8788	0,8790	0,8787	0,8788
150	0,8784	0,8787	0,8784	0,8786	0,8785	0,8788	0,8787	0,8787	0,8786
165	0,8783	0,87	0,8784	0,8787	0,8787	0,8785	0,8784	0,8782	0,8784
180	TERTUTUP								

Temperatur air = 34<sup>o</sup> C.  
 Temperatur basah = 26<sup>o</sup> C.  
 Temperatur kering = 28<sup>o</sup> C.  
 Temperatur pemanas = 250<sup>o</sup> C.  
 RH = + 80 %

Jarak detektor foto dengan tabung cuplik = 12 cm.  
 Kecepatan alir udara = 37 lpm.  
 Isi  $H_2SO_4$  = 50 ml.  
 Isi air = 100 ml.



Tabel 4.3 :

Pengukuran intensitas sinar hamburan dari aerosol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kecepatan alir udara 38,5 lpm.

SUDUT ( $\phi$ ) <sup>o</sup>	PENGUKURAN (VOLT)								RATA-RATA $\bar{I}_r$ (V)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
15	0,8495	0,84102	0,8498	0,84101	0,84100	0,8496	0,84101	0,8499	0,8499
30	0,8495	0,8493	0,8496	0,8494	0,8498	0,8498	0,8494	0,8494	0,8495
45	0,8494	0,8491	0,8493	0,8497	0,8493	0,8491	0,8490	0,8495	0,8493
60	0,8491	0,8490	0,8493	0,8495	0,8492	0,8494	0,8492	0,8489	0,8492
75	0,8491	0,8493	0,8494	0,8492	0,8492	0,8490	0,8495	0,8489	0,8492
90	0,8487	0,8488	0,8485	0,8490	0,8489	0,8488	0,8490	0,8487	0,8488
105	0,8488	0,8487	0,8490	0,8489	0,8490	0,8489	0,8491	0,8488	0,8489
120	0,8483	0,8488	0,8485	0,8484	0,8486	0,8485	0,8489	0,8488	0,8486
135	0,8483	0,8487	0,8491	0,8484	0,8482	0,8486	0,8484	0,8485	0,8484
150	0,8478	0,8481	0,8479	0,8480	0,8485	0,8481	0,8484	0,8480	0,8491
165	0,8478	0,8479	0,8482	0,8481	0,8479	0,8479	0,8481	0,8481	0,8480

Temperatur air = 34° C.  
 Temperatur basah = 26° C.  
 Temperatur kering = 28° C.  
 Temperatur pemanas = 250° C.  
 RH = ± 80 %  
 Jarak detektor foto dengan tabung cuplik = 12 cm  
 Kecepatan aliran udara = 38,5 lpm  
 Isi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 50 ml  
 Isi air = 100 ml.

Tabel 4.4 :

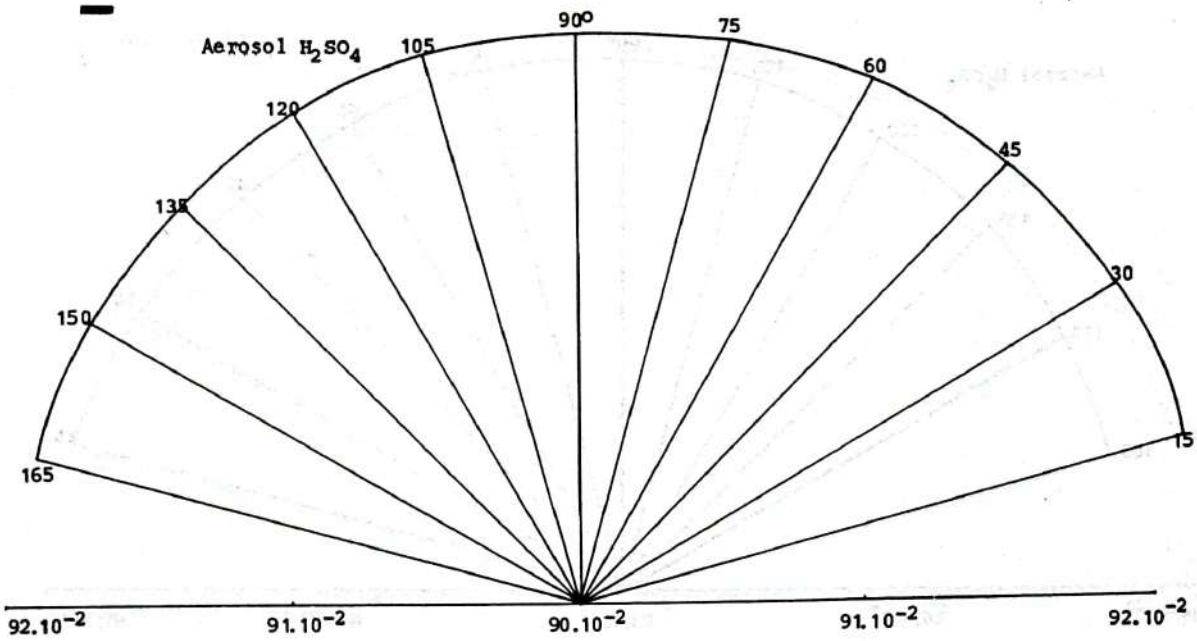
Hasil pengukuran dan perhitungan hamburan aerosol  $H_2SO_4$  pada sudut  $90^\circ$

KECEPATAN ALIR V (lpm)	PENGUKURAN SINAR HAMBURAN PADA SUDUT $90^\circ$ (VOLT)								KETERANGAN	
	RATA RATA									
	1	2	3	4	5	6	7	8		$I_T$ (V)
35	0,9206	0,9203	0,9202	0,9203	0,9205	0,9204	0,91100	0,9201	0,9203	Pengukuran pada jarak 12 cm dari pusat hamburan.
37	0,8795	0,8792	0,8790	0,8793	0,8794	0,8791	0,8793	0,8796	0,8793	
38,5	0,8487	0,8488	0,8485	0,8490	0,8489	0,8488	0,8490	0,8487	0,8488	

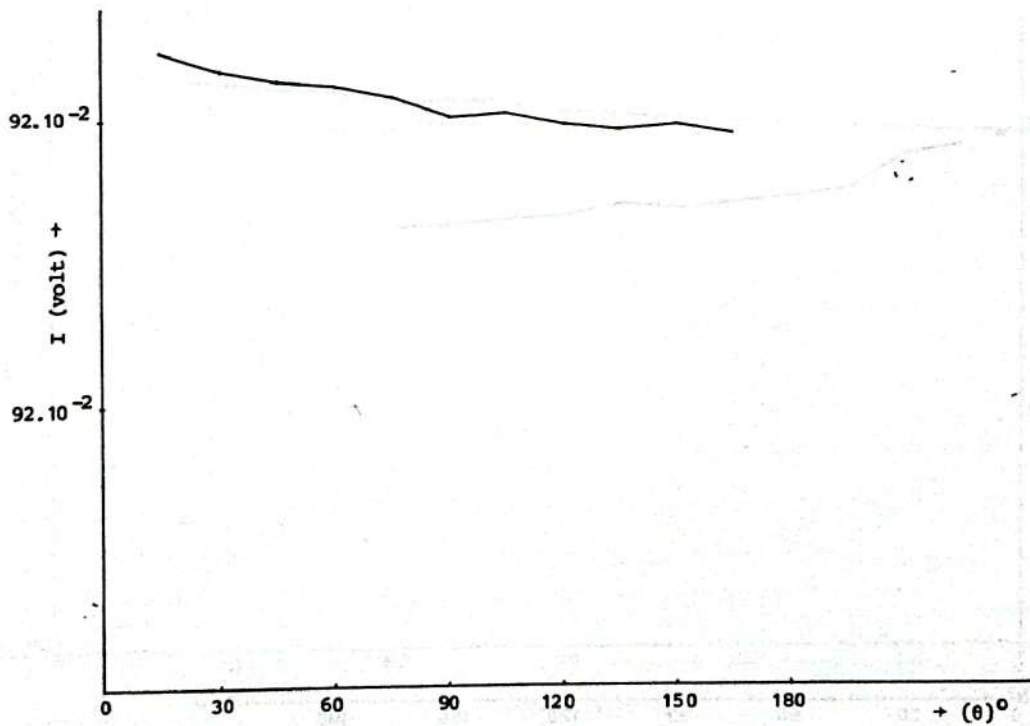
Tabel 4.5 :

Hasil pengukuran dan perhitungan hamburan aerosol  $H_2SO_4$  pada sudut  $0^\circ$

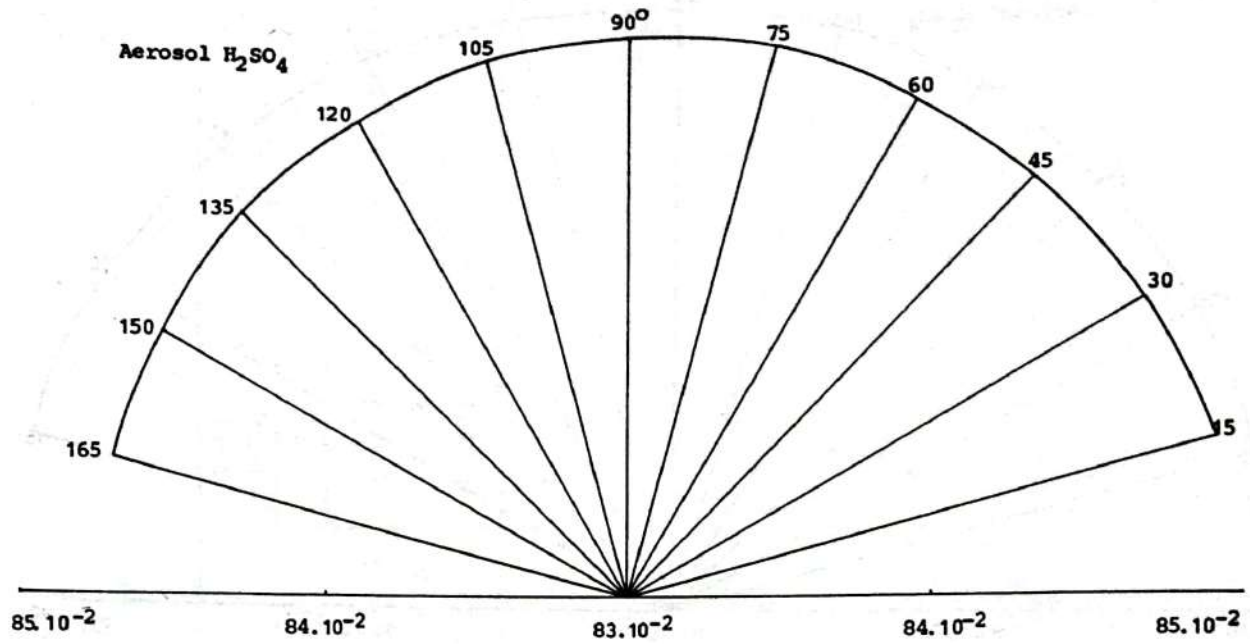
KECEPATAN ALIR V (lpm)	PENGUKURAN SINAR HAMBURAN PADA SUDUT $0^\circ$ (VOLT)								KETERANGAN	
	RATA RATA									
	1	2	3	4	5	6	7	8		$I_T$ (V)
35	9,797	9,795	9,7911	9,798	9,7911	9,795	9,792	9,796	9,797	Pengukuran pada jarak 12 cm dari pusat hamburan.
37	9,743	9,745	9,747	9,748	9,745	9,743	9,744	9,745	9,745	
38,5	9,718	9,7110	9,7111	9,723	9,723	9,7112	9,723	9,719	9,7111	



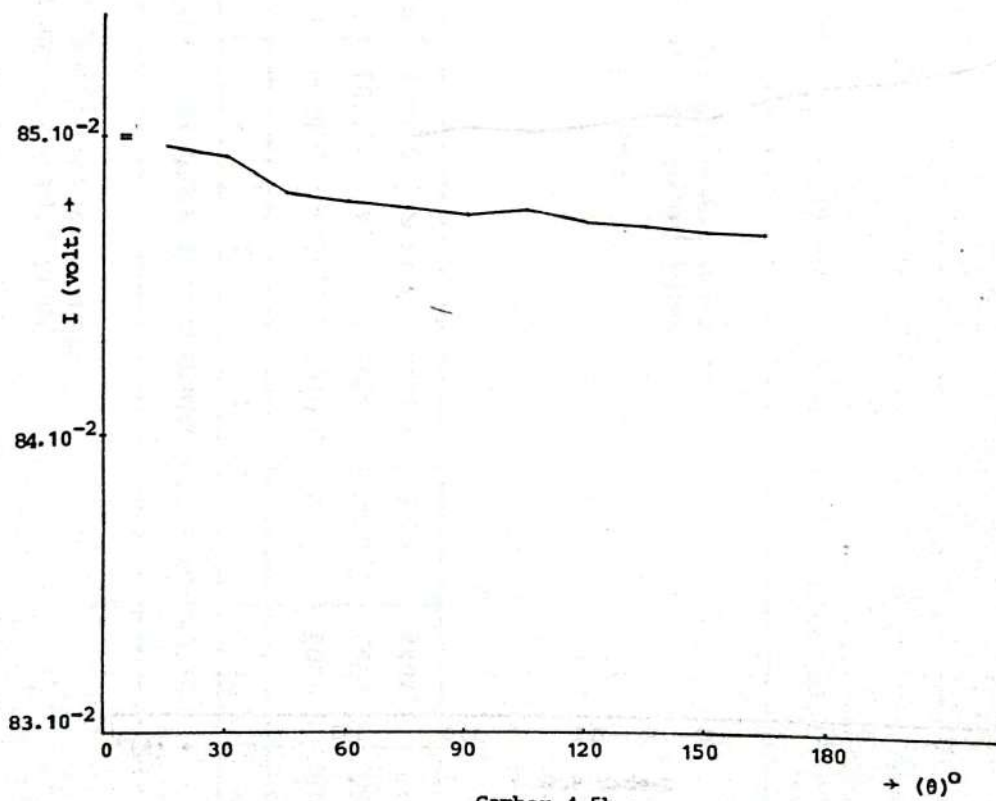
Gambar 4.4a :  
 Pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$  (polar)  
 pada pengukuran dengan kecepatan  
 alir udara 35 lpm



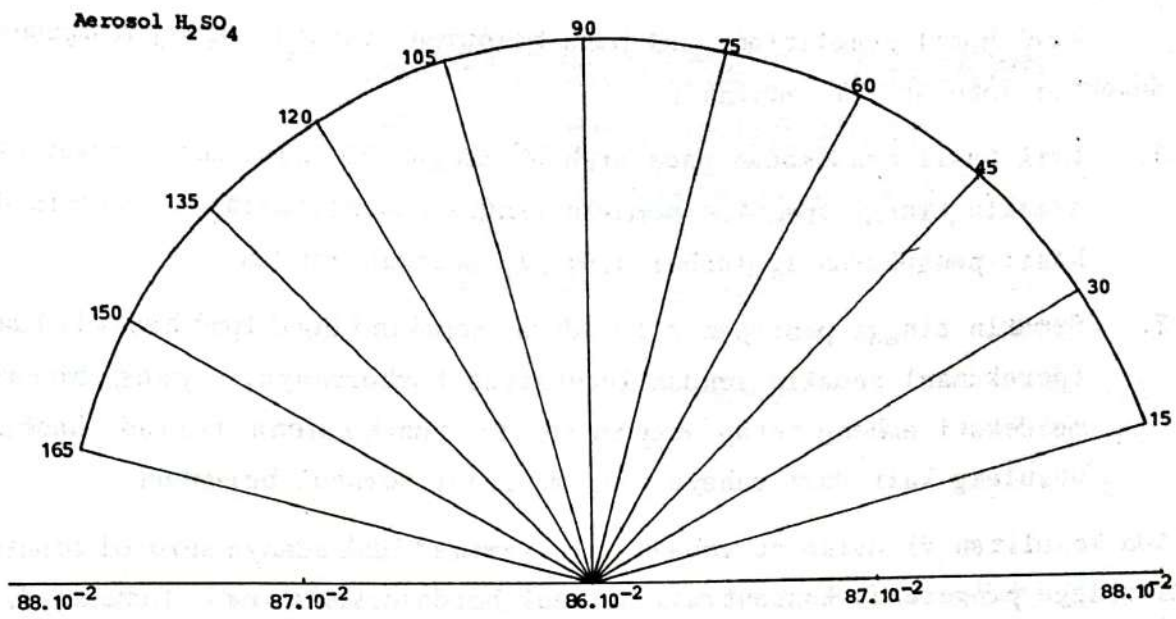
Gambar 4.4b :  
 Pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$  pola kartesian



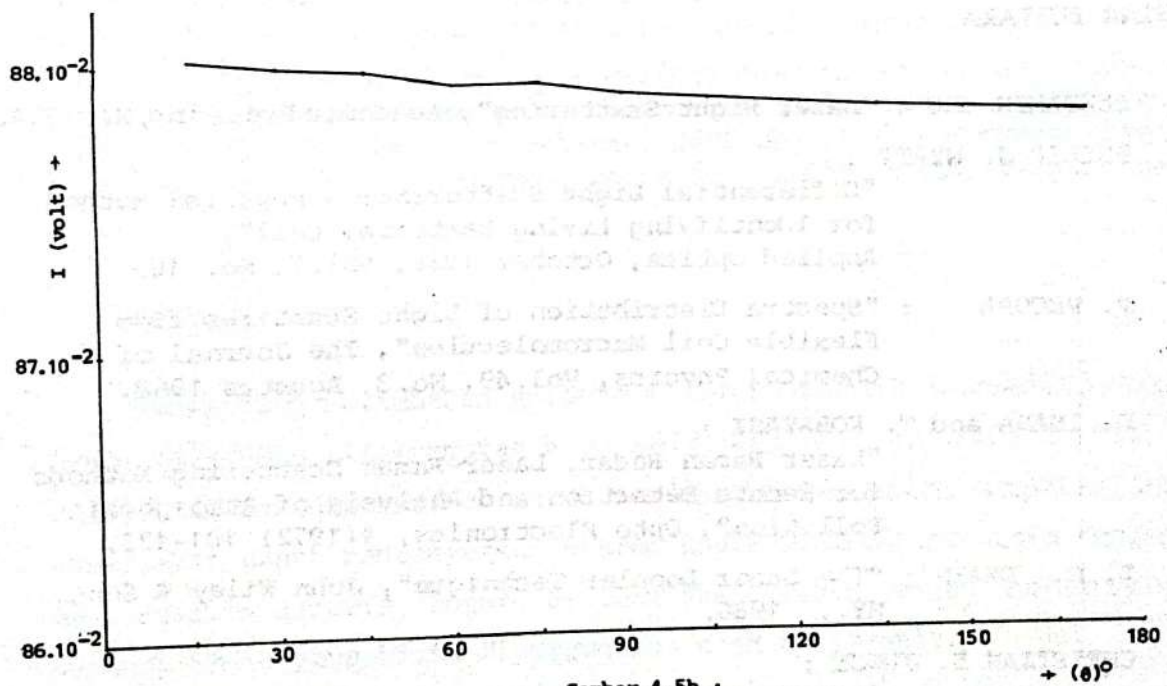
Gambar 4.5a  
 Pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$   
 kecepatan alir udara 37 lpm



Gambar 4.5b :  
 Pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$  pola Kartesian  
 kecepatan alir udara 37 lpm.



Gambar 4.6a :  
 Pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$   
 kecepatan alir udara 38,5 lpm.



Gambar 4.5b :  
 Pola hamburan aerosol  $H_2SO_4$  pola Kartesian  
 kecepatan alir udara 38,5 lpm.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian awal pada hamburan aerosol  $H_2SO_4$  menggunakan detektor foto BPY 13 adalah :

1. Dari hasil pendekatan pada arah  $0^\circ$  dengan menggunakan rumus (4.1) semakin tinggi lpm akan semakin tinggi konsentrasinya, karena dari hasil pengukuran  $I_s$  (tabel 4.5)  $I_s$  semakin rendah.
2. Semakin tinggi peniupan alir udara (semakin tinggi lpm) hasil keluaran (perekaman) semakin rendah intensitas hamburannya, yang berarti mendekati ambang tetap atau intensitas tunak karena terjadi hamburan berulang kali dari cahaya yang mengenai aerosol beruntun.

Ada kesulitan di dalam percobaan ini, karena tidak adanya aerosol counter, sehingga pengecekan konsentrasi aerosol berdasarkan teori (rumus 4.1), tidak dapat ditunjang dari pengukuran, hanya berdasarkan perhitungan dan analisa fisis yang ada pada saat pengukuran hamburan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BENYAMIN CHU : "Laser Light Scattering", Academic Press Inc, NY, 1974.
2. PHILIP J. WYATT :  
"Differential Light Scattering; a Physical Method for Identifying Living Bacterial Cell", Applied Optics, October 1968, Vol.7, No. 10.
3. P. PECORA : "Spectra Distribution of Light Scattered from Flexible Coil Macromolecules", The Journal of Chemical Physics, Vol.49, No.3, Agustus 1968.
4. H. INABA and T. KOBAYASI :  
"Laser Raman Radar, Laser-Raman Scattering Methods for Remote Detection and Analysis of Atmospheric Pollution", Opto Electronics, 4(1972) 101-123.
5. L. E. DRAIN : "The Laser Doppler Technique", John Wiley & Sons, NY., 1980.
6. CHRISTIAN E. JUNGE ;  
"Air Chemistry and Radioactivity", Academic Press Inc, NY., 1973.
7. S. WALL :  
"A Nondisperse Sulphuric Acid Generator", Atmospheric Environment, Vol.16, NO.6, 1982.