

PENGEMBANGAN INSTRUMEN DALAM SAINS DAN TEKNOLOGI ATMOSFER

Chunaeni Latief

Bidang Teknologi Atmosfer, Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN
Jl. Dr Djundjunaan 133, 022-6037445, fax: 022-6037443.
chunaeni@yahoo.com

Abstract

Science and atmospheric instrumentation technology are rapidly development, especial by supported developing electronic technology on the SMD (surface molded device). Observation and developing instrumentation on terrestrial system and space system are very quickly progress. Research successfully and speedy development based on management, manpower, instrument are fully facilitation respectively. The succeed atmospheric monitoring instrument, simulation and modeling are necessary to reach complete research with perfect data and sharp analysis. The Atmospheric Science and Technology Center of LAPAN coincide to the mission program should can be innovative developed in atmospheric measurement instrumentation to support satellite and rocket program in future. This progress claim to obtain in reaching rocket payload, satellite program and atmospheric exploration.

Keywords : atmospheric instrumentation, terrestrial system, space system, science development method.

Abstrak

Perkembangan instrumen penelitian sains dan teknologi atmosfer sangat pesat sekali, terutama dengan cepatnya teknologi elektronika melalui SMD (surface molded device). Pengamatan dan pengembangan instrumen baik dari ruas bumi maupun ruas angkasa sangat maju pesat. Keberhasilan penelitian dan pengembangan instrumen dilandasi pada manajemen, sumberdaya manusia, instrumen dengan fasilitasnya yang memadai. Keberhasilan instrumen pengamatan atmosfer, simulasi dan model sangat diperlukan dalam rangka menyempurnakan penelitian melalui kelengkapan data dan sempurnanya analisis. PSTA sesuai dengan tugas harus dapat mengembangkan instrumen pengukuran atmosfer dalam menyongsong program satelit maupun roket dimasa yang akan datang. Tentunya agar berkiprah di sistem muatan roket, satelit maupun pengembangan instrumen eksplorasi atmosfer.

Kata kunci : instrumentasi atmosfer, sistem ruas bumi, sistem ruas angkasa, metode pengembangan ilmiah.

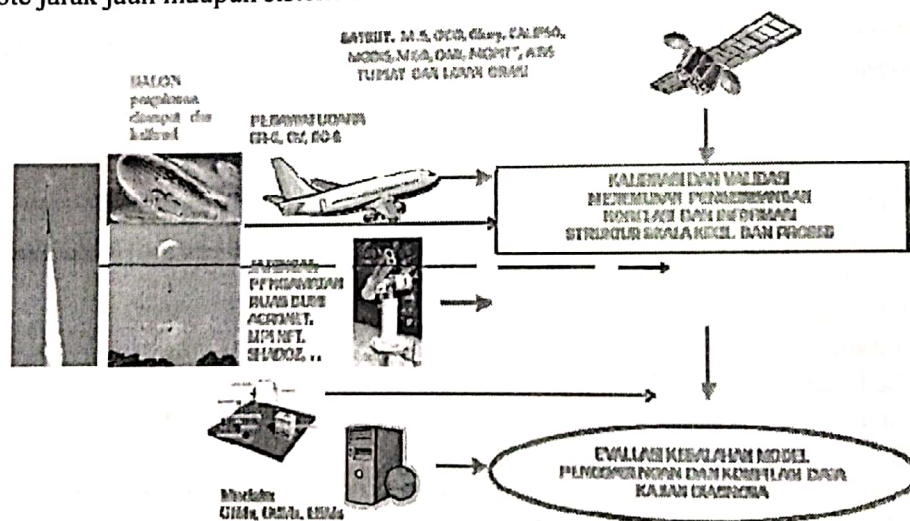
1. PENDAHULUAN

Perkembangan sains dan teknologi untuk mementau dan mengukur atmosfer sangat pesat sekali terutama dalam era digital dan informasi yang mengandalkan pada sistem *remote*. Seluruh aspek perkembangan teknologi telah dikerahkan untuk mengeksplorasi kondisi atmosfer maupun antariksa, karena banyak fenomena yang belum terungkap, termasuk fenomena perubahan iklim^[1].

Pengukuran parameter atmosfer untuk memperoleh data dan mengungkap fenomena yang baru maupun yang ganjil atau anomali dapat dilakukan dengan mengembangkan model, mengungkap komposisi atmosfer melalui pengembangan instrumen dan metode pengukuran yang handal dan akurasi tinggi^[2]. Beberapa kegiatan dilakukan untuk mengungkap potensi atmosfer dengan dinamikanya melalui :

1. Monitoring dan pendeteksian dari satelit, pesawat, balon, roket.
2. Observasi dari ground-based dengan remote maupun insitu yang ditopang pengembangan metode dan teknologi pengukuran baru serta pemenuhan fasilitas yang memadai.
3. Pengembangan model dan simulasi
4. Penelitian bersama, kerjasama dan tukar informasi.

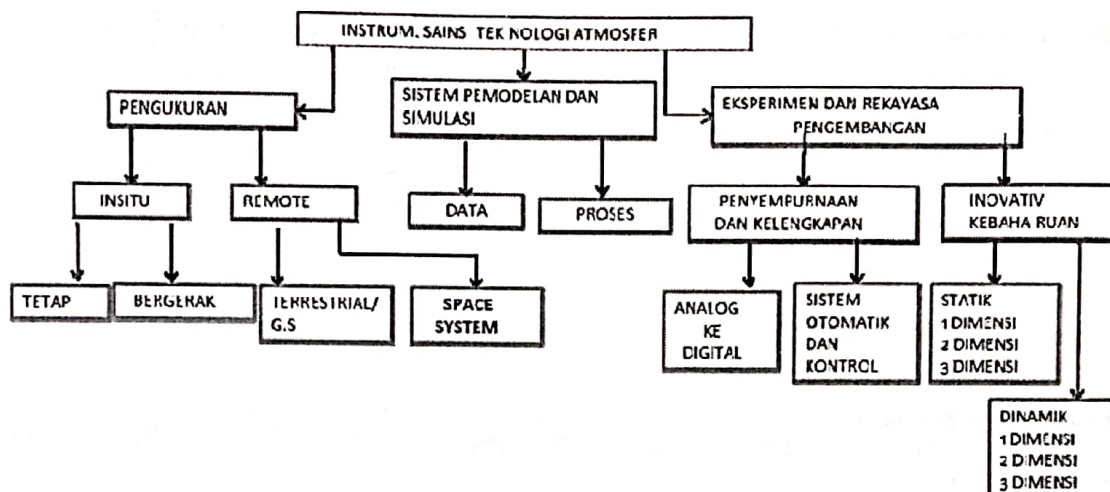
Dari ketiga kegiatan tersebut di atas, maka penelitian atmosfer dapat digunakan beberapa wahana (lihat Gambar 1.1) diantaranya, dari ruas bumi (AWS, sensor gas-gas, sensor cahaya dsb), ruas atas satelit dengan sensornya, maupun sistem roket, balon dan remote (radar, lidar). Pengukuran dapat sistem remote jarak jauh maupun sistem in situ.



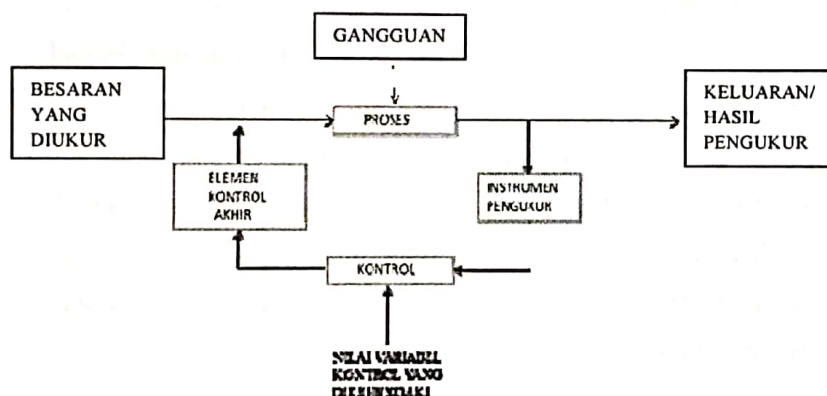
Gambar 1.1. Sistem wahana pemantauan dan penelitian atmosfer.^{[3], [4]}

2. INSTRUMEN PENGUKURAN ATMOSFER

Instrumen yang digunakan untuk mengukur atmosfer berbagai ragam metode dan teknologi. Dimulai dari jenis pengukuran ada dua: insitu dan remote, dari remote ini dikembangkan sistem terrestrial dan space system (satelit dsb) lihat Gambar 2.1.

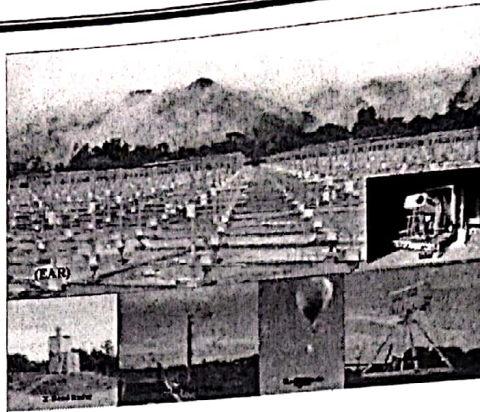


Gambar 2.1. Kegiatan pada instrumentasi yang berkaitan dengan kegiatan sains dan teknologi Atmosfer.



Gambar 2.2. Pengukuran ini menggunakan fenomena dan ukuran yang cukup luas dari ukuran molekuler sampai skala planetary [5].

Dari Gambar 2.2. untuk mengukur parameter dan dinamika proses atmosfer dapat dilakukan dengan mengamati proses dinamika atmosfer menggunakan sensor-sensor yang tepat dan mengontrolnya melalui elemen kontrol yang akan dihasilkan hasil pengukuran parameter yang sesuai. Gambar 2.1, sistem terrestrial salah satunya dapat dikembangkan Lidar (*light detection and ranging*). Gambar 2.3 Fasilitas ruang bumi di Loka Kototabang dengan fasilitas instrumen yang digunakan untuk mengukur aktifitas atmosfer (EAR, X-Band Radar, Optical Rain Gauge, Radio Sonde, lidar, Radiometer).



Gambar 2.3. Fasilitas yang ada di Loka Kototabang untuk mengamati dinamika dan parameter atmosfer dikembangkanlah beberapa instrumen, EAR, X-Band radar, Optical rain gauge, radiosonde, Lidar, radiometer [6].

2.1. Pertimbangan Pengembangan Instrumen Pengukur Fenomena Atmosfer .

Untuk menganalisis fenomena atmosfer dapat dikembangkan *Model Development*. Model development ini termasuk parameterisasi dan evaluasi dengan data lengkap dan benar melalui observasi dan penelitian. Kelengkapan pengukuran perlu adanya kerjasama dengan pengamat yang lain untuk menyempurnakan data hasil penelitian. Langkah-langkah penguasaan instrumen untuk pengamatan atmosfer dapat dilakukan dengan :

1. Pengembangan instrumen dan mengoperasikan secara rutin dengan ketentuan yang berlaku berdasarkan SOP serta mengkalibrasikan berkala.
2. Menselaraskan program IPTEK atmosfer dengan bidang eksperimen yang menggabungkan program inovatif , pendekatan obyektif teknik pada eksperimen yang tepat.

Untuk mengkompilasi pengembangan instrumen sains dan teknologi atmosfer perlu dilakukan:

1. Memanaj dan mengkomunikasi penelitian dan hasil-hasil penelitian atmosfer baik dalam negeri maupun luar negeri.
2. Proses perancangan investigasi atau penelitian atmosfer dengan benar dan sesuai dengan prioritas utama kepentingan nasional dan atau mendukung perkembangan ilmiah secara global, baik dalam bentuk kelembagaan maupun kerjasama internasional.
3. Perlu adanya desiminasi dan visualisasi teknologi hasil penelitian dan pengembangan untuk mewujudkan dan menunjukkan kemandirian dan kemampuan bangsa.

Kelengkapan program pengembangan instrumen sains dan teknologi atmosfer, tidak dapat secara serempak dilakukan dan dikuasai, namun perlu:

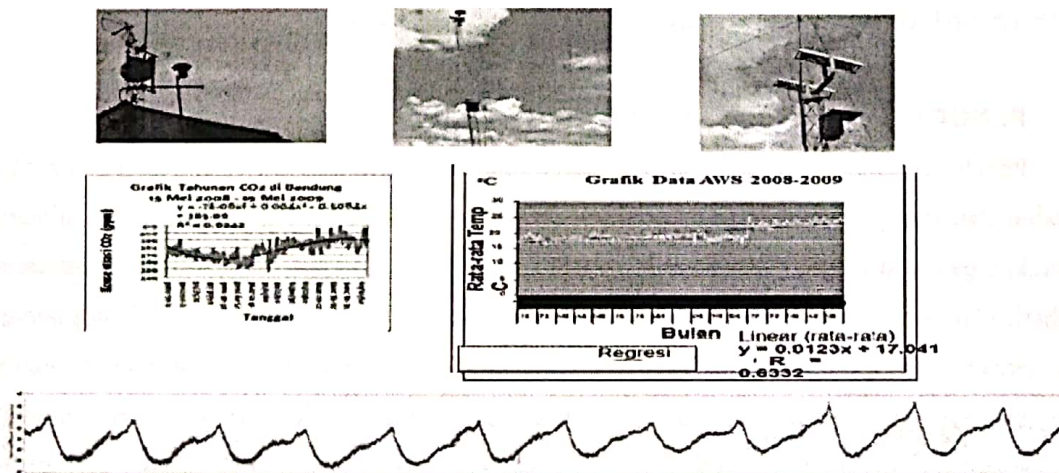
- a. Analysis programs dengan sistem *sampling* perkembangan teknologi terpilih yang tepat .

- b. Pengembangan sistem modeling dan simulasi untuk mengatasi masalah biaya, waktu dan luasnya cakupan.
- c. Analisis keruangan yang digunakan dalam pengembangan sistem penelitian melalui kajian yang detail.
- d. Mengembangkan sistem aplikasi, walaupun basisnya pada research and development.
- e. Diperlukan manajemen sistem link informasi dan komunikasi agar tidak ketinggalan dalam menggapai perkembangan iptek atmosfer.

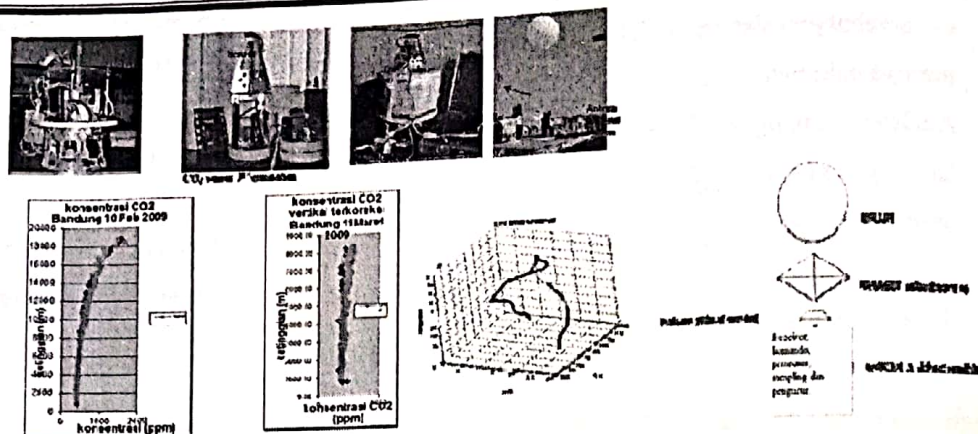
2.2. Instrumen yang Dikembangkan di PSTA

Dari pembahasan pengukuran fenomena dan pengembangan instrumen sains atmosfer tersebut di atas disajikan pengembangan sistem pengukuran parameter atmosfer yang telah dan akan dikembangkan di Bidang Teknologi Atmosfer LAPAN diantaranya instrumen:

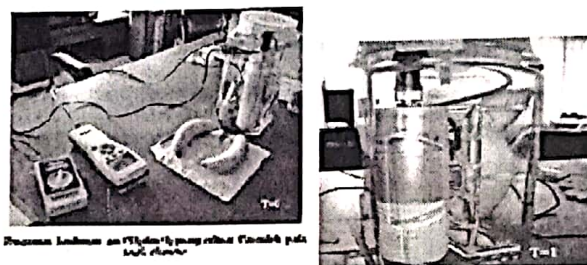
1. Pengukur profil CO₂ vertikal (SATKLIM LPN-1A) dan pemantau CO₂ tetap /horizontal (SATKLIM LPN-1B) dengan P, T, Rh, dan posisi (GPS) (Gambar 2.4 dan 2.5).
2. BROWSING (Bandung radio wind sounding) dengan P, T, Rh, posisi dan arah angin.
3. Pengukur/pemantau CO₂ dan O₂ tetap (horizontal).
4. Pengolahan sinyal radar dari radar maritime, menjadi radar pengamatan hujan.
5. Pengembangan sistem Lidar
6. Membantu pengembangan penelitian *microgravity* bekerjasama dengan FI dan STH ITB (Gambar 2.6).



Gambar 2.4. Fasilitas instrumen pengukur CO₂ dan data hasil pengukuran temperatur dan data CO₂ satu tahun (2008 -2009)^[7].



Gambar 2.4. Fasilitas instrumen pengukur CO₂ vertikal dan data hasil pengukuran CO₂ ke atas dan ke bawah di Bandung dan lintasan sensornya. Kanan struktur pengukuran CO₂ vertikal.^[8]

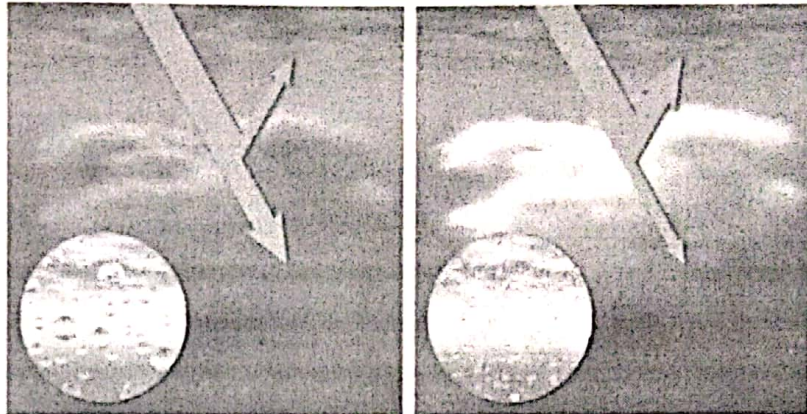


Gambar 2.6 Percobaan pengujian sensitifitas dan kemampuan probe dalam menghitung gas O₂ dan CO₂ pasang pada sistem mikrogravitasi.^[8]

Semua instrumen yang terdapat pada Gambar 2.4- 2.6. telah dikembangkan dan digunakan oleh PSTA LAPAN dan data telah dipublikasi serta dianalisis hasilnya.

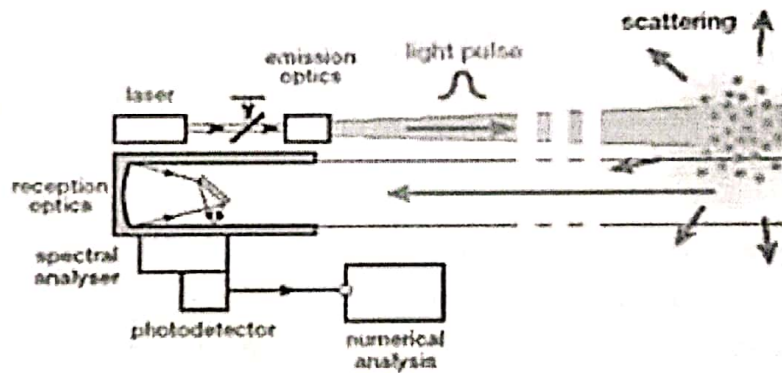
3. PENGEMBANGAN SISTEM LIDAR

Penelitian atmosfer sangat menarik, karena masih banyak fenomena atmosfer yang belum diketahui dan diungkap secara sempurna seperti: iklim, aerosol, awan, lapisan batas, dinamika pergerakan gas di stratosfer dsb. Contoh aerosol sedikit aerosol berarti sedikit pemantulan cahaya matahari, yang berarti terjadinya pendinginan lemah (lihat Gambar 2.7 kiri). Sebaliknya beragam jenis aerosol dan banyak aerosol kecil berjatuhan yang berarti pemantulan sinar matahari meningkat, sehingga pendinginan kuat (lihat Gambar 2.7 kanan). Fenomena ini perlu dipelajari lebih mendalam, apalagi kalau terjadi saat pagi hari yang dapat membentuk lapisan aerosol pada atmosfer bawah.



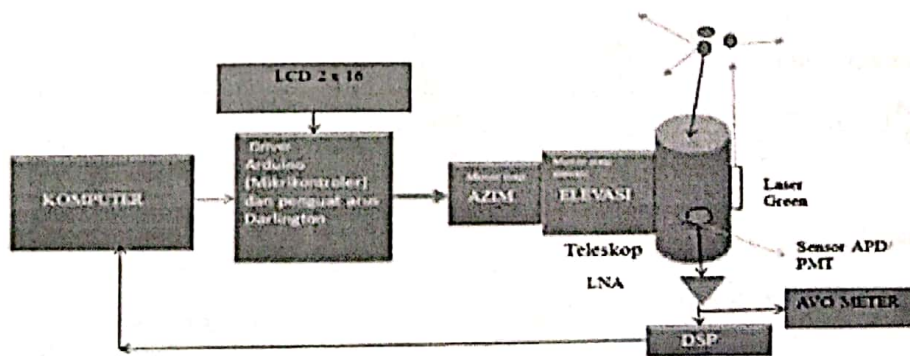
Gambar 2.7. Fenomena aerosol sedikit dan banyak yang mempengaruhi pendinginan.^[3]

Untuk mengamati aerosol khususnya lapisan aerosol atmosfer bawah dikembangkanlah Lidar mini yang prinsip kerjanya dapat dilihat pada Gambar 2.8

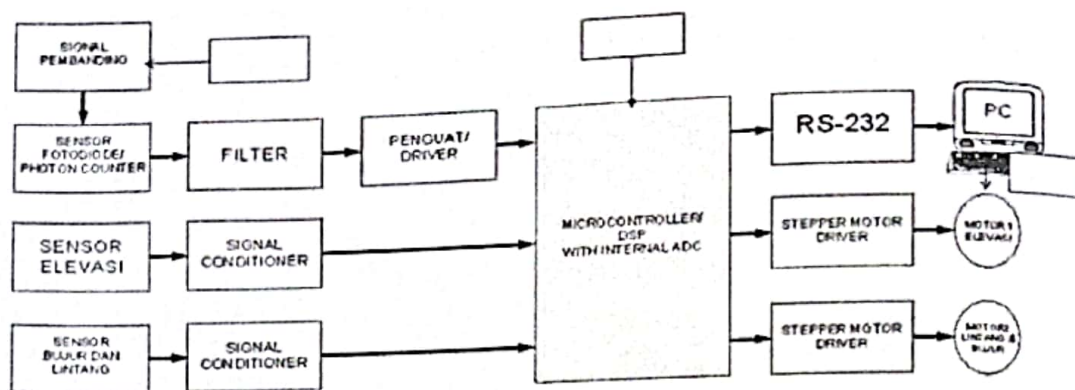


Operating principle of a Lidar.

(a)



(b)



(c)
Gambar 2.8. Pengembangan Lidar yang sedang dibuat ^{[9], [10]}.
 (a) Prinsip Lidar dengan sumber laser pulsa dan hamburan belakang ditangkap teleskop dan diproses lebih lanjut.
 (b) Disain Lidar yang berbasis pada laser 523 nm dengan rotator berbasis motor step pada penguat darlington untuk elevasi dan azimuth.
 (c) Proses sinyal yang dirancang dari sensor ke computer dan control posisi.

Dari Gambar 2.8 ditunjukkan cahaya laser ditembakkan ke atmosfer, karena ada aerosol, maka akan mengalami hamburan belakang. Cahaya balik dari hamburan belakang dikumpulkan oleh teleskop dan diarahkan ke detektor foto, selanjutnya sinyal keluaran diproses.

Dari pengembangan lidar tersebut di atas, yang dilakukan adalah sistem rotator dan pengendaliannya menggunakan mikrokontroler/computer. Rotator dipandu oleh rangkaian Darlington untuk azimuth dan elevasi pada sudut 360° dan 90° melalui motor step. Sedangkan keluaran sinyal dari detektor (APD/PMT) dilanjutkan ke penguat LNA dan masuk ke sistem DSP selanjutnya disinkronkan dengan komputer.

Hasil simulasi program dari persamaan hamburan belakang (pers. 3.1 dan 3.2) digambarkan pada Gambar 3.1.^[11]

3.1. Perencanaan Lidar

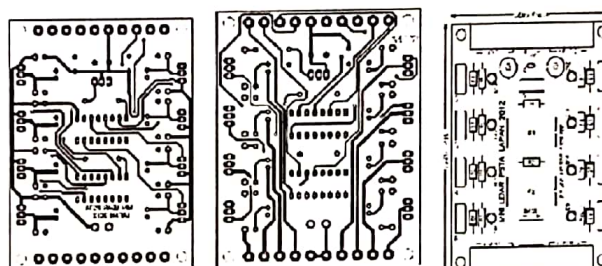
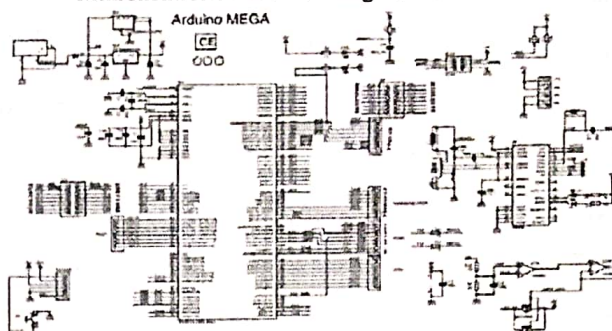
$$N(R) = \frac{N_0 c A}{R^2} \frac{1}{2} \left[\beta_a(R) \frac{P_a(\pi, R)}{4\pi} + \beta_m(R) \frac{P_m(\pi, R)}{4\pi} \right] e^{-2\tau(R)} + M(R) + B, \quad (3.1)$$

Atau disederhanakan dalam daya yang diterima sensor adalah:

$$P_r(R) = P_0 (A/R^2) \beta_a(R) (cT_r)/2 \exp[-2\tau] \quad (3.2)$$



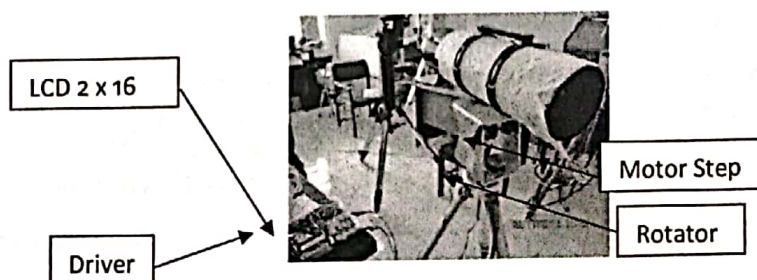
Mikrokontroler Driver Darlington Sistem rotator



Gambar 3.1. Atas rangkaian mikrokontroler, driver Darlington dan rotator yang dibuat, tengah: rangkaian mikrokontroler yang digunakan berbasis ARDUINO, paling bawah disain rangkaian dari driver maupun hexbuffer.^[10]

3.2. Realisasi Pengembangan

Dari perancangan dan pengembangan lidar di atas dapat dilihat teleskop yang dipasang pada rotator dan telah diujicoba gerak elevasi dan azimuth, serta deteksi hamburan belakang dengan foto diode (sementara) OPT 301 (lihat Gambar 3.2.).



Gambar 3.2. Ujicoba teleskop pada rotator dengan driver Darlington.^[10]

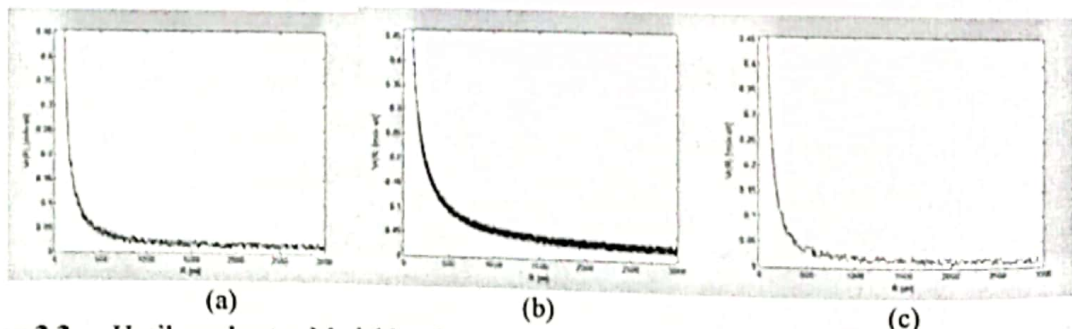
Hasil uji coba gerak azimuth dapat memutar sampai 360° dan elevasi sampai 90° , dengan program terpasang switch. Percobaan selanjutnya melihat hamburan belakang dari detektor foto

OPT 301(sementara) hasilnya (lihat Tabel 3.1) dan Model simulasi hamburan belakang dengan program Matlab (lihat Gambar 3.2).

Tabel 3.1. Hasil pengukuran backscattering pada objek stereofoam pada Green Laser pointer 532 nm daya laser 48 mW pada OPT 301

Jarak [cm]	Daya hamburan belakang di titik sensor [m watt]	Keluaran detektor [mV]	Keterangan Catu tegangan OPT 301 \pm 5 V
5	45	2.700	Hamburan menyebar, Tanpa kolektor teleskop Background tegangan 2 mV dengan penguatan luar sebesar 1,5 x Letak laser Green 10 cm sebelah kiri sensor Objek penghambur stereofoam bergeser dari jarak dekat ke menjauh
7,5	44	2200	
10	43	1800	
12,5	42.5	1400	
15	42	1000	
17,5	40	800	
20	39	400	
30	38,5	300	
40	38	200	
50	26	100	
60	24	40	
70	20	20	
80	18	10	
90	16	4	
100	15	1,0	
208	13	0,8	
307	11	0,2	

Sumber: Hasil pengukuran.



Gambar 3.3. Hasil pembuatan Model hamburan belakang yang diterima sensor. ^[12]
 (a) Jarak awal R = 100 m, selang 1 m, R akhir 3000m, noise 0,01mV
 (b) Jarak awal R = 100 m, selang 5 m, R akhir 3000 m, noise 0,01 mV
 (c) Jarak awal R = 100 m, selang 5 m, R akhir 3000 m, noise 0,02 mV

4. ANALISIS

Hasil disain pada ujicoba rotator, diperoleh kesulitan dengan menggunakan ulir merit sebagai penggerak motor step, karena terlalu kecil dengan arus 3A pada tegangan 5 VDC, padahal teleskop yang ditopang seberat 8 kg. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan pada motor step

Sanyo Denki pada daya yang tinggi. Untuk elevasi semua berjalan sesuai dengan perencanaan. Untuk mengatasi mikrokontroler Arduino dengan driver Darlington ditambahkan hexbuffer untuk mengatasi sinyal cacat. Sedangkan pada mikrokontroler driver diperlukan heatsink untuk melepas panas pada arus Darlington yang cukup besar (3 A) walaupun mampu sampai 4 ampere.

Hasil eksperimen menggunakan fotodiode OPT 301, yang sudah dilengkapi dengan penguat low noise. Pada percobaan hamburan belakang dari bahan stereofoam dapat dilihat pada Tabel 3.1. dengan menggunakan laser green (LG) pada daya 48 mW keluaran detektor semakin jauh semakin lemah, kesulitannya adalah meletakkan OPT 301 pada teleskop, sehingga data tersebut belum pada teleskop dan bukan pada fokus. Namun pengujian ini merupakan pengujian apakah detektor foto OPT 301 dapat digunakan untuk jarak dekat ?. Letak kesulitan OPT 301 memerlukan catu daya tinggi (diberi diatas 9 volt), sehingga output sinyalnya kurang peka pada sinyal kecil.

Pengamatan daya hamburan belakang yang dapat ditangkap power meter laser menunjukkan semakin jauh aerosol, daya yang diterima semakin kecil. Artinya dari persamaan 3.2. ada korelasi bahwa hamburan belakang tergantung jarak (R). Pengujian ini mendukung simulasi model pada Gambar 3.3 yang menunjukkan bahwa R semakin jauh intensitas yang diterima sensor semakin rendah.

Gambar 3.3 simulasi model hamburan belakang yang diprogram menggunakan Matlab, menunjukkan bahwa semakin dekat R, maka sinyal semakin tinggi, dan tergantung dari kondisi atmosfer yang dinyatakan dengan kerapatan aerosol, tekanan, temperatur, koefisien hamburan belakang maupun koefisien eksisting serta jarak dan daya laser yang dikeluarkan. Terlihat dari Gambar 3.3, jika aspek noisenya diperbesar, maka sinyal yang diterima akan semakin tenggelam dengan noise, walaupun pola sama. Jika sampling sinyal semakin rapat, maka isyarat yang diterima dari hamburan belakang semakin rapat dan memungkinkan informasi aerosol akan semakin banyak. Hal ini yang diharapkan untuk analisis aerosol selanjutnya. Analisis ini melalui model ini untuk menopang DSP dengan ditanamkannya program pada pada DSP (digital signal processing).

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas, maka untuk pengembangan instrumen dalam sains atmosfer diperlukan adanya manajemen pengembangan, kerjasama, pembiayaan dan adanya tukar informasi. PSTA sebagai pusat salah satu mengembankan tugas riset sains dan teknologi atmosfer, harus sanggup untuk mengembangkan peralatan melalui proses menitru, mengembangkan dan berinovasi dalam peralatan maupun penelitian termasuk pengukuran dengan metode dan pengolahan data. Untuk mencapai kiprah pengembangan instrumen pengukuran atmosfer, maka diperlukan SDM yang

mumpuni dan kesungguhan pengembangan dengan kemampuan yang ada dan percaya diri sebagai pengembang teknologi atmosfer. Hasil pengembangan alat yang telah ada dan eksperimen yang telah dilakukan perlu adanya kerjasama unsure peneliti, perekayasa dalam aspek pengembangan instrumen di masa yang akan datang. Karena biaya pengembangan instrumen cukup besar seyogyanya dilakukan bertahap., seperti pada pengembangan instrumen SATKLIM LPN-1A atau 1B serta lidar dan lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

- U.S. Departemen of Energy, Atmospheric Instrumentation and Measurements, Environmental Science Division, diakses 20 Nov. 2012.
- Karen Louise Aplin, 2000, Atmospheric Instrumentation For Ion Measurement, Thesis of Ph.D, Departmen of Meteorology, Reading University.
- Hal Maring , 2012, Climate Variability and Change: Earth Observing Satellites an Earth System Science at NASA, Radiation Sciences Program Earth Science Division Science Mission Directorate NASA HQ.
- James Crawford; et.al, 2010, Southeast Asia Composition, Cloud, Climate Coupling Regional Study (SEAC4RS) Planning Document (Overview), NASA, USA Doebelin, R.O, 1990, Measurement System, Asian Edition, New York.
- Tuti B, dkk, 2012, Persiapan Program Kerjasama, SEAC4RS PSTA LAPAN dan USA.
- Chunaeni Latief dkk, 2010, Karakteristik CO₂ Permukaan di Bandung tahun 2008- 2009 (Pengukuran Tetap Di Wilayah Pasteur), JSD, Vol.8 no.1, 2010, p.62-78.
- Chunaeni Latief, dkk, 2010, Karakterisasi Dan inventarisasi Kimia Atmosfer Indonesia dan Interaksinya Dengan Iklim, Laporan Program Penelitian, PUSFAT SATKLIM LAPAN.
- Eric P Shettle, Robert W. Fenn, 1979, Model for the Aerosol Lower Atmosphere and the Effect of Humidity Variations on Their Optical Properties, Air Force System Command, USAF.
- Chunaeni Latief, dkk, 2012, Pengembangan Sistem Mini Lidar untuk Penelitian lapisan Aerosol Atmosfer Bawah (Lower Aerosol Layer) Di Bandung, laporan Program Penelitian PSTA LAPAN.
- Päivi Piironen, 1994, A High Resolution Lidar based on Iodine Absorption Filter, 1 Agustus 1994, diakses dari Google, 13 September 2011.
- Chunaeni Latief, 2012, Karakter Hamburan Belakang Pada Remote Aerosol Menggunakan Laser Green 532 nm, makalah Review Program Penelitian PSTA 2012.