

KONTAMINASI MIKROBA PADA SAYURAN AEROPONIK DAN RADIORESISTEN BEBERAPA BAKTERI PATOGEN

Harsojo

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi- BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Pasar Jumat, Jakarta Selatan

Telp.021-7690709; Fax: 021-7691607

ABSTRAK

KONTAMINASI MIKROBA PADA SAYURAN AEROPONIK DAN RADIORESISTEN BEBERAPA BAKTERI PATOGEN.

Telah dilakukan penelitian membandingkan kontaminasi mikroba yang terdapat pada sayuran yang ditanam dengan pupuk organik dan non-organik. Sayuran yang diteliti terdiri dari Slada keriting (*Lactuca sativa* L.), Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.), Kangkung (*Ipomoea aquatica*), Caisim (*Brassica rapa* L. Subsp. *chinensis* (L) dan siomak (*Lactuca indica* L.). Sayuran aeroponik maupun sayuran non-aeroponik dibeli di pasar swalayan dan ditanam pada media yang sesuai dengan parameter yang diamati. Parameter mikroba yang diamati ialah jumlah mikroba, koliform dan bakteri *Staphylococcus* serta kemungkinan adanya *Salmonella*. Bakteri yang digunakan untuk uji radioresisten ialah *Escherichia coli* 0157, *Salmonella typhimurium* dan *Vibrio cholerae*. Hasil penelitian menunjukkan kandungan bakteri aerob pada sayuran aeroponik bervariasi antara $39,50 \times 10^5$ dan $26,05 \times 10^6$ koloni/g. Sedangkan pada sayuran non-aeroponik bervariasi antara $79,50 \times 10^5$ dan $14,60 \times 10^6$ koloni/g. Jumlah bakteri koli pada sayuran aeroponik bervariasi antara $34,50 \times 10^5$ dan $12,10 \times 10^6$ koloni/g, sedang pada sayuran non-aeroponik jumlah bakteri koli bervariasi antara $14,90 \times 10^5$ dan $69,00 \times 10^5$ koloni/g. Sedangkan untuk jumlah bakteri *Staphylococcus* pada sayuran aeroponik bervariasi antara 0 dan $71,50 \times 10^3$ koloni/g. Akan tetapi, pada sayuran non-aeroponik jumlah bakteri *Staphylococcus* bervariasi antara $17,00 \times 10^3$ dan $16,90 \times 10^4$ koloni/g. Pada semua sayuran aeroponik maupun sayuran non-aeroponik yang diteliti tidak ditemukan adanya *Salmonella*. Nilai D_{10} bakteri patogen pada sayuran aeroponik bervariasi antara 0,11 dan 0,63 kGy. Bakteri *V. cholerae* merupakan bakteri yang paling tahan terhadap iradiasi.

Katakunci : sayuran aeroponik, bakteri patogen, radioresisten, mikroba

ABSTRACT

MICROBES CONTAMINATION ON AERFONIC AND THEIR RADIORESISTANCY OF SOME PATHOGENIC BACTERIA.

A research has been conducted to compare microbes contamination between aerofonic and un-aerofonic vegetables. The vegetables which used were slada keriting (*Lactuca sativa* L.), red spinach (*Amaranthus tricolor* L.), kangkung (*Ipomoea aquatica*), caisim (*Brassica rapa* L. Subsp. *chinensis* (L) and siomak (*Lactuca indica* L.) which were sold at the supermarket and traditional market. Parameter measured are *Salmonella* contamination, total number of aerobic bacteria, total amount of coliform, and *Staphylococcus*. Another experiment has been conducted to study the effect of irradiation on pathogenic bacteria which inoculated on hydrofonik vegetables. Some pathogenic bacteria such as *Escherichia coli* 0157, *Salmonella typhimurium*, and *Vibrio cholerae* were inoculated on aerofonic vegetables. Irradiation was done with the dose of 0; 0,1; 0,2; 0,3 and 0,4 kGy. The irradiation was done at a multipurpose panoramic batch irradiator (IRPASENA) with a dose rate of 1.149 kGy/h. The results showed no *Salmonella* was detected in all samples. The amount of aerobic bacteria in aerofonic vegetables varied from $39,50 \times 10^5$ up to $26,05 \times 10^6$ cfu/g, while in unaerofonic vegetables were varied from $79,50 \times 10^5$ up to $14,60 \times 10^6$ cfu/g. The total coliform bacteria in aerofonic bacteria varied from $34,50 \times 10^5$ up to $12,10 \times 10^6$ cfu/g, while in non-aerofonic vegetables varied from $14,90 \times 10^5$ up to $69,00 \times 10^5$ cfu/g. On the otherhand, the total of *Staphylococcus* in aerofonic vegetables varied from 0 up to $71,50 \times 10^3$ cfu/g, while in non-aerofonic vegetables varied from the total *Staphylococcus* varied from $17,00 \times 10^3$ up to $16,90 \times 10^4$ cfu/g. D_{10} value of pathogenic bacteria in aerofonic vegetables varied from 0.11 dan 0.63 kGy. *V. cholerae* was the most radioresistant bacteria among the others.

Key words : aerofonic vegetables, pathogenic bacteria, radioresistant, microbes.

PENDAHULUAN

Gaya hidup yang telah berubah menyebabkan saat ini sayuran aeroponik maupun organik (sayuran yang ditanam menggunakan pupuk organik dan tanpa pestisida) mulai mengalami perkembangan secara internasional yang diwujudkan melalui regulasi perdagangan global yang mensyaratkan jaminan bahwa produk pertanian harus aman, memiliki kandungan nutrisi tinggi serta ramah lingkungan [1]. Hal ini kemungkinan menyebabkan orang lebih percaya bahwa sayuran aeroponik/organik tidak mengandung logam berat dan bebas residu pestisida sehingga aman untuk dikonsumsi. Pestisida yang digunakan untuk membunuh serangga maupun hama pada sayuran adalah bahan kimia yang dilarang masuk ke dalam tubuh. Disamping itu bahan kimia lainnya yang digunakan untuk membasmi alang-alang apabila masuk ke dalam tubuh dapat membunuh sel. Mengonsumsi makanan aeroponik/organik dapat berguna dengan mengurangi asupan bahan kimia beracun ke dalam tubuh [2].

Walaupun pada pengemas sayuran aeroponik/organik telah dicantumkan kata-kata seperti bebas pestisida akan tetapi sayuran organik tetap masih mengandung mikroba yang mungkin saja berbahaya yang dapat mendatangkan penyakit. Salah satu penyakit yang sering diderita masyarakat Indonesia adalah diare. Akan tetapi penyakit ini sering diremehkan, padahal kenyataannya penyakit ini dapat berakibat fatal. Di Indonesia kasus-kasus penyakit asal pangan belum lengkap datanya, kasus keracunan pangan dapat disebut fenomena gunung es karena pangan dikonsumsi setidaknya tiga kali sehari [3]. Menurut RATIH [3], di negara maju yang mempunyai sanitasi sangat tinggi masih dilaporkan bakteri patogen sebagai penyebab utama kasus penyakit asal pangan. Indonesia sebagai negara berkembang yang sanitasinya masih dibawah negara maju maka kemungkinan besar bakteri patogen asal pangan (*foodborne pathogen*) akan mendominasi.

Penanganan makanan yang kurang maupun tidak benar menjadi penyebab utama terjadinya diare. Mencuci makanan mentah merupakan sesuatu yang sudah sering dikerjakan. Akan tetapi, pencucian tersebut sering dilakukan dengan cara yang tidak benar sehingga beresiko terjadinya kontaminasi silang [4]. Bakteri patogen lainnya yang perlu mendapat perhatian ialah bakteri koli seperti *E. coli*. Bakteri ini dianggap sebagai suatu agen infeksi karena bersifat toksigenik dan sangat berguna sebagai indikator kontaminasi fekal [5].

Makalah ini melaporkan hasil penelitian dengan tujuan untuk mempelajari kontaminasi bakteri seperti koliform, *Salmonella*, dan *Staphylococcus* yang terkandung dalam sayuran organik yang dijual di pasar swalayan serta sensitivitas beberapa bakteri patogen pada sayuran organik.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan penelitian berupa sayuran hidroponik dan non-hidroponik dibeli dari pasar swalayan di Jakarta Selatan.

Tata kerja

Penentuan jumlah total bakteri. Penentuan jumlah total bakteri aerob dilakukan dengan cara menimbang sampel sebanyak 25 g, kemudian dicampur dengan air pepton steril (225 ml) dan selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat. Sejumlah 0,1 ml larutan suspensi ditanam pada media lempeng cawan petri yang berisi agar nutrien (Oxoid) dan disimpan pada suhu kamar selama 24-48 jam.

Penentuan jumlah bakteri koli. Penentuan jumlah bakteri koli dilakukan seperti pada penentuan jumlah bakteri aerob. Media yang digunakan ialah media selektif agar *Mac Conkey* (Oxoid) dan disimpan pada suhu 37⁰ C selama 24-48 jam.

Penentuan *Salmonella*. Pemeriksaan *Salmonella* dilakukan dengan cara sampel ditimbang sebanyak 10 g kemudian ditanam dalam media pengaya dan disimpan pada suhu 37⁰ C selama 24 jam dan selanjutnya ditanam dalam media selektif (XLD) yang disimpan pada suhu 37⁰ C selama 48 jam. Koloni yang tumbuh diidentifikasi secara mikrobiologi dan biokimia ke arah *Salmonella* dan dilanjutkan dengan uji serologi untuk ditentukan serotipe seperti pada prosedur penelitian yang dilakukan peneliti terdahulu [6 dan 7]

Penentuan jumlah *Staphylococcus*. Penentuan jumlah *Staphylococcus* dilakukan seperti pada penelitian HARSOJO dkk. [8] yaitu dilakukan dengan cara menimbang sampel sebanyak 25 g, kemudian dicampur dengan air pepton steril (225 ml) dan selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat. Sejumlah 0,1 ml larutan suspensi ditanam pada media lempeng cawan petri yang berisi agar *Baird Parker* (Oxoid) dan disimpan pada suhu 37⁰ C selama 24-48 jam. Setelah itu jumlah bakteri yang tumbuh dihitung.

Tatakerja radioresisten bakteri. Bakteri yang akan digunakan (*E. coli* 0157, *S. typhimurium* dan *V. cholerae*) dimudakan terlebih dahulu dalam media agar nutrien miring kemudian ditanam dalam nutrien cair untuk digoyang selama 24 jam pada suhu 37⁰ C. Selanjutnya ditanam kembali ke 100 ml media nutrien cair untuk digoyang kembali selama 18 jam pada suhu 37⁰ C. Suspensi bakteri tersebut disentrifus dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Endapan yang didapat dicuci 2 x dengan air suling steril masing-masing sebanyak 20 ml dan disentrifus kembali pada kecepatan dan waktu yang sama seperti diatas. Setelah itu endapan dibuat suspensi dengan standar kekeruhan 3×10^8 sel/ml. Sebanyak 10 g sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik, ditutup rapat dan kemudian diiradiasi steril. Kemudian masing-masing sampel diinokulasi dengan suspensi bakteri tersebut Selanjutnya sampel tersebut diiradiasi dengan dosis 0; 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4 kGy pada laju dosis 1,149 kGy/jam. Sampel yang telah diiradiasi dilakukan pengenceran bertingkat dan selanjutnya ditanam pada media agar Nutrien kemudian diinkubasi pada suhu 37⁰ C selama 24 – 48 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji determinasi yang dilakukan di LIPI Cibinong, Bogor menunjukkan bahwa sayuran yang digunakan seperti Slada keriting termasuk spesies *Lactuca sativa* L., Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.), Kangkung (*Ipomoea aquatica*), Caisim (*Brassica rapa* L. Subsp. *chinensis* (L) dan siomak (*Lactuca indica* L.)

Jumlah bakteri aerob pada sayuran aeroponik dan non-aeroponik ditunjukkan pada Tabel 1. Pada Tabel terlihat jumlah bakteri aerob pada sayuran aeroponik bervariasi antara $39,50 \times 10^5$ dan $26,05 \times 10^6$ koloni/g. Sedangkan pada sayuran non-organik bervariasi antara $79,50 \times 10^5$ dan $14,60 \times 10^6$ koloni/g. Jumlah bakteri aerob terendah pada sayuran aeroponik adalah caisim ($39,5 \times 10^5$ koloni/g) sedang pada sayuran non-aeroponik adalah slada ($28,0 \times 10^5$ koloni/g), sedang jumlah bakteri aerob tertinggi pada sayuran aeroponik adalah slada ($26,1 \times 10^6$ koloni/g), sedang pada sayuran non-aeroponik adalah bayam merah ($14,6 \times 10^6$ koloni/g). Secara keseluruhan bila dibandingkan jumlah bakteri aerob antara sayuran aeroponik maupun sayuran non-aeroponik tidak berbeda nyata, semua sayuran jumlah bakteri aerob adalah 10^6 koloni/g. Padahal harapannya sayuran aeroponik lebih sedikit jumlah bakteri dibandingkan sayuran non-aeroponik.

Tabel 1. Jumlah bakteri aerob pada sayuran aeroponik dan non-aeroponik (koloni/g)

Sampel	Sayuran aeroponik	Sayuran non - aeroponik
Slada	$26,05 \times 10^6$	$28,00 \times 10^5$
Bayam merah	$62,00 \times 10^5$	$14,60 \times 10^6$
Kangkung	$17,00 \times 10^6$	$79,50 \times 10^5$
Caisim	$39,50 \times 10^5$	$12,10 \times 10^6$
Siomak	$14,60 \times 10^6$	$79,00 \times 10^5$

Tabel 2 menunjukkan jumlah bakteri koli pada beberapa sayuran aeroponik maupun non-aeroponik. Pada Tabel 2 terlihat jumlah bakteri koli pada sayuran aeroponik maupun non-aeroponik dalam orde 10^5 koloni/g. Hal ini juga menunjukkan tidak terlihat suatu perbedaan nyata antara sayuran aeroponik dan non-aeroponik. Jumlah bakteri koli pada sayuran aeroponik bervariasi antara $34,50 \times 10^5$ dan $12,10 \times 10^6$ koloni/g, sedang pada sayuran non-aeroponik jumlah bakteri koli bervariasi antara $14,90 \times 10^5$ dan $64,20 \times 10^5$ koloni/g.

Tabel 2. Jumlah bakteri koli pada sayuran aeroponik dan non-aeroponik (koloni/g)

Sampel	Sayuran aeroponik	Sayuran non-aeroponik
Slada	$84,20 \times 10^5$	$14,90 \times 10^5$
Bayam merah	$41,80 \times 10^5$	$64,20 \times 10^5$
Kangkung	$12,10 \times 10^6$	$69,00 \times 10^5$
Caisim	$34,50 \times 10^5$	$43,00 \times 10^5$
Siomak	$86,50 \times 10^5$	$58,50 \times 10^5$

Tabel 3 menunjukkan jumlah bakteri *Staphylococcus* pada sayuran aeroponik dan non-aeroponik. Pada Tabel tersebut terlihat jumlah bakteri *Staphylococcus* pada sayuran aeroponik bervariasi antara 0 dan $71,50 \times 10^3$ koloni/g. Jumlah bakteri *Staphylococcus* terendah dan tertinggi masing-masing didapatkan pada kangkung dan caisim. Akan tetapi, pada sayuran non-aeroponik jumlah bakteri *Staphylococcus* bervariasi antara $17,00 \times 10^3$ dan $16,90 \times 10^4$ koloni/g. Pada sayuran non-aeroponik jumlah bakteri *Staphylococcus* terendah dan tertinggi masing-masing didapatkan pada slada dan kangkung.

Tabel 3. Jumlah bakteri *Staphylococcus* pada sayuran aeroponik dan non-aeroponik (koloni/g)

Sampel	Sayuran aeroponik	Sayuran non-aeroponik
Slada	$71,50 \times 10^3$	$17,00 \times 10^3$
Bayam merah	$48,50 \times 10^3$	$56,50 \times 10^3$
Kangkung	-	$16,90 \times 10^4$
Caisim	-	$90,50 \times 10^3$
Siomak	$4,50 \times 10^3$	$49,50 \times 10^3$

Keterangan : - = tidak ada pertumbuhan

Pada semua sayuran aeroponik dan sayuran non-aeroponik tidak ditemukan adanya *Salmonella*. Tidak ditemukannya bakteri *Salmonella* bukan berarti bahwa sayuran aeroponik maupun sayuran non-aeroponik aman untuk dikonsumsi apalagi bila disajikan dalam keadaan mentah maupun setengah matang hal ini tidak dijamin akan bebas dari serangan penyakit diare. Walaupun sayuran tersebut dicuci dengan air kran mengalir maupun diberi bahan pencuci sayuran juga masih belum cukup untuk mematikan bakteri yang berbahaya dari golongan koli.

Tabel 4 menunjukkan beberapa nilai D_{10} bakteri patogen pada sayuran aeroponik. Radioresistensi bakteri seperti pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai D_{10} *E. coli* 0457 pada sayuran aeroponik bervariasi antara 0,11 dan 0,39 kGy, sedangkan *S. typhimurium* bervariasi antara 0,18 dan 0,30 kGy. Sedangkan nilai D_{10} *V. cholerae* bervariasi antara 0,15 dan 0,63 kGy. Semakin besar nilai D_{10} menunjukkan semakin resisten bakteri tersebut terhadap iradiasi. Nilai D_{10} ini digunakan untuk pada penentuan dosis dekontaminasi bakteri yang telah mengkontaminasi substrat/sayuran seperti *V. cholerae*, dan lain-lain. Bakteri *V. cholerae* umumnya pada semua macam sayuran organik mempunyai nilai D_{10} yang paling tinggi dibandingkan dengan bakteri patogen lainnya.

Tabel 4. Nilai D₁₀ (kGy) beberapa bakteri patogen pada sayuran aeroponik.

Bakteri	Sayuran aeroponik				
	Slada	Bayam merah	Kangkung	Caisim	Siomak
<i>E. coli</i> 0157	0,22	0,39	0,22	0,11	0,15
<i>S. typhimurium</i>	0,22	0,30	0,27	0,18	0,28
<i>V. cholerae</i>	0,63	0,62	0,15	0,18	0,20

KESIMPULAN

Jumlah bakteri aerob maupun koli pada sayuran aeroponik maupun sayuran non-aeroponik tidak jauh berbeda. Tidak ditemukan adanya *Salmonella* pada sayuran aeroponik maupun sayuran non-aeroponik. Nilai D₁₀ bakteri patogen pada sayuran aeroponik bervariasi antara 0,11 dan 0,63 kGy. Bakteri *V. cholerae* merupakan bakteri yang paling tahan terhadap iradiasi dibandingkan bakteri patogen lainnya..

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada sdr Armanu, Edi Mulyana dan Bonang serta Anastasia S.D yang telah membantu penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

1. SOEDJAIS, Z., Industri produk organik Indonesia: Seberapa besar peluangnya di masa depan, FoodReview Indonesia Agustus (2006) 42.
2. ANONIM, Enak juga jadi "Popeye", Harian KOMPAS, 1 Agustus (2006) 40.
3. HARIYADI, R.D., Keracunan pangan tak hanya sebabkan diare, Harian Kompas, 15 Desember (2002) 32.
4. ANONIM, Diare dan sulitnya akses air bersih, Harian KOMPAS, 1 Februari (2007) 14.
5. SRI POERNOMO, Standar higiene dan keamanan pangan, Bahan Penataran Manajemen Usaha Jasa Boga di IPB, Bogor (1995).
6. ANDINI, L.S., HARSOJO, ANASTASIA, S.D. dan MAHA, M., Efek iradiasi gamma pada *Salmonella spp* yang diisolasi dari daging ayam segar, Ris. Pertemuan Ilmiah APISORA-BATAN, Jakarta Desember 1995 (1995) 165.
7. SRI POERNOMO, Salmonella pada ayam di rumah potong dan lingkungannya di Wilayah Jakarta dan sekitarnya. Sem. Nas. Teknologi Veteriner untuk Meningkatkan Kesehatan Hewan dan Pengamanan Bahan Pangan Asal Ternak, Balitvet-Bogor (1994) 338.
8. HARSOJO, ROSALINA SINAGA dan L.S. ANDINI., Sanitasi makanan olahan di Jakarta dan Tangerang, Sem. Nas. Peternakan dan Veteriner, Bogor (2000) 582.

STUDI POLA IKLIM KAWASAN JAKARTA DAN SEKITARNYA DENGAN TEKNIK ISOTOP ALAM

Bungkus Pratikno

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi- BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Pasar Jumat, Jakarta Selatan
Telp.021-7690709; Fax: 021-7691607

ABSTRAK

STUDI POLA IKLIM KAWASAN JAKARTA DAN SEKITARNYA DENGAN TEKNIK ISOTOP ALAM. Perubahan iklim merupakan fenomena global yang dipicu oleh kegiatan manusia dalam memanfaatkan energi dari bahan bakar fosil dan kegiatan alih guna lahan. Kegiatan-kegiatan tersebut merupakan sumber utama terjadinya perubahan gas rumah kaca (GRK) terutama gas CO₂ yang mempunyai kemampuan menyerap dan memantulkan panas yang berasal dari radiasi matahari dan yang dipancarkan kembali oleh bumi. Penyerapan dan pemantulan ini menyebabkan terjadinya pemanasan atmosfer dengan fenomena kenaikan dan perubahan variabel iklim yaitu suhu dan berdampak pada terjadinya perubahan parameter iklim lainnya, seperti pola curah hujan, tekanan, arah serta kecepatan angin di suatu daerah, oleh karena itu studi pola iklim kawasan Jakarta dan sekitarnya perlu dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi teknologi nuklir yang ada. Metode isotop alam telah digunakan dalam mempelajari pola iklim di wilayah Jabodetabek dan sekitarnya, khususnya isotop alam yang terkandung dalam atmosfer seperti isotop ¹³C dalam gas CO₂, serta isotop ¹⁸O dan ²H dalam uap air dan air hujan serta didukung dengan analisis insitu dari parameter-parameter iklim seperti suhu, dan kelembaban. Berdasarkan data hasil analisis komposisi isotop ¹³C dan isotop ¹⁸O dan ²H dalam air hujan Jakarta dan parameter iklim lainnya tahun 2008, telah didapat *database* awal untuk studi-studi berkelanjutan yang berhubungan dengan pemanasan global dan dampaknya pada perubahan iklim sehingga pada akhirnya didapat pola iklim untuk wilayah cakupan Jakarta dan sekitarnya.

PENDAHULUAN

Secara umum iklim merupakan hasil interaksi proses-proses fisik dan kimiafisik dari parameter-parameternya seperti suhu, kelembaban, angin dan pola curah hujan di suatu tempat. Untuk mengetahui kondisi iklim suatu tempat, menurut ukuran internasional diperlukan nilai rata-rata dari parameter iklim selama kurang lebih 30 tahun. Iklim muncul akibat dari pemerataan energi bumi yang tidak tetap dengan adanya perputaran/revolusi bumi mengelilingi matahari selama kurang lebih 365 hari serta rotasi bumi selama 24 jam. Hal tersebut menyebabkan radiasi matahari yang diterima berubah tergantung lokasi dan posisi geografis suatu daerah. Daerah yang berada pada posisi sekitar 23,5⁰ LU – 23,5 LS merupakan daerah tropis yang konsentrasi energi suryanya surplus dari radiasi matahari yang diterima setiap tahunnya¹⁾.

Penelitian mengenai pola iklim pada dasarnya merupakan kegiatan penelitian mengenai terjadinya pola perubahan iklim yang merupakan fenomena global yang dipicu oleh adanya kegiatan manusia (*anthropogenic*) dalam memanfaatkan energi dari bahan bakar fosil dan kegiatan alih guna lahan²⁾. Kegiatan-kegiatan tersebut merupakan sumber utama terjadinya perubahan gas rumah kaca (GRK) terutama gas CO₂ yang mempunyai kemampuan menyerap dan memantulkan panas yang berasal dari radiasi matahari dan yang dipancarkan kembali oleh bumi. Penyerapan dan pemantulan ini menyebabkan terjadinya pemanasan atmosfer dengan fenomena kenaikan dan

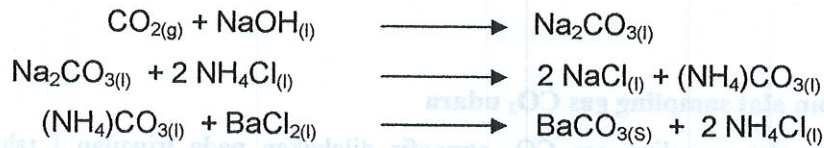
perubahan suhu serta perubahan parameter-parameter iklim lainnya. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* peningkatan gas rumah kaca di atmosfer bertanggung jawab terhadap pemanasan paling tidak dalam kurun waktu 50 tahun terakhir. Emisi yang telah dipancarkan hingga kini, meski emisi global dihentikan total, suhu bumi diperkirakan akan tetap naik sekitar 0,5 hingga 1,0 derajat Celcius dalam beberapa dekade mendatang. Sebaliknya jika emisi global tetap berlangsung seperti saat ini, suhu akan meningkat 2-5 derajat Celcius pada saat mencapai kesetimbangan. Bahkan jika berlangsung dengan laju seperti saat ini, kenaikan suhu bisa mencapai 3-10 derajat Celcius. Perubahan ini berakibat pada kacaunya pola curah hujan di suatu wilayah, bahkan dapat menimbulkan bencana banjir; selain itu berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di beberapa lokasi, diketahui bahwa peningkatan gas rumah kaca telah menyebabkan kenaikan permukaan air laut di Indonesia 8 mm per-tahun dan akan mencapai 60 cm pada tahun 2070.⁵⁾

Pola iklim sangat dipengaruhi oleh adanya peningkatan konsentrasi gas rumah kaca khususnya gas CO₂ di atmosfer. Kegiatan *antropogenik* lebih dominan mengubah kondisi atmosfer dibandingkan akibat alam. Sebagai contoh kenaikan konsentrasi CO₂ akhir-akhir ini karena meningkatnya pemakaian bahan bakar fosil dan pesatnya perkembangan industrialisasi yang terjadi. Hal ini selain menyebabkan problema tingginya polusi udara dan peningkatan gas rumah kaca juga berdampak pada perubahan pola iklim di wilayah tersebut. Oleh karena itu penelitian pola iklim ini sangat perlu dilakukan agar dalam perkembangannya dapat dilakukan tindakan penurunan tingkat emisi gas rumah kaca khususnya gas CO₂. Isotop alam yang terkandung didalam gas CO₂ seperti isotop ¹³C telah digunakan untuk mempelajari pola iklim wilayah JABODETABEK. Pendekatan yang dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel gas CO₂ yang terkandung dalam atmosfer pada ketinggian 5 – 10 m di atas permukaan tanah untuk kemudian dianalisis kandungan isotop ¹³C dengan menggunakan spektrometer massa SIRA-9, sehingga dapat menjelaskan dinamika pola iklim di daerah penelitian. Selain itu pengamatan pada komposisi isotop air hujan dan uap air yang terkandung di atmosfer juga penting dilakukan sebagai data pendukung yang saling melengkapi satu dengan lainnya sehingga akurasi penentuan pola perubahan iklim dapat lebih konprehenif dan benar.

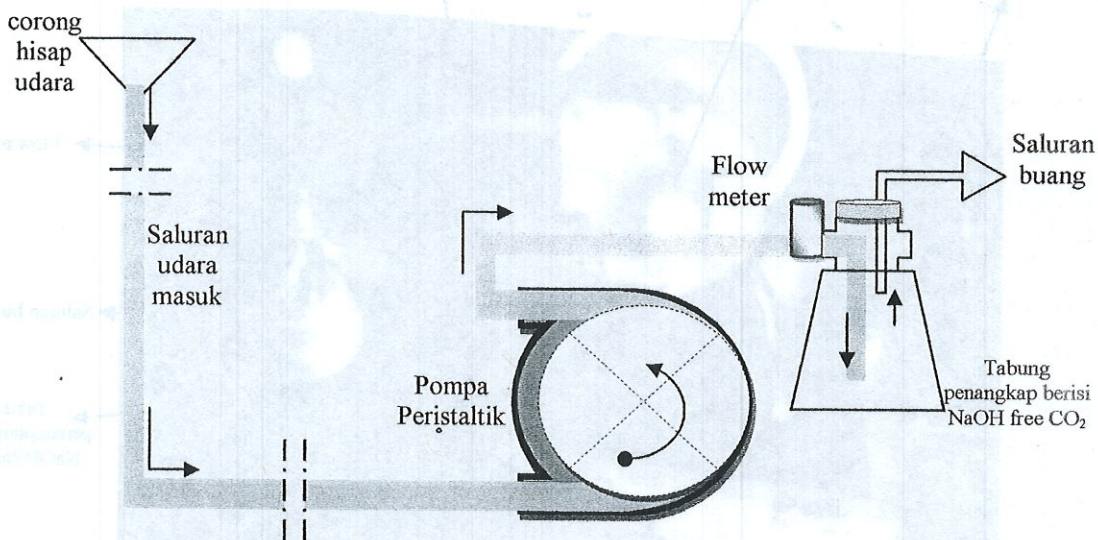
BAHAN DAN METODE

Studi pola iklim ini dilakukan dengan beberapa pendekatan yaitu analisis isotop ¹³C yang terkandung dalam gas CO₂ atmosfer dan analisis komposisi isotop deuterium serta isotop oksigen-18 air hujan, khususnya yang dipantau pada stasiun curah hujan di PATIR BATAN-Jakarta serta data insitu parameter iklim lainnya... Pada kegiatan penelitian berikutnya akan dilakukan pula sampling uap air atmosfer di atas wilayah daerah penelitian.

Pengambilan sampel udara. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan alat sampling udara seperti skema pada gambar-1. Pelaksanaan sampling udara dilakukan dengan proses penghisapan udara/atmosfir menggunakan pompa peristaltik yang dilengkapi *flow meter*, untuk selanjutnya dialirkan ke dalam tabung tertutup yang berisi larutan NaOH free CO₂ selama 2 jam. NaOH yang sudah bereaksi dengan CO₂ atmosfer ditambahkan NH₄Cl dan BaCl₂ sampai terbentuk endapan jenuh BaCO₃, persamaan reaksi dari proses sampling tersebut adalah:



Untuk sampel air hujan, dilakukan dengan alat penampung curah hujan yang sudah dilengkapi *paraffin oil* (cairan pencegah evaporasi), Air hujan yang terkumpul diambil dan diukur volumenya setiap akhir bulan. Sebanyak 20 ml dari sampel air hujan tersebut kemudian dianalisis komposisi isotop deuterium dan ¹⁸O dengan menggunakan spektrometer laser LC-PAL di lab. Hidrologi-BATAN.



Gambar-1 : Skema alat sampling gas CO₂ atmosfer

Analisis isotop ¹³C dari gas CO₂ atmosfer. Endapan BaCO₃ yang didapat dari hasil sampling kemudian di bawa ke laboratorium hidrologi BATAN untuk dilakukan preparasi pemisahan gas CO₂ dari endapan BaCO₃ sampel.

Endapan BaCO₃ sampel di reaksi dengan H₃PO₄ dalam kondisi vakum dan dilakukan traping gas CO₂ yang terlepas dengan menggunakan N₂ cair untuk kemudian dianalisis dengan spektrometer massa SIRA-9. Hasil analisis ini dinyatakan dengan satuan permill (‰).

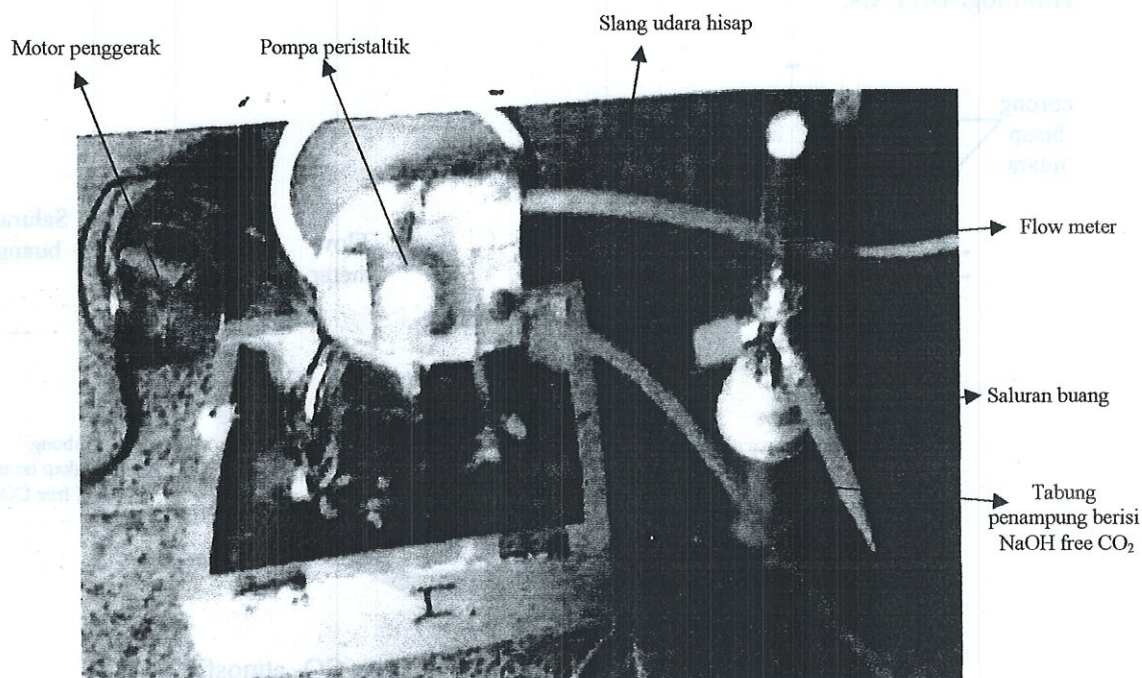
Analisis isotop ^{18}O dan Deuterium air hujan. Sampel air hujan yang dikumpulkan tiap bulan dengan menggunakan alat penampung curah hujan, kemudian dianalisis di laboratorium Hidrologi-BATAN dengan menggunakan Liquid Water Isotope Analyzer from Los Gatos Research (LGR). Hasil analisis ini dengan piranti LGR inipun dinyatakan dengan satuan permill ($^0/_{00}$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

1. Pembuatan alat sampling gas CO_2 udara

Pembuatan alat sampling gas CO_2 atmosfer dilakukan pada triwulan I tahun 2008 dalam pelaksanaan penelitian ini. Peralatan sampling terdiri dari pompa hisap peristaltik, tabung penampung gas yang berisi NaOH free CO_2 , flow meter dan kelengkapan slang saluran udara. Peralatan sampling lengkap dapat dilihat pada gambar-2 di bawah ini :

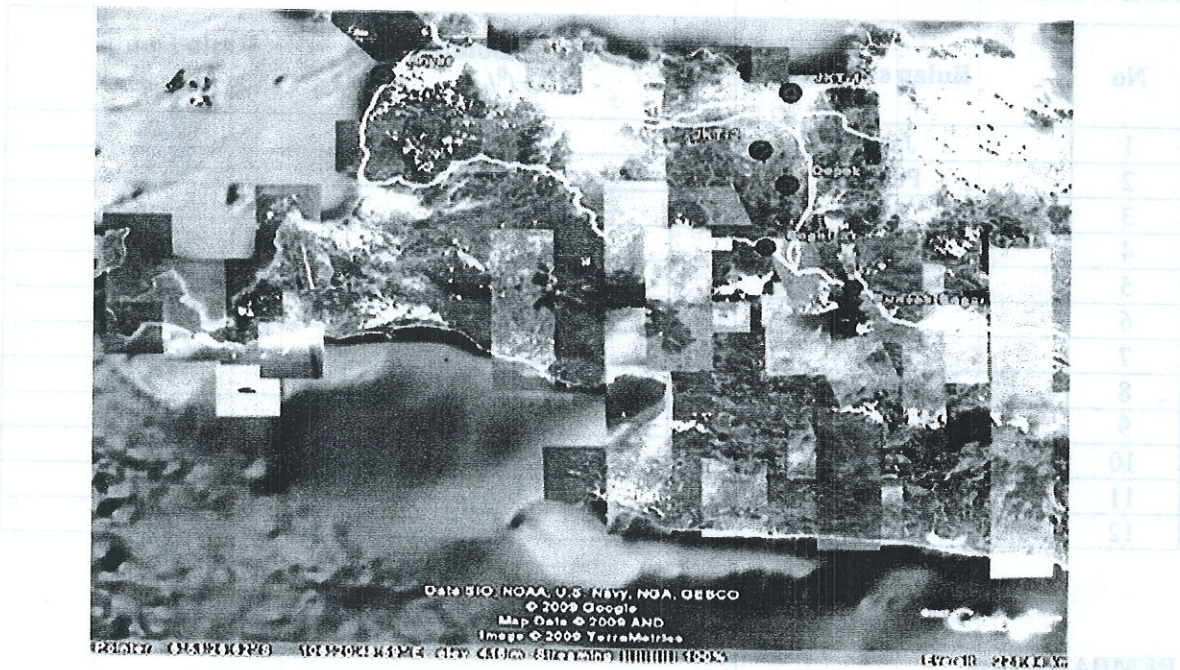


Gambar-2 : Peralatan sampling gas CO_2 atmosfer

2. Lokasi sampling

Sampel udara diambil pada ketinggian yang berbeda di 6 titik sampling dengan lokasi sampling masing-masing adalah Ancol (JKT-1), Lebak Bulus (JKT-2), Depok, Kota, Puncak dan Pantai Anyer - Banten. Waktu pengambilan sampel rata-rata 3 jam dengan cepat alir penghisapan 1 ltr/mnt.

Titik-titik lokasi sampling tampak pada gambar peta berikut :



Gambar-3 : Lokasi sampling gas CO₂ atmosfer

3. Hasil pengamatan insitu

Tabel 1. Hasil pengukuran insitu suhu dan kelembaban udara Wilayah Jakarta dan sekitarnya

No.	Lokasi	Koordinat		Elevasi (m)	T _{udara} (°C)	h _{udara} (%)
1.	Ancol (Jakut)	06 ^o 07'17.61" S	106 ^o 50'16.27" E	3	30	55
2.	Lbk Bulus (Jaksel)	06 ^o 17'33.56" S	106 ^o 46'23.27" E	38	29	60
3.	Depok	06 ^o 23'14.98" S	106 ^o 49'37.47" E	80	28	60
4.	Puncak	06 ^o 42'15.97" S	106 ^o 59'43.70" E	1327	26	80
5.	Pantai Anyer	06 ^o 04'21.56" S	105 ^o 52'59.22" E	2	28	60

Tabel 2. Hasil Analisis rasio isotop ¹³C_{atmosfir} wilayah Jakarta dan sekitarnya

No.	Lokasi	Volume hisap (ltr)	Berat endapan BaCO ₃ (g)	Konst. (ppm)	δ ¹³ C (‰)
1	Ancol (Jakut)	180	0.89	624.0	-20.60
2	Lebak Bulus (Jaksel)	180	0.74	518.8	-20.63
3	Depok	180	0.72	504.8	-18.95
4.	Puncak	180	0.73	511.8	-20.69
5.	Pantai Anyer	180	0.46	322.5	-12.83

Tabel 3. Hasil Analisis rasio isotop ^{18}O dan Deuterium Air Hujan Jakarta 2008

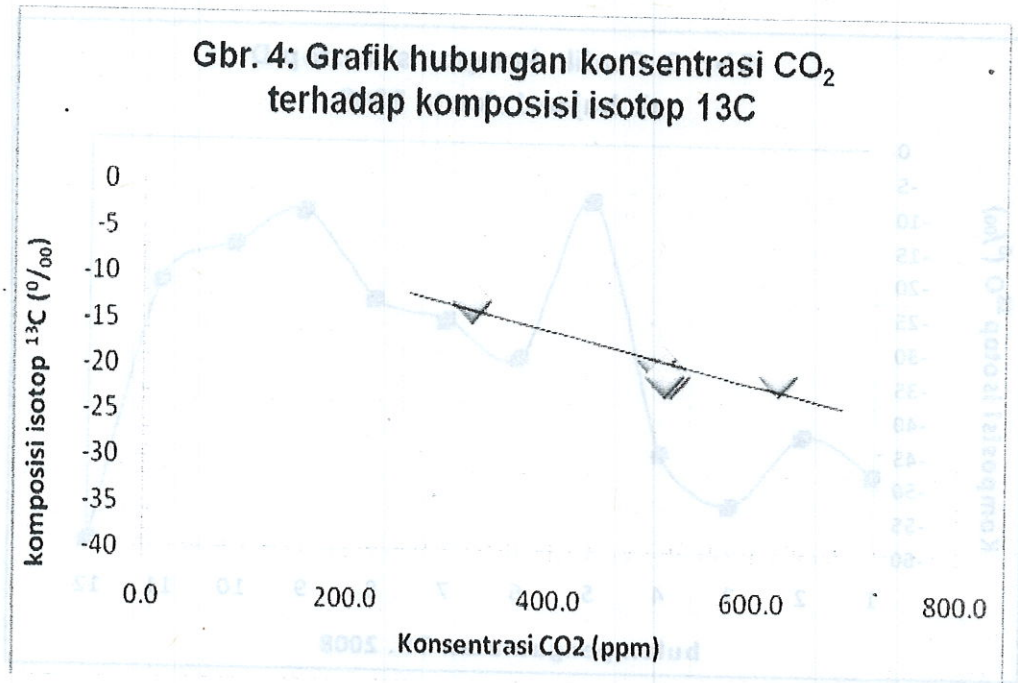
No	Bulan sampling	Rasio isotop ^{18}O (‰)	Rasio Isotop ^2H (‰)
1	Januari	-8,13	-48,0
2	Pebruari	-7,14	-42,3
3	Maret	-8,90	-52,7
4	April	-7,54	-45,2
5	Mei	-3,32	-8,1
6	Juni	-5,96	-31,4
7	Juli	-5,11	-25,8
8	Agustus	-4,25	-23,1
9	September	-3,87	-10,0
10	Oktober	-3,69	-15,2
11	Nopember	-4,62	-20,4
12	Desember	-9,22	-59,2

PEMBAHASAN

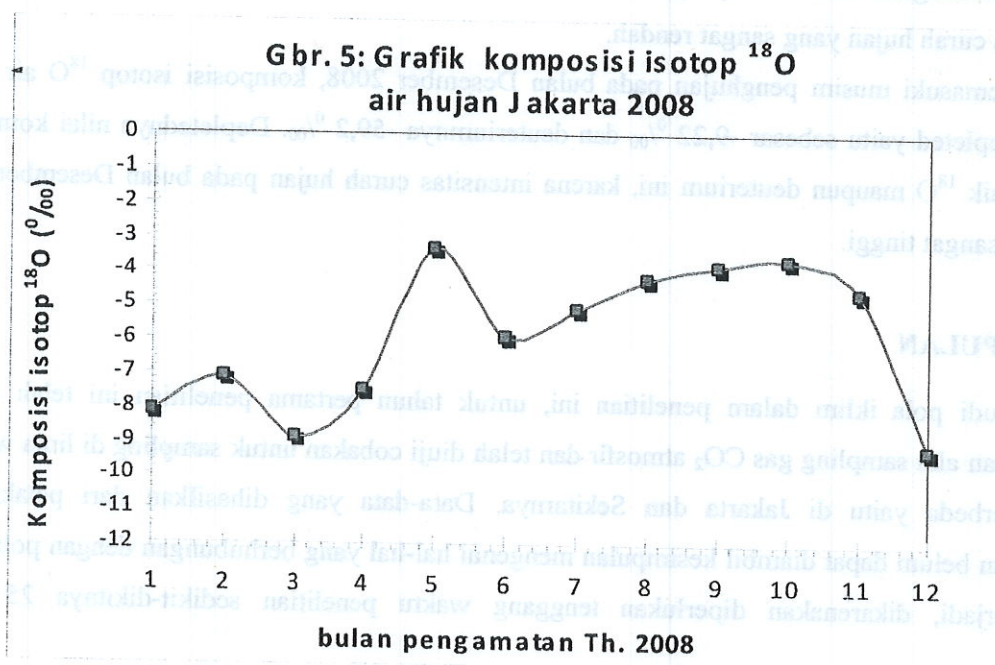
Dari hasil pengukuran insitu baik suhu maupun kelembaban pada Tabel-1 dan Tabel-2 di atas, tampak bahwa suhu udara di lokasi sampling relatif hamper sama namun kelembabannya sangat pariatif, kelembaban terendah di wilayah Ancol-Jakarta Utara sebesar 55 % dan tertinggi di wilayah puncak-Bogor sebesar 80 %. Sedangkan banyaknya endapan BaCO_3 yang dihasilkan dari pelaksanaan sampling selama 3 jam di tiap lokasi, didapat endapan terbanyak adalah di daerah Ancol sebanyak 890 mg dengan konsentrasi gas CO_2 sebesar 624 ppm, dan terendah didapat di wilayah pantai Anyer-Banten sebesar 460 gr endapan dengan konsentrasi gas CO_2 sebesar 322,5 ppm.

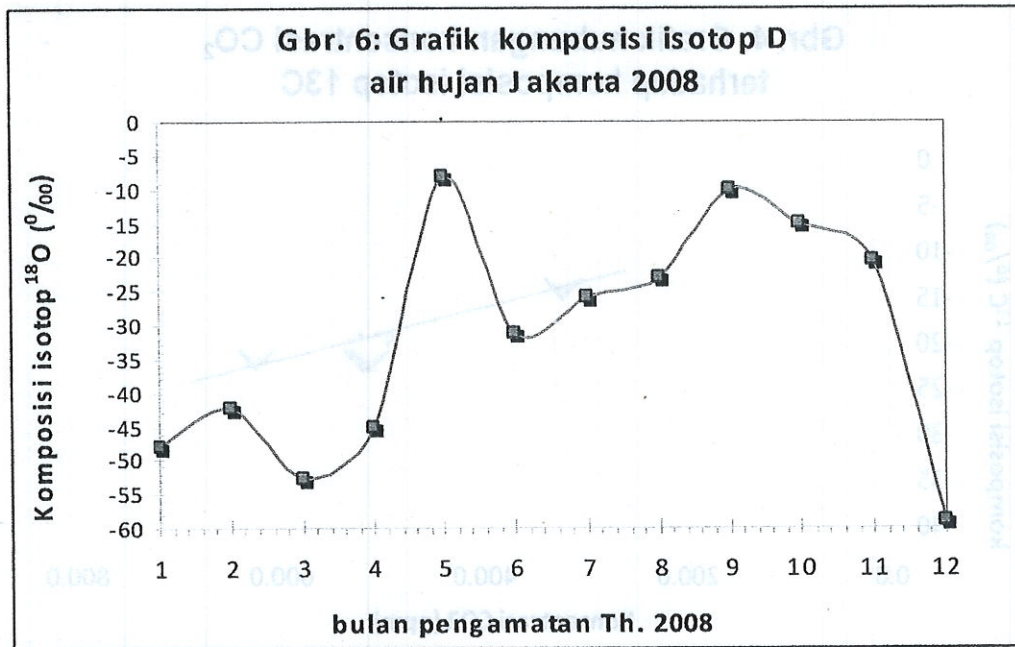
Hal ini kemungkinan disebabkan karena wilayah Ancol-Jakarta Utara merupakan daerah dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi dan merupakan daerah industri yang padat yang sudah tentu daerah dengan tipe ini atmosfirnya lebih banyak mengandung gas rumah kaca seperti CO_2 yang berasal dari bahan bakar kendaraan bermotor maupun industry, tidak seperti di daerah pantai Anyer-Banten yang relative lebih bersih dibanding Ancol dan wilayah pengamatan lainnya.

No.	Lokasi	Volume hasil (l)	Endapan BaCO_3 (g)	Konsentrasi (ppm)	Suhu (°C)
1	Ancol (Jakarta)	180	890	624	30,60
2	Puncak Bogor (Jakarta)	180	870	610	30,60
3	Puncak	180	870	610	30,60
4	Puncak	180	870	610	30,60
5	Pantai Anyer	180	460	322,5	31,80



Komposisi isotop dari ke lima wilayah sampling berada pada kisaran $-20,69 \text{ ‰}$ dengan $-12,3 \text{ ‰}$, dari grafik hubungan antara konsentrasi gas CO₂ terhadap komposisi isotop ¹³C pada gambar-4 tampak bahwa, semakin tinggi konsentrasi gas CO₂ komposisi isotop ¹³C-nya semakin rendah (makin *depleted*). Indikasi hubungan antara konsentrasi gas CO₂ dengan komposisi isotop ¹³C yang dikandungnya sangat penting diketahui, karena dapat digunakan dalam mempelajari pola iklim yang terjadi sepanjang kurun waktu tertentu pada suatu wilayah.





Pada gambar-5 dan gambar-6, hasil analisis komposisi isotop ^{18}O dan deuterium dari sample air hujan bulanan selama tahun 2008, tampak bahwa komposisi isotop ^{18}O pada awal bulan Januari 2008 hingga April 2008 berada pada kisaran $-8,9$ s/d $-7,54$ ‰ dan komposisi isotop deuterium pada kisaran $-42,3$ ‰ s/d $-52,7$ ‰ nilai yang cukup rendah ini (depleted) mengindikasikan bahwa intensitas curah hujan relatif tinggi pada bulan-bulan tersebut, jika dibandingkan dengan komposisi isotop ^{18}O pada bulan Mei hingga Nopember 2008 yang berada pada kisaran $-5,96$ s/d $-3,32$ ‰ sedangkan deuteriumnya pada kisaran $-8,1$ ‰ s/d $-1,4$ ‰ angka ini mengindikasikan intensitas curah hujan yang sangat rendah.

Memasuki musim penghujan pada bulan Desember 2008, komposisi isotop ^{18}O air hujan sangat depleted yaitu sebesar $-9,22$ ‰ dan deuteriumnya $-59,2$ ‰. Depletednya nilai komposisi isotop baik ^{18}O maupun deuterium ini, karena intensitas curah hujan pada bulan Desember 2008 kembali sangat tinggi.

KESIMPULAN

Studi pola iklim dalam penelitian ini, untuk tahun pertama penelitian ini telah selesai pembuatan alat sampling gas CO_2 atmosfer dan telah diuji cobakan untuk sampling di lima wilayah yang berbeda yaitu di Jakarta dan Sekitarnya. Data-data yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian belum dapat diambil kesimpulan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan pola iklim yang terjadi, dikarenakan diperlukan tenggang waktu penelitian sedikit-dikitnya 25 tahun

pengamatan hingga pola iklim wilayah Jakarta dan Sekitarnya dapat tergambarkan. Data-data awal penelitian ini digunakan sebagai databest dalam penelitian- penelitian mengenai iklim selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. HANEDA. "Hubungan Efek Rumah Kaca dan Pemanasan Global dan Perubahan IKlim".
2. PROSENJIT GHOSH, WILLI A. BRAND. "Stable isotope ratio mass spectrometry in global climate change research". International Journal of Mass Spectrometry 228. Elsevier. 2003.
3. CHUNAAENI LATIEF, dkk. "Sampling CO₂ Jarak Jauh Berbasiskan Mikrokontroler Atmel". Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN, chunaeni@bdg.lapan.go.id
4. DIDIEK HADJAR GOENADI. " Pertanian dan Pergeseran Iklim ". Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian.; [http://www.litbang.deptan.go.id/artikel/one_155/pdf/Pertanian %20 dan%20Pergeseran%20Iklim.pdf](http://www.litbang.deptan.go.id/artikel/one_155/pdf/Pertanian%20dan%20Pergeseran%20Iklim.pdf).
5. RENCANA AKSI NASIONAL DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM, Kementerian Negara Lingkungan Hidup Juli 2007.
6. J.C.ROEFFZEN, W.G.MOOK, and C.D.KEELING. "Trends and variations in stable carbon isotopes of atmospheric carbon dioxide". Proceedings of A Symposium Vienna, 1-5 October 1990. Jointly Organized By IAEA and FAO. IAEA-Vienna, 1991
7. Manual Liquid Water Isotope Analyzer, Los Gatos Research, Part No. 908-008, Published September 2008.

perubahan iklim yang ilmiah wilayah Jakarta dan sekitarnya dapat tercapainya. Dan dalam awal penelitian ini digunakan sebagai database dalam penelitian-penelitian mengenai iklim selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. HANEDA. "Pengaruh Efek Rumah Kaca dan Pemanasan Global dan Persebaran Iklim".
2. PROSUNT GHOSH, WILLI A. BRAND. "Stable isotopic ratio mass spectrometry in global climate change research". *International Journal of Mass Spectrometry* 223. Elsevier 2003
3. CHENAIENI LATIF, dkk. "Survei CO₂ Jarak Jauh Berbasis Mikrosatelit". *Prosiding Seminar Nasional "Perubahan Iklim: Tantangan dan Peluang" Tahun 2007*. Bandung: Pustaka
4. DIDIK HADIAR GOENADI. "Peranan dan Potensi Iklim". *Prosiding Seminar Nasional "Perubahan Iklim: Tantangan dan Peluang" Tahun 2007*. Bandung: Pustaka
5. RENCANA AKSI NASIONAL DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM. Kementerian Negara Lingkungan Hidup Juli 2007.
6. J.C. ROELFFZEN, W. GAMOK, and C.D. KELL. "Trends and variations in tropic carbon isotopes of atmospheric carbon dioxide". *Proceedings of A Symposium* Volume 1-3 October 1990. Jointly Organized by IAEA and FAO. IAEA-Vienna, 1991.
7. Manual Liquid Water Isotope Analyser. Los Gatos Research. Part No. 908-008. Published September 2006.