

## PENGEMBANGAN ALAT UKUR PASIF BERBAHAN LOKAL DALAM METODE PEMANTAUAN OZON DI UDARA AMBIEN

### DEVELOPMENT OF LOCAL BASED PASSIVE SAMPLER IN MONITORING METHOD OF AMBIENT OZONE

Ahmad Daudsyah Imami<sup>1</sup> dan Driejana<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

<sup>1</sup>ahmaddaudsyah@yahoo.com dan <sup>2</sup>driejana yahoo.com

---

**Abstrak:** Ozon yang berada pada lapisan troposfer merupakan zat pencemar yang berbahaya bagi kesehatan manusia antara lain gangguan pernapasan, iritasi mata dan telinga, serta menimbulkan beberapa penyakit spesifik. Oleh karena itu pemantauan terhadap parameter ini perlu dilakukan. Pada banyak kasus penggunaan difusive sampler dapat menghasilkan hasil yang valid dan merupakan metoda alternatif dengan biaya efektif apabila dibandingkan dengan metoda aktif. Oleh karena itu pengembangan mengenai alat ukur pasif ini dibutuhkan. Alat ukur pasif yang lazim digunakan merupakan alat ukur pasif yang seluruh bagiannya berasal dari luar negeri sehingga akses terhadap teknologi ini cukup terhambat baik dari sisi dana maupun kemudahan aplikasi. Dengan studi literatur yang cukup dan pengetahuan mengenai bahan material dan bahan kimia, segala bahan untuk bagian dari alat ukur pasif tersebut dapat didapatkan tanpa import. Bahan tersebut antara lain Teflon untuk tabung utama, stainless steel untuk mesh, polimer etilen untuk tutup tabung, dan PTFE untuk filter. Kemudian bahan tersebut dirakit dengan mencontoh Ogawa Passive Sampler. Dari hasil yg diperoleh presisi pengukuran alat ukur pasif berbahan berada dalam rentang 73-93% sedangkan rerata perbedaan dengan alat ukur pasif Gradko dalam rentang 20-42%.

**Kata kunci:** Alat ukur pasif, bahan lokal, Ion kromatografi, Metode pemantauan pasif, Ozon

**Abstract :** The ozone compound which is in the troposphere layer is a pollutant that is harmful to human health such as respiratory problems, irritation of the eyes and ears, and also raises some specific diseases. Therefore, monitoring of these parameters is a need. In many cases the use of diffusive sampler can produce valid results and is an alternative method with a cost effective when compared with active methods. Passive sampler commonly used is a passive sampler that all parts come from overseas so that access to this technology is quite constrained in funds and lack of application. With sufficient literature study and knowledge of materials and chemicals, all materials for passive sampler part can be obtained without import. Materials include Teflon for the main tube, stainless steel for the mesh, polymers of ethylene for the caps, and PTFE for the filter. Then the material is assembled with the example of Ogawa Passive Sampler. Results obtained from measurement of precision the local passive sampler in the range 73-93%, while mean of difference compared to Gradko passive sampler in the range 20-42%.

**Key words:** Ion Chromatograph, local based materials, Ozone, Passive sampler

---

## PENDAHULUAN

Ozon ( $O_3$ ) merupakan senyawa di udara selain oksigen yang memiliki sifat sebagai pengoksidasi. Parameter ozon merupakan pencemar yang diketahui menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan antara lain iritasi pada saluran pernafasan.

Dalam pengembangannya, metode pemantauan pencemaran udara dapat dibagi atas dua yakni metode aktif dan metode pasif (Wight, 1994). Tiap metode memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri. Metode aktif mampu untuk melihat fluktuasi pencemaran udara dalam periode tertentu namun dalam pengoperasiannya, terutama di Indonesia, tidak maksimal. Hal ini disebabkan metode pemantauan pencemaran udara aktif membutuhkan biaya pemeliharaan yang tinggi dan membutuhkan pasokan listrik untuk kebutuhan pompa penghisap. Oleh karena itu, dikembangkan metode pasif yang bertujuan untuk mendapatkan data yang cukup akurat, untuk konsentrasi background, namun tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang mahal dan pasokan listrik. Metode pasif di Indonesia dirasa cocok karena dengan mempertimbangkan hal pasokan listrik di daerah, masih banyak lokasi di Indonesia yang tidak mendapatkan pasokan listrik.

Ketergantungan kepada alat-alat yang diproduksi di luar negeri membuat metode pasif yang dikatakan sebagai alternatif yang sederhana dan tidak membutuhkan biaya tinggi tidak berlaku lagi. Untuk mendapatkan alat pemantau yang efektif dan tidak ketergantungan dengan produksi luar negeri, maka penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mencari substitusi komponen pemantauan metode pasif dengan bahan yang mudah didapatkan. Alat ukur pasif berbentuk tabung dengan diameter dalam 11mm dan panjang 71mm. Dilengkapi dengan penutup terbuat dari Polietilen, mesh penahah absorben berbahan stainless steel, dan saringan PTFE untuk menyaring debu. Komponen yang disubstitusi meliputi tabung, penutupnya dan mesh. Pengujian kinerja dilakukan di lapangan. Segala bentuk pengaruh seperti iklim, cuaca, kelembaban udara dan faktor lainnya akan turut dipertimbangkan dalam desain ataupun penentuan bahan lokal. Sehingga diharapkan dengan bahan lokal dan kondisi yang lokal pula didapat nilai akurasi yang tinggi dibandingkan dengan metode aktif otomatis.

## METODOLOGI

### Kriteria Lokasi Sampling

Pengukuran dilakukan selama 7 hari di satu lokasi yakni GOR Cenderawasih, Cengkareng Jakarta Barat (**Gambar 1**).



**Gambar 1** Lokasi sampling GOR Cenderawasih, Cengkareng, Jakarta Barat

Lokasi ini dipilih karena memenuhi kriteria pemilihan tempat pemasangan sampel untuk ozon pasif. Kriteria pemilihan tempat tersebut, yaitu:

- Pengukuran ozon ini harus jauh dari sumber lokal  $NO_x$ . Ozon merupakan pencemar sekunder dimana untuk berubah menjadi ozon,  $NO_x$  memerlukan waktu. Sehingga konsentrasi ozon tidak akan terukur jika berada dekat dengan daerah sumber lokal  $NO_x$ .

- Pemasangan sampel juga harus memperhatikan tempat dimana jauh dari dinding penghalang atau permukaan lain (misal atap rumah). Secara umum berada 20 cm dari permukaan vertikal dan 1.5 - 2 m di atas tanah. Untuk memastikan keterbukaan kondisi udara ambien dan menghindari gangguan yang mungkin berasal dari manusia atau yang lainnya.
- Sampler pasif harus ditempatkan di shelter/pelindung agar terlindung panas, hujan, maupun angin dan juga berfungsi untuk menstabilkan kecepatan pengumpulan sampel. (Harvard School of Public Health dan Ogawa & Co, 2001)

### Metode Sampling dan Analisis Laboratorium

Metode sampling ozon dilakukan dengan metode pasif menggunakan sampler berbentuk tabung dengan model OGAWA Passive Sampler dengan kode DIF 300 RTU-OZONE yang dibuat oleh Gradko International Company (Inggris). Penelitian ini membandingkan performansi dari alat ukur pasif berbahan lokal dan alat ukur pasif acuan buatan Gradko.

Pengambilan data primer dilakukan pada bulan April sampai Juli dengan periode pengukuran 7 (tujuh) hari selama 10 minggu untuk pengukuran konsentrasi ozon menggunakan alat ukur pasif Gradko. Sedangkan untuk alat ukur pasif berbahan lokal dilakukan pada bulan Juni sampai Juli dengan periode sama namun hanya dalam 4 minggu. Periode ini dianggap optimal selama pengukuran berjalan normal dan termasuk dalam rekomendasi yang diberikan oleh Gradko International Company. Sampler yang dipasang merupakan triplo demi menjamin keakuratan data. Untuk sampler pasif berbahan lokal diawali dengan melakukan survey mengenai bahan yang digunakan untuk gradko, kemudian dilakukan dengan menyurvei bahan-bahan tersebut di daerah kota Bandung dan sekitarnya. Setelah didapat bahan yang diinginkan pasif sampler bahan lokal mulai dirakit dengan cara di cetak menggunakan cetakan dan alat press untuk cap maupun tube. Sedangkan untuk *mesh* dilakukan pemotongan dengan cetakan yang berdiameter sama dengan ukuran *mesh* Gradko. PTFE dan Vial tube tidak difokuskan untuk dicari.

Perlakuan awal metode pasif ini yaitu pencucian. Setelah alat ukur pasif bersih dari kontaminasi dilakukan pengimpregnasian dengan larutan penyerap Gliserol sebanyak 2%, garam reagen ( $K_2CO_3$ ) 0,5%,  $NaNO_2$  sebanyak 0,5% dan dilarutkan dalam air dan diimpregnasi sebanyak 25  $\mu L$  pada 2 lembar *mesh* (Pehne et al, 2005). Setelah selesai diimpregnasi, *mesh* diletakkan di tutup tube pada salah satu sisi tube, sisi lainnya ditutup dengan PTFE filter dengan maksud untuk mengurangi kontaminasi dari partikel nitrat di udara. Sampler ini diletakkan di lemari pendingin 5°C sebelum digunakan. Tiga tabung blanko disiapkan dan disimpan di lemari pendingin selama sampling sebagai media koreksi. Selain itu dibutuhkan tiga tabung blanko yang dipasang pada titik sampling untuk mengetahui pengaruh kondisi meteorologi terhadap alat ukur pasif. Setelah disimpan selama periode 7 hari di lokasi sampling, sampel diekstraksi dan dibawa ke laboratorium untuk memeriksa kandungan  $O_3$ nya. Ekstraksi dilakukan dengan maksud memindahkan gas ozon yang telah terperangkap di larutan penyerap di dalam tube ke dalam bentuk liquid yang lebih mudah untuk dilakukan analisis.

Air yang telah mengandung nitrat tersebut dicek dengan metode analisa ion kromatografi. Alat ini bertipe WMO GAW-2004 dengan prinsip kerja dari metode ini Sulfat, Nitrat, Klorida dalam larutan sampel akan dipisahkan oleh kolom berdasarkan perbedaan afinitasnya dalam kolom pemisah. Setelah melewati kolom pemisah, larutan akan melewati supresor yang memisahkan antara ion negatif dengan ion positif, kemudian anion yang telah terpisah akan dideteksi oleh detektor. Konsentrasi akhir ozon, dihitung berdasarkan persamaan difusi yang diturunkan dari hukum Fick's pertama, maka konsentrasi akhir ozon (C) dalam  $\mu g/m^3$ , dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$C = \frac{M \times L}{D \times A \times T} \quad (1)$$

Dimana, M adalah massa uptake sampler ( $\mu g$ ), L adalah panjang jalur difusi (m), D adalah koefisien difusi dari polutan ( $m^2/detik$ ) koefisien difusi yg digunakan adalah 0,1444

berdasarkan percobaan Massman (1998), A adalah luas penampang dari jalur difusi, dan t adalah waktu paparan (detik). Berikut adalah **Tabel 1** yang menunjukkan variasi percobaan yang dilakukan dalam riset ini.

**Tabel 1** Perbandingan bahan komponen alat ukur pasif Gradko dan alat ukur pasif lokal

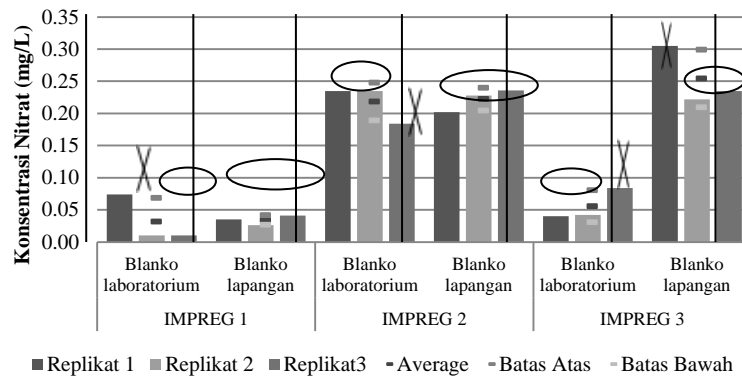
Komponen Alat Ukur Pasif	Alat Ukur Gradko	Alat Ukur Lokal
	Bahan	Bahan
Tabung*	Clear Teflon	Teflon Lokal
Tutup Tabung*	Polietilen	Polietilen Lokal
Mesh*	Stainless Steel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stainless Steel Lokal</li> <li>• Microfiber (EPM 2000)</li> </ul>
Filter debu	PTFE	PTFE
Vial pelindung sampler	Polistiren	Polistiren

\* Komponen alat ukur pasif yang dicari alternatif bahan lokalnya.

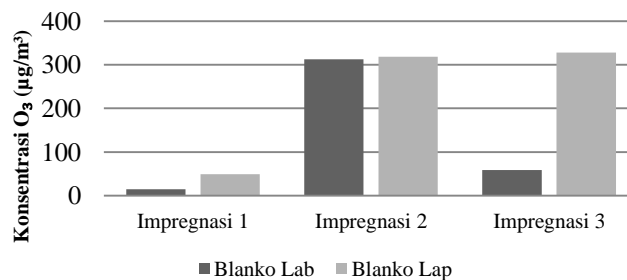
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsentrasi Ozon di GOR Cenderawasih Jakarta Barat Menggunakan Alat Ukur Pasif Acuan

Alat ukur pasif acuan yang digunakan adalah alat ukur pasif buatan Gradko International Company. Dalam sampling ini digunakan dua buah blanko yaitu blanko lapangan dan blanko laboratorium. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kondisi meteorologis terhadap akurasi sampel. Berikut **Gambar 3** yang memperlihatkan presisi dari Blanko Laboratorium dan Blanko Lapangan alat ukur pasif Gradko. Perhitungan dilakukan dengan rerata dari triplikasi namun bila terdapat 3 nilai yang saling berjauhan maka perlu dipilih 2 yang paling dekat, dapat dilihat di **Gambar 2**, dan **Gambar 3**.



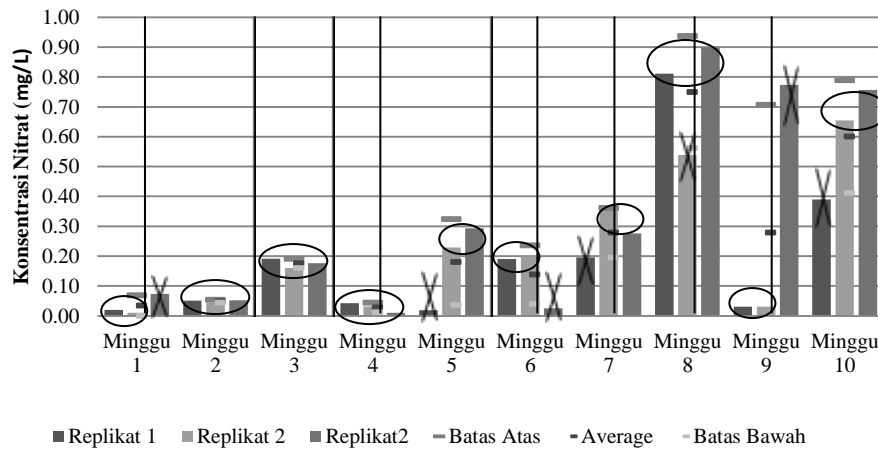
**Gambar 2** Perbandingan hasil pengukuran triplikasi Blanko Laboratorium dan Blanko Lapangan untuk Alat Ukur Pasif Gradko



**Gambar 3** Perbandingan hasil pengukuran Blanko Laboratorium dan Blanko Lapangan alat ukur pasif Gradko

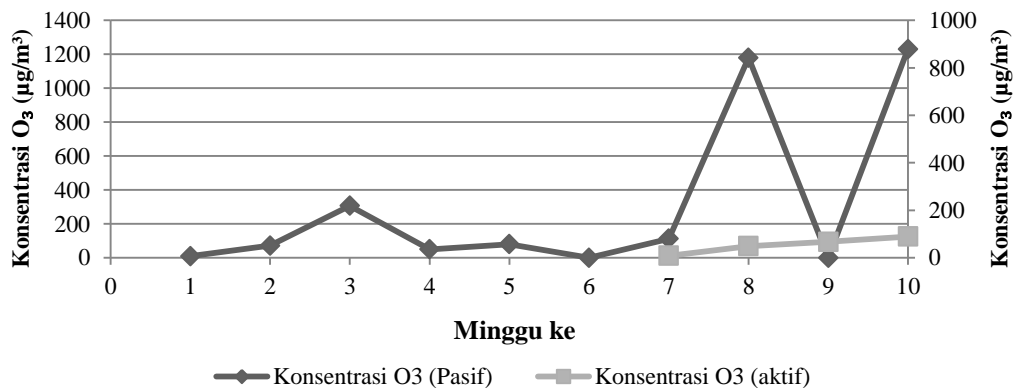
Dari **Gambar 2** data yang dibuatkan adalah data yang presisi sedangkan data yang disilang adalah data yang menyimpang. Didapat nilai presisi dari Blanko Laboratorium dan Blanko Lapangan yakni sebesar 94,3% dan 88,6%. sedangkan dari **Gambar 3** terlihat perbedaan yang cukup signifikan dari kedua blanko. Terlihat bahwa nilai blanko lapangan sebagian besar selalu lebih besar dari blanko laboratorium. Kemungkinan hal ini disebabkan karena faktor meteorologis sangat mempengaruhi pengukuran. Rerata perbedaan kedua blanko ini adalah 51,5%.

Berikut adalah data setelah dilakukan presisi dengan membuang data yang tidak masuk batas dan kemudian dihitung reratanya. Nilai presisi yang didapat dari perhitungan adalah 84.7% Sehingga data dapat dianggap presisi. Data sampel dengan menggunakan alat ukur pasif Gradko Tersajikan dalam **Gambar 4**.



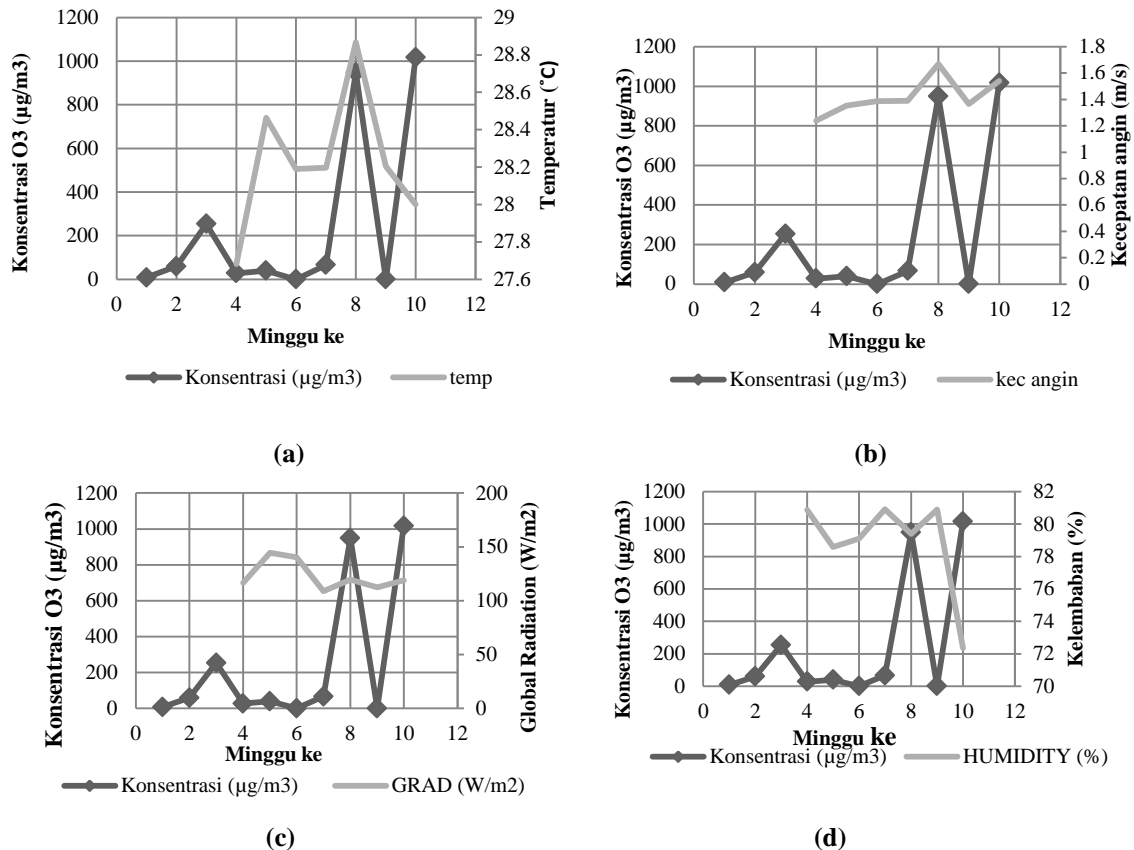
**Gambar 4** Data Presisi triplikat sampel di GOR Cenderawasih dengan menggunakan alat ukur pasif Gradko

Sama dengan **Gambar 2** data yang dilingkari merupakan data yang presisi. Dengan menggunakan rerata dan standar deviasi, beberapa data yang melewati batas akan dibuang dan tidak digunakan. Sehingga data yang pada awalnya dari triplikat menjadi hanya duplikat. Rentang konsentrasi ozon di GOR Cenderawasih terukur dengan metode pasif berada diantara 0 - 1230  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dengan rata-rata 303,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Fluktuasi konsentrasi ozon di GOR Cenderawasih dengan metode pemantauan pasif menggunakan alat ukur pasif Gradko Tersajikan dalam **Gambar 5**.



**Gambar 5** Fluktuasi konsentrasi Ozon di GOR Cenderawasih dengan metode pasif menggunakan alat ukur pasif Gradko berbanding dengan metode aktif

Jika dilakukan perhitungan statistik dengan metode spearman maka nilai signifikansinya adalah 0,6 yang berarti dibandingkan dengan metode otomatis, belum dapat ditemukan hubungan. Hal ini dapat dikarenakan data yang kurang akibat alat pemantauan metode otomatis rusak untuk minggu 1 sampai minggu ke 6. Selain itu performansi metode pasif ternyata sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain dari faktor meteorologis. Berikut **Gambar 6** yang memperlihatkan pengaruh beberapa faktor meteorologis terhadap pengukuran dari alat ukur pasif.



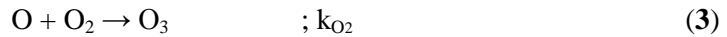
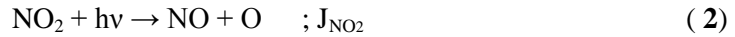
**Gambar 6** Perbandingan fluktuasi konsentrasi Ozon di GOR Cenderawasih dengan fluktuasi faktor meteorologis menurut data dari BPLHD.

(a) Temperatur udara, (b) kecepatan angin, (c) Global Radiation, dan (d) Kelembaban

Faktor meteorologis yang pertama yakni arah angin yang berhembus menuju ke GOR Cenderawasih. Menurut data BPLHD angin yang berhembus menuju Stasiun Pemantauan GOR Cenderawasih berasal dari arah timur. Dengan melihat peta DKI Jakarta, maka angin berhembus dari daerah Jakarta Pusat yang merupakan sumber NO<sub>x</sub> signifikan. Dari keempat grafik diatas dapat terlihat pengaruh meteorologis yang mempengaruhi akurasi pengukuran.

Kecepatan angin dimungkinkan untuk membawa *precursor* ozon yaitu NO<sub>x</sub> dari sumbernya menuju tempat pengukuran. Temperatur, sesuai dengan pernyataan Ayres, 1998, ozon terukur lebih tinggi saat temperatur udara panas. Global radiation merupakan indikator paparan energi matahari dalam suatu permukaan, maka dengan Global Radiation yang tinggi reaksi pembentukan ozon yang membutuhkan energi matahari akan tinggi pula. Sedangkan satu faktor meteorologis yakni kelembaban memiliki tren yang hampir kebalikannya. Hal ini mengindikasikan kelembaban merupakan faktor yang berlawanan dengan kemampuan alat ukur pasif menangkap ozon.

Namun setelah dilihat korelasinya, yang memiliki fluktuasi yang cukup serupa adalah faktor temperatur. Temperatur sangat berpengaruh terhadap reaksi pembentukan ozon seperti terlihat pada **persamaan 2** dan **persamaan 3** yakni



Kedua persamaan diatas adalah rangkaian reaksi pembentukan ozon. Berdasarkan Seinfeld (1986) atom oksigen dalam **persamaan 3** sangat reaktif sehingga reaksi berlangsung sangat cepat. Oleh karena itu reaksi yang sangat menentukan pembentukan ozon adalah reaksi pada **persamaan 2**. Temperatur yang meningkat merupakan hasil dari peningkatan intensitas sinar matahari.  $J$  adalah konstanta laju reaksi dari fotolisis yang sangat dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari. Oleh karena itu dengan temperatur yang meningkat maka dapat disimpulkan laju reaksi pembentukan ozon akan meningkat pula.

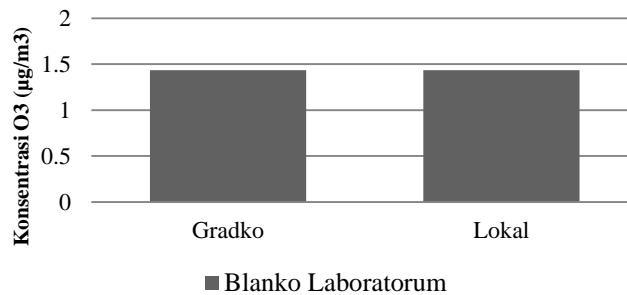
Perbedaan yang signifikan dari pengukuran metode aktif dan pasif antara lain karena data yang didapat dari metode aktif merupakan data rata-rata dari konsentrasi ozon selama satu hari sehingga konsentrasi ozon pada waktu malam hari (tidak adanya sinar matahari) tetap terhitung.

### Evaluasi Kinerja Tabung Berbahan Lokal

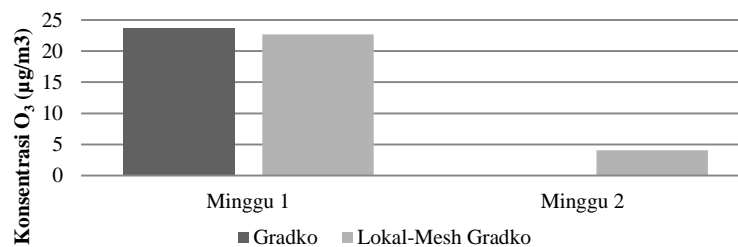
Dengan percobaan ini dilakukan dengan membandingkan antara alat ukur pasif berbahan lokal menggunakan mesh acuan dengan alat ukur pasif acuan. Dengan ini dapat dilihat pengaruh bahan alat ukur pasif terhadap performansinya. Bahan disini adalah bahan tabung dan tutup tabung. Percobaan ini mencoba untuk mengurangi variabel yang mungkin mempengaruhi pengukuran. Sehingga *mesh* yang digunakan adalah *mesh* yang sama dengan yang digunakan oleh alat ukur pasif Gradko. Sampling percobaan ini dilakukan dua minggu.

Dari data ini dapat dilihat bahwa dari tripliket kedua blanko yang didapat dari percobaan menggunakan alat ukur pasif berbahan lokal dengan mesh Gradko terhitung nilai presisinya 100% jika dihitung dengan data yang terpakai.

Nilai perbedaan blanko dan sampel antara alat ukur pasif Gradko dibandingkan alat ukur pasif berbahan lokal dengan mesh Gradko tersajikan pada **Gambar 7 dan Gambar 8**.



**Gambar 7** Perbedaan nilai Blanko Laboratorium antara Alat ukur pasif Gradko dengan Alat Ukur pasif berbahan lokal dengan mesh Gradko



**Gambar 8** Perbedaan nilai Sampel antara Alat ukur pasif Gradko dengan Alat Ukur pasif berbahan lokal dengan mesh Gradko

Dari **Gambar 7 dan Gambar 8** diatas jika dibandingkan dengan alat Gradko perbedaan paling besar hanya  $4\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hal ini membuktikan bahwa tidak terjadi kontaminasi dan kebocoran dari bahan tabung dan tutup tabung buatan lokal. Sehingga dapat disimpulkan bahan lokal untuk taung dan tutupnya mempunyai kinerja yang dapat diperbandingkan dengan alat ukur acuan.

## Evaluasi Kinerja Mesh Berbahan Lokal

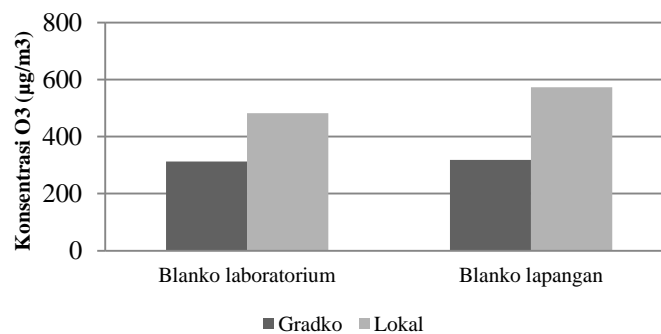
### a. Mesh *Stainless Steel* Lokal

Setelah terkonfirmasi bahwa bahan untuk tabung dan tutup tabung tidak mengakibatkan kontaminasi dan kebocoran, maka dilakukan percobaan dengan mengganti komponen lain yang memungkinkan untuk mempengaruhi pengukuran. Komponen lain yang akan dilakukan percobaannya yaitu *mesh* atau komponen penahan absorben.

Dengan meniru bahan *mesh* dari Gradko yakni *Stainless Steel*, maka dilakukan survey untuk mencari filter berbahan *Stainless Steel*. Setelah didapat maka dilakukan pemotongan sesuai dengan diameter *mesh* Gradko.

Setelah dilakukan presisi ternyata tidak terdapat data yang melenceng jauh dari rerata dan standar deviasi yang terhitung. Hal ini menunjukkan bahwa presisi pengukuran cukup baik. Presisi yang terhitung untuk blanko alat ukur pasif berbahan lokal dengan *mesh* *Stainless* ini, 97.2% untuk Blanko Laboratorium, dan 93.05% untuk Blanko Lapangan.

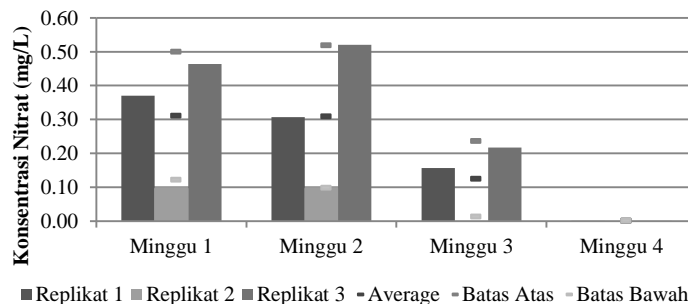
Blanko ini akan dibandingkan dengan blanko laboratorium dan blanko lapangan dari Gradko untuk melihat performansinya. **Gambar 9** menunjukkan perbedaan blanko dari kedua alat ukur pasif ini.



**Gambar 9** Perbedaan nilai Blanko antara Alat ukur pasif Gradko dengan Alat Ukur pasif berbahan lokal dengan mesh *Stainless Steel*

Rerata perbedaan dari kedua blanko yakni 35% untuk blanko laboratorium dan 44% untuk blanko lapangan. Terlihat dari data diatas nilai blanko dari alat ukur pasif berbahan lokal selalu lebih besar. Hal ini dimungkinkan disebabkan dari adanya reaksi dari bahan *mesh*.

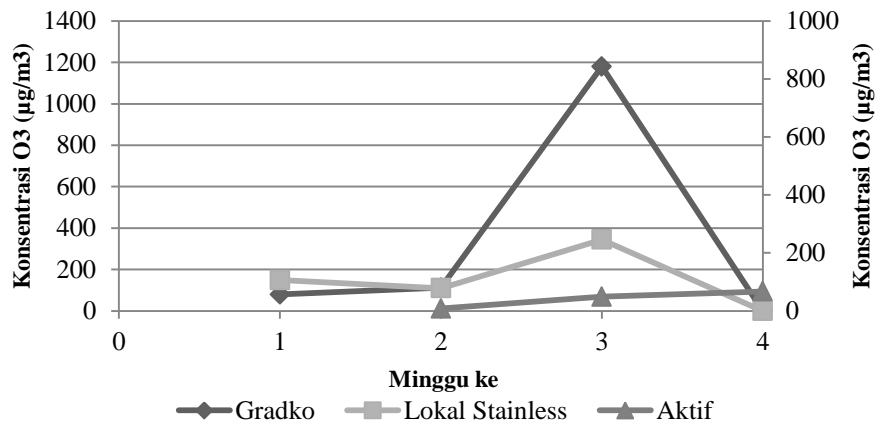
Untuk sampel yang menggunakan alat ukur pasif pun dipasang triplo. Sehingga perlu dilakukan presisinya seperti tersajikan **Gambar 10** dibawah.



**Gambar 10** Nilai tripliket sampel menggunakan alat ukur pasif berbahan lokal dengan *mesh* *stainless steel*



Dengan menggunakan metode seperti diatas terdapat nilai yang terlalu jauh menyimpang sehingga tidak digunakan. Dengan perhitungan presisi didapat nilai presisi dari sampel diatas adalah 73.7%. **Gambar 11** akan memperlihatkan perbedaan dari sampel diatas dengan sampel menggunakan alat ukur pasif Gradko.



**Gambar 11** Perbedaan nilai Sampel antara Alat ukur pasif Gradko, Alat Ukur pasif berbahan lokal dengan mesh Stainless Steel, dan Metode aktif

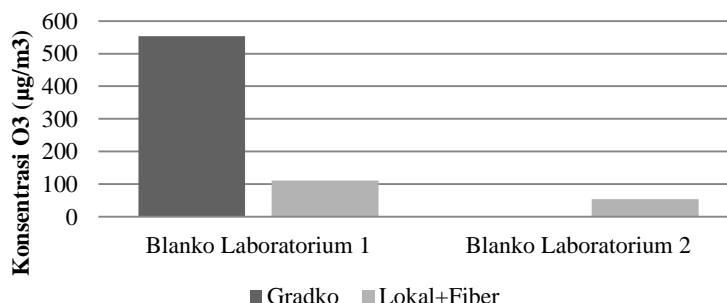
Dengan melihat data diatas, terlihat perbedaan yang cukup besar dari kedua sampel. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh reaksi yang terjadi dengan *mesh* stainless karena perbedaan kandungan *chrom* dan ketidaksempurnaan desain *mesh*. Rerata perbedaan kedua alat ukur ini mencapai 29.9%. Walaupun dapat terlihat *trend* yang sama dari minggu ke minggunya, *mesh stainless steel* lokal dari percobaan ini diketahui belum dapat menggantikan bahan impor.

#### b. Mesh Microfiber (EPM 2000)

Percobaan dengan menggunakan mesh microfiber dilakukan untuk mencari alternatif lain dari mesh stainless dengan kriteria mudah didapatkan dan dengan harga relatif murah. Diameter mesh ini disamakan dengan Gradko, namun jumlah mesh yang dibutuhkan dicoba hanya satu karena ukuran porositas yang jauh lebih kecil dari mesh gradko.

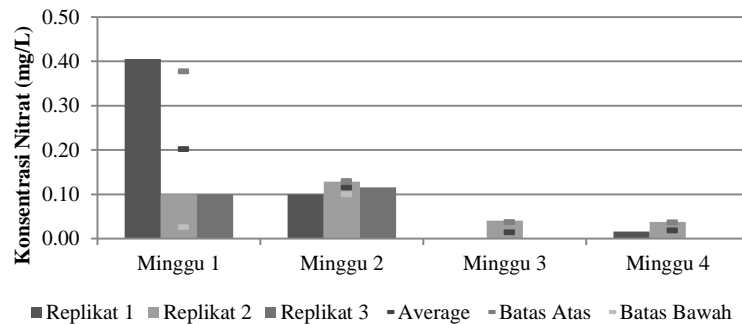
Blanko laboratorium dan blanko lapangan yang dipasang di lokasi sampling menunjukkan angka presisi 60% dan 92.7%. Dari data yang didapatkan, nilai blanko lapangan selalu lebih besar sehingga mesh microfiber merupakan bahan yang cukup rentan terhadap faktor meteorologis.

Berikut **Gambar 12** adalah data blanko dan perbedaannya dengan blanko alat ukur pasif Gradko.

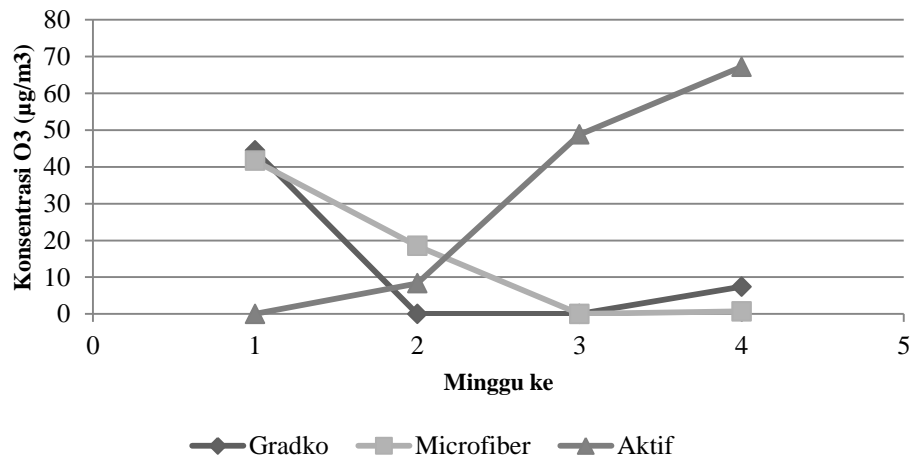


**Gambar 12** Perbedaan nilai Blanko antara Alat ukur pasif Gradko dengan Alat Ukur pasif berbahan lokal dengan mesh Microfiber

Blanko Laboratorium 1 dari alat ukur Gradko kemungkinan terdapat kontaminasi. Selanjutnya akan ditunjukkan bagaimana presisi sampel alat ukur pasif bahan lokal dengan mesh microfiber pada **Gambar 13** dan perbandingan dengan sampel Gradko pada **Gambar 14**.



**Gambar 13** Nilai triplikasi sampel menggunakan alat ukur pasif berbahan lokal dengan *mesh microfiber*



**Gambar 14** Perbedaan nilai Sampel antara Alat ukur pasif Gradko, Alat Ukur pasif berbahan lokal dengan *mesh microfiber* dan Metode Aktif

Dari perhitungan presisi sampel alat ukur pasif bahan lokal dengan mesh microfiber didapatkan nilai 82.4%. Dari nilai ini terlihat mesh microfiber cukup stabil dalam pengukuran. Dilihat dari perbedaannya dengan alat ukur pasif Gradko maka alat ukur pasif berbahan lokal dengan mesh microfiber memiliki tren yang mampu mengikuti tren alat ukur pasif Gradko. Rentang perbedaan dari kedua alat ukur ini adalah 0-18µg/m<sup>3</sup>.

## KESIMPULAN

Nilai konsentrasi ozon di GOR Cenderwasih yang terpantau menggunakan metode pasif cukup besar. Hal ini cukup membahayakan bagi masyarakat yang menggunakan sarana olahraga tersebut. Sesuai dengan observasi Stern (1997) yang menyimpulkan saat berolahraga, manusia yang terpapar ozon memiliki resiko kesehatan yang lebih besar.

Metode pasif memiliki nilai presisi blanko laboratorium, blanko lapangan dan sampel sebagai berikut 94,3%, 88,6% dan 84,7%. Dengan rentang konsentrasi antara 0-1230 µg/m<sup>3</sup>. Metode pasif belum memiliki korelasi yang baik dengan metode aktif. Hal ini dapat disebabkan oleh data sekunder dari metode aktif yang kurang karena alat pemantauan metode otomatis yang rusak pada enam minggu pertama sampling. Faktor meteorologis seperti temperatur mempengaruhi pengukuran dari metode pasif. Hal ini terlihat dari nilai blanko lapangan yang selalu lebih besar dari blanko laboratorium di semua bahan dan metode analisis. Selain itu

faktor kontaminasi dari ketidak bersihn sampel mungkin terjadi dari besarnya nilai blanko laboratorium.

Bahan yang digunakan untuk tabung dan tutup tabung alat ukur pasif sudah cukup baik dan diketahui tidak reaktif terhadap parameter ozon. Hal ini dapat dilihat dari kecilnya perbedaan pengukuran dibandingkan dengan alat ukur pasif Gradko yaitu paling besar  $4\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bahan tersebut adalah Teflon untuk tabung dan Polietilen untuk tutup tabung.

Komponen lain yang dicoba untuk dicari adalah mesh atau komponen penahan absorben. Ada dua jenis mesh yang digunakan yakni mesh stainless steel lokal dan mesh microfiber (EPM 2000). Pemilihan kedua bahan ini berdasarkan kriteria bahan yang inert , mudah dicari, dan cost effective.

Untuk alat ukur pasif dengan menggunakan mesh stainless steel lokal menunjukkan presisi dan hasil pengukuran yang kurang baik. Nilai presisi untuk blanko laboratorium 97,2%; untuk blanko lapangan 93,05%; dan untuk sampel 73,7%. Nilai pengukuran yang tidak terlalu baik dapat terlihat dari adanya perbedaan dengan alat ukur acuan sebesar  $834\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hal ini mungkin disebabkan dari kandungan chrom yang berbeda dengan alat ukur pasif acuan dan kontaminasi dari tahap persiapan.

Untuk alat ukur pasif dengan mesh microfiber didapat nilai yang lebih baik. Nilai presisi dari blanko laboratorium adalah sekitar 60%, blanko lapangan 92,7% dan sampel sebesar 82,4%. Nilai presisi blanko laboratorium yang kurang baik dimungkinkan dari kurangnya data. Sedangkan untuk perbedaan yang paling besar dibandingkan dengan alat ukur acuan hanya sebesar  $0-18\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dengan ini mesh microfiber memiliki performansi lebih baik.

Untuk kedepannya dapat dilakukan percobaan untuk men-seal sampel untuk melihat efek oksidasi absorben nitrit oleh  $\text{O}_2$ . Untuk menstabilkan pengukuran, jumlah sampel yang lebih banyak dengan diffusion path yg pendek direkomendasikan untuk dilakukan. Selain itu untuk pengukuran dengan menggunakan IC dicoba dengan menurunkan nilai LDL sehingga pengukuran dengan konsentrasi kecil dapat diukur dengan presisi.

Dari penelitian ini dapat dirangkum bahwa akurasi pengukuran metode pasif dibandingkan metode aktif belum dapat ditentukan dan perlu diselidiki lebih lanjut mengenai faktor lapangan yang mempengaruhi pengukuran. Selain itu, untuk bahan mesh perlu diketahui kandungan chrom yang baik untuk mesh berbahan stainless steel.

Untuk bahan tabung dan bahan tutup tabung sudah baik dan dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut. Mesh microfiber menjanjikan pengukuran yang lebih presisi dan memiliki resiko kontaminasi lebih sedikit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai ITB melalui program Penguatan Riset Institusi 2010 dengan judul "Pengembangan Metode Pasif Untuk Cost Effective Monitoring Pencemar Udara".

## DAFTAR PUSTAKA

- Wight, D.G. 1994. *Fundamental of Air Sampling* 1 edition. CRC-Press
- Stern, C. A. 1977. *Air Pollution Third Edition, The effects of Air Pollution*. Academic Press, INC. London
- G. Pehnec, V. Vadjic and J. Hrsak. MEASUREMENTS OF OZONE CONCENTRATIONS IN ZAGREB. *Environmental Monitoring and Assessment* (2005) 105: 165–17
- Harvard School of Public Health dan Ogawa & Co. *Protocol For Ozone Measurement Using The Ozone Passive Sampler Badge*, Harvard School of Public Health, 2001
- Seinfeld, J. H. (1986). *Atmospheric chemistry and Physics of Air Pollution*. John Wiley & Sons, Inc
- Massman, W. J. (1998) A review of the molecular diffusivities of  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}$ , and  $\text{NO}_2$  in air,  $\text{O}$  and  $\text{N}$  near STP. *Atmospheric Environment*.