

ANALISIS KUALITAS UDARA KOTA BANDUNG TAHUN 2002

Chunaeni Latief, Afif Budiyo

Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara PUSFATSATKLIM LAPAN

Andang dan Rully S. Lubis

Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Propinsi Jawa Barat

Abstrak

Kota Bandung berkembang cukup pesat dan terjadi peningkatan transportasi yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan polusi udara. Terlebih Kota Bandung berada dalam Cekungan Bandung sehingga penyebaran polusi udara akan terkungkung didalamnya. Monitoring polusi udara secara kontinyu di lima tempat di Kota Bandung pada tahun 2002, akan memberikan gambaran kondisi kualitas udara di Kota Bandung. Dengan menghitung kualitas udara secara statistik dan metode ORAQI diperoleh konsentrasi Pm-10 mengalami peningkatan, terutama rata-rata maksimum sudah di atas NAB. Sedangkan rata-rata harian parameter lainnya O₃, CO, NO_x, SO₂ dan kualitas udara ambien rata-rata harian masih sangat bagus serta rata-rata maksimum harian bagus.

Abstract

Bandung City grows rapidly and transportation tend to increase cause air pollution increase to. Bandung City is located in Bandung basin, so air pollution dispersion will be trap in inner basin. In 2002 air pollution was monitored continuesly in five regions, to get informations about air quality in Bandung City. By using statistical and ORAQI methode obtained Pm-10 concentration was increase and maximum average higher than threshold standard. But, daily average of O₃, CO, NO_x, SO₂ concentrations were excellent and daily maximum averages were good.

1. PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan hidup primer yang kurang diperhatikan adalah udara. Padahal kehidupan ini tidak terlepas dari udara, sehingga diperlukan kondisi udara ambien dalam kondisi baik dan lestari.

1.1. Latar Belakang

Analisis maupun kajian pencemaran udara sangat diperlukan mengingat pesatnya pembangunan di segala sektor yang berdampak terhadap terjadinya perubahan kualitas lingkungan maupun kualitas udara ambien.

Kota Bandung yang mempunyai luas wilayah 16.729.650 ha dengan jumlah penduduk tahun 2002 lebih dari 2,3 juta jiwa, atau kepadatan penduduk 128 jiwa per ha (diatas standar WHO), mempunyai industri besar dan menengah lebih dari 350 buah. Berdasarkan dinas Bina Marga, ruas jalan di Kota Bandung adalah 1.071 km dan jumlah kendaraan 588.640 buah, (belum termasuk kendaraan luar kota) sehingga perbandingan antara kemampuan ruas jalan dan laju pertambahan jumlah kendaraan setiap tahun 0.6 % : 12 %, hal ini mempunyai potensi yang cukup besar dalam meningkatkan pencemaran udara.

Sejak dioperasikannya stasion pemantauan kualitas udara ambien secara permanen pada akhir tahun 2000, sebagai kerjasama antara Pemerintah Swiss dan Kota Bandung yang bertujuan mengamati dan mengetahui tingkat pencemaran udara, serta memberikan pendidikan kepada warga masyarakat melalui pengumpulan dan penampilan data pencemaran udara. Hal ini merupakan suatu langkah yang sangat bagus dan baik didalam menjawab permasalahan-permasalahan lingkungan khususnya lingkungan udara.

1.2. Maksud dan Tujuan serta Manfaat

Maksud laporan analisis kualitas udara ambien ini merupakan tindak lanjut hasil pemantauan parameter-parameter kualitas udara yaitu: PM_{10} , CO , O_3 , NO_x ($NO_2 + NO$) dan SO_2 , guna mengkaji dan menganalisis hasil pemantauan kualitas udara ambien, sehingga diperoleh gambaran kondisi udara ambien periode tahun 2002 di Bandung. Sedangkan tujuannya adalah mengetahui lebih jelas *tingkat dan kecenderungan* pencemaran udara dan *Indek Kualitas Udara* (yang terintegrasi dari 5 jenis pencemar udara) di Kota Bandung selama periode Januari – Desember tahun 2002.

2. KAJIAN PUSTAKA

Pencemaran sebagaimana di jelaskan pada Undang-Undang lingkungan hidup, analisis mengenai dampak lingkungan dan pedoman pelaksanaannya tahun 1994 adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat lagi berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

2.1. Tinjauan Umum Pencemaran dan Kualitas Udara

Pertumbuhan aktifitas ekonomi dan urbanisasi yang cukup tinggi baik diperkotaan dan subperkotaan berpotensi besar terhadap peningkatan penggunaan konsumsi energi, yang akan berakibat pada meningkatnya konsentrasi gas buang ke atmosfer (pencemaran atmosfer). Penggunaan konsumsi energi terutama bahan bakar fosil merupakan sumber-sumber pencemar utama yang dilepas ke udara, seperti CO , NO_x , SO_x , SPM , O_x , $TNMH$, dan berbagai logam berat seperti Pb .

Badan Meteorologi Dunia (WMO), dan Badan Kesehatan Dunia (WHO) membagi pencemaran udara dalam 4 (empat) kategori, sesuai dengan tingkatan stasion pemantauan pencemaran udara, sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai dan permasalahan yang hendak ditanggulangi. Keempat kategori itu adalah pencemaran tingkat lokal, regional, benua, dan tingkat global atau dunia. Kategori pencemaran tingkat lokal biasanya diartikan untuk pencemaran yang terjadi secara lokal di kota-kota besar dengan daerah beradius ≤ 10 km dan orde lamanya zat tersebut berada diudara (waktu tinggal) dalam orde jam. Biasanya konsentrasi zat pencemar tersebut tinggi serta dapat berpengaruh langsung terhadap penduduk setempat, zat-zat pencemar tersebut antara lain CO , SO_2 , NO_x , H_2S , O_3 , logam berat dan debu (SPM) atau aerosol.

Dari studi-studi literatur digambarkan bahwa secara global sektor transportasi sebagai tulang punggung aktifitas manusia mempunyai kontribusi yang cukup besar (boleh dibilang utama) terhadap pencemaran udara di perkotaan (kota-kota besar), disamping aktifitas industri, rumah tangga dan alamiah yang dapat berakibat langsung pada kesehatan manusia, baik secara mendadak atau akut, menahun atau kronis/subklinis dengan gejala-gejala yang samar.

1.2. Indek Kualitas Udara

Konsekuensi makin meningkatnya pemakaian bahan bakar fosil sebagai sumber energi, terutama di daerah perkotaan dan subperkotaan, menyebabkan terjadinya peningkatan pencemaran/polusi lingkungan. Polusi udara sebagai dampak adanya aktifitas transportasi dan industri menjadi sangat penting untuk diperhatikan, sehingga sangat diperlukan adanya suatu informasi yang cepat tentang perubahan tingkat polusi udara terhadap waktu, terutama pada daerah pusat perkotaan. Informasi ini perlu dibuat secara sederhana sehingga masyarakat awam yang tidak mengetahui betul tentang polusi udara dapat mengerti dengan mudah dan jelas tentang polusi udara (kualitas udara).

Indeks kualitas udara didefinisikan sebagai gambaran atau nilai hasil transformasi parameter-parameter (indikator) individual polusi udara yang saling berhubungan yaitu konsentrasi lima parameter kualitas udara yaitu: SO_2 , NO_x , SPM, O_x , CO menjadi satu set nilai, sehingga mudah dimengerti bagi masyarakat awam. Kadangkala CO_2 (carbon dioxides), hidrokarbon dan visibilitas atau jarak pandang juga dapat diambil sebagai pertimbangan dalam penentuan indek kualitas udara.

3. PARAMETER DAN LOKASI PEMANTAUAN

3. 1. Parameter Kualitas Udara yang Dipantau

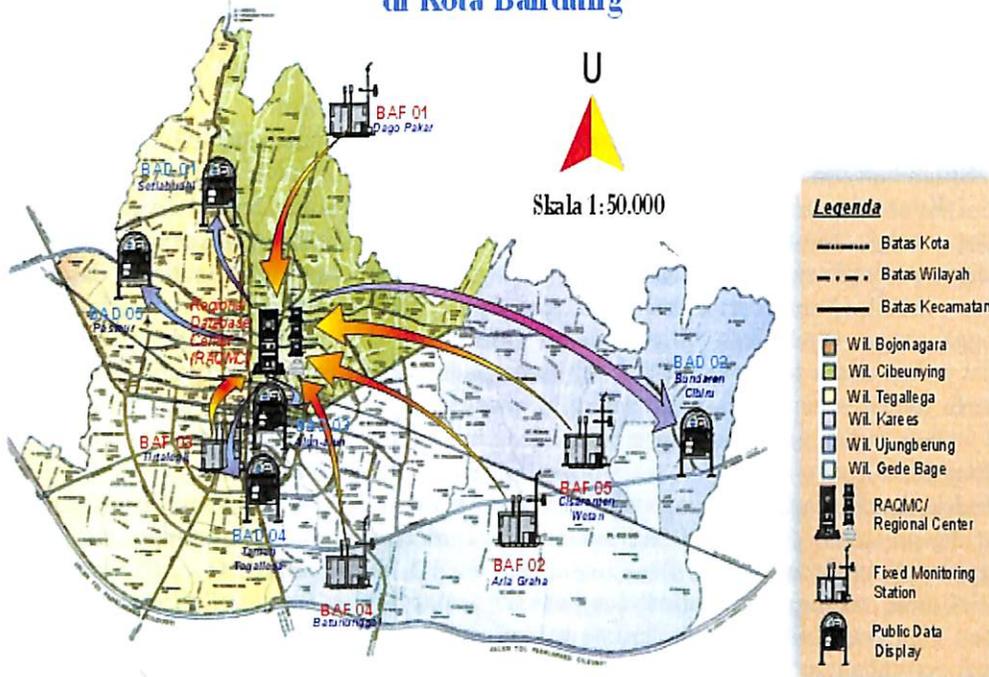
Jenis pencemaran yang terjadi di atmosfer/udara dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok besar, yaitu gas anorganik, gas organik dan partikel. Dari jenis senyawa tersebut diatas, beberapa diantaranya merupakan sumber pencemar yang terdapat dalam 90 % jumlah seluruhnya, yaitu Karbonmonoksida (CO), Oksida nitrogen (NO_x), Hidrokarbon (HC) Sulfur dioksida (SO_2), dan partikel. Oksida karbon (CO), oksida nitrogen (NO_x) dan oksida sulfur (SO_x), O_x merupakan pencemar bagian dari senyawa anorganik, sementara hidrokarbon merupakan senyawa organik dan debu (SPM) merupakan jenis partikel. Berikut beberapa parameter kualitas udara dan parameter meteorologi yang diukur di 5 (lima) titik pemantauan kualitas udara di Kota Bandung (tabel 3. 1).

3. 2. Lokasi Pemantauan Kualitas Udara

Ada lima titik lokasi pemantauan kualitas udara yang telah dilakukan oleh Pemerintah daerah Kota Bandung, seperti terlihat pada gambar 3. 1, yang mana titik-titik pantau ini dapat menggambarkan beberapa daerah perwakilan, seperti daerah Bersih, Transportasi, Perumahan, Pusat Keramaian (Bisnis) dan Industri. Kelima titik pantau tersebut seperti terlihat pada tabel 3. 2.

Peta Lokasi

Regional Center, Fixed Monitoring Station, Public Data Display di Kota Bandung



Tabel.3. 1. Parameter Kualitas Udara dan Meteorologi yang diukur di 5 stasion pemantau di Kota Bandung

NO	Jenis Parameter yang diukur	Satuan
1	CO (Karbon monoksida)	mg/m ³
2	NO _x (Oksida karbon)	µg/m ³
3	NO ₂ (Karbon dioksida)	µg/m ³
4	O ₃ (Ozon)	µg/m ³
5	SO ₂ (Sulfur dioksida)	µg/m ³
6	PM-10 (Partikel debu)	µg/m ³
7	Radiasi global	Watt/m ²
8	Arah Angin	derajat
9	Kecepatan Angin	m/dt
10	Temperatur	⁰ C
11	Temperatur kontainer	⁰ C

Tabel 3. 2. Lokasi dan daerah Perwakilan titik Pemantauan Kualitas Udara Ambien di Kota Bandung

NO	KODE	Lokasi	Perwakilan
1.	BAF 1	Dago	Daerah Bersih
2.	BAF 2	Ariagraha	Pemukiman
3.	BAF 3	Tegallega	PusatKota/Bisnis/ Transportasi
4.	BAF 4	Batununggal Indah	Pemukiman/ Transportasi
5.	BAF 5	Cisaranten Wetan	Industri

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk memonitor kualitas udara ambien secara kontinyu dan simultan dari beberapa parameter kualitas udara ambien di 5 (lima) titik Fixed Stasion (BAF1, BAF2, BAF3, BAF4, BAF5). Peralatan yang digunakan seperti terlihat pada tabel. 3.3, yang merupakan produksi dari Analytic Instruments Horiba, dengan beberapa option (range detection, dan minimum range detection).

Pengukuran pada stasiun monitor tetap berlangsung selama 24 jam, dari hasil pengukuran data – data dikirim melalui modem dengan jaringan telepon analog ke Regional Centre (RC) di Gedung Balai Kota Jl. Wastukencana. Pengiriman dilakukan selama 4 kali dalam satu hari, yaitu pada jam 04:00, 10:00, 14:00 dan 15:0. Kemudian di RC dilakukan inspeksi data, laporan AQMS, kontrol aktifitas stasiun tetap dan dilakukan backup data.

Tabel 3. 3. Parameter, Peralatan, dan Metode pengukuran

NO	Parameter Kualitas Udara	Peralatan	Metode Pengukuran
1	CO	CO Monitor APMA-360 Horiba	Nondispersion Cross Modulation Infra Red Method
2	NO _x , NO ₂ , NO	NO _x Monitor APNA-360 Horiba	Cross-Low Modulated Semidecompression Chemiluminescence Method
3	O ₃	O ₃ Monitor APOA-360 Horiba	
4	SO ₂	SO ₂ Monitor APSA-360 Horiba	UV Fluorescence.
5	PM-10	FH 62-1	Sampler
6	P, T, Rh, Wind	Sensor meteorologi	-

3. 3. Metodologi Perhitungan Indeks Kualitas Udara

Metode analisis data dari parameter kualitas udara ini dilakukan secara statistik dan matematis serta analisis visual dari beberapa data dengan membandingkan dengan nilai baku mutunya berdasarkan atas Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Beberapa perhitungan indeks kualitas udara yang telah dilakukan dan dikembangkan di beberapa negara maju, seperti Amerika Serikat, diantaranya: PSI (Polutans Standard Index) atau sering dikenal dengan ISPU (indek Standar Polusi Udara), yang didasarkan atas 5 parameter pencemar udara, yaitu CO, NO₂, O₃, TSP, SO₂, dan mengkategorikan dalam 5 kriteria, yaitu : 0 - 50 merupakan kondisi indeks pencemar udara baik, 51-100 adalah sedang, 101 - 199 tidak sehat , 200 - 299 sangat tidak sehat dan 300 keatas adalah berbahaya. Perhitungan indeks kualitas udara lain yaitu mengintegrasikan kelima parameter pencemar udara seperti tersebut diatas yang disebut metode ORAQI (Oak Ridge Air Quality Index) dengan kriteria/kategori seperti terlihat pada tabel berikut 3.4. ini :

Tabel 3. 4. Range Indeks Kualita Udara ambien berdasarkan ORAQI

NO	Nilai Indeks	Deskripsi/Kategori
1	< 20	Sangat Baik (Excellent)
2	20 - 39	Baik (Good)
3	40 - 59	Cukup (Fair)
4	60 - 79	Jelek (Poor)
5	80 - 99	Sangat Jelek (Bad)
6	> 100	Berbahaya (Dangerous)

Penilaian pencemaran udara ambien secara umum dengan metode ORAQI dengan menghitung rasio konsentrasi 5 (lima) parameter polutan yang terukur, yaitu (CO, NO_x, O_x, SPM(Debu) dan SO₂) terhadap nilai standar baku mutu yang telah ditentukan. Nilai Indeks Kualitas Udaranya (IKU) dihitung:

$$IKU (ORAQI) = \left[\sum_{i=1}^i \left(\frac{X}{X_s} \right)_i \right]^{1.37}$$

$i = 5$ (lima) parameter , yaitu : CO, NO₂, O₃, TSP, SO₂.

Selanjutnya nilai indeks kualitas udara ini dibandingkan dengan nilai-nilai ketegoriannya yang telah ditentukan, sebagaimana terlihat pada tabel 3.4. Sistem yang serupa juga telah dilakukan dengan menggunakan bentuk perhitungan ISPU (Indek Standar Pencemar Udara), dimana dalam perhitungan sistem ISPU dilakukan secara seri untuk setiap parameter berdasarkan atas sistem PSI (Polutans Standard Index), sebagaimana sesuai dengan keputusan MENLH Nomor : KEP-45/MENLH/10/1997. Namun dalam laporan analisis kualitas udara ambien ini akan di berikan perhitungan dengan metode ORAQI didasarkan pada PP-RI No. 41 Tahun 1999, dengan tujuan untuk penyajian dan perbandingan yang berbeda dengan yang telah dilakukan.

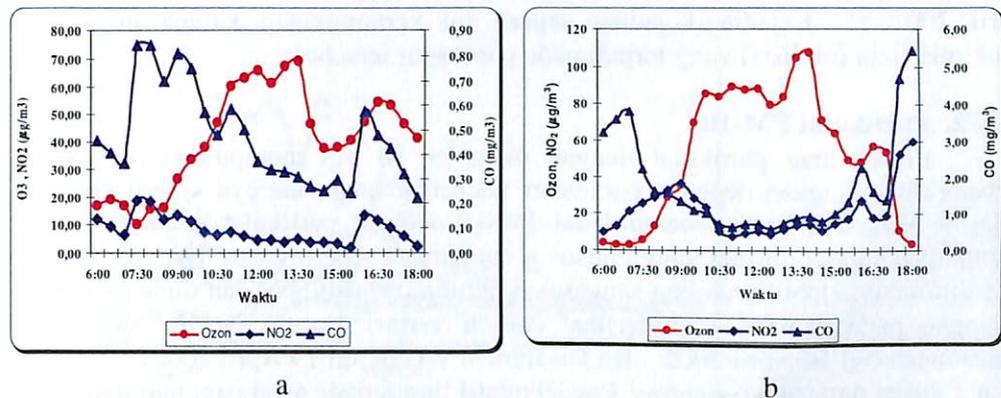
4. ANALISIS KUALITAS UDARA AMBIEN

4. 1. Variasi Diurnal Parameter Kualitas Udara

Variasi diurnal parameter kualitas udara adalah menggambarkan kondisi atau perilaku dari tiap-tiap parameter pencemar udara (CO , O_3 , NO_x ($\text{NO}_2 + \text{NO}$), TSP, SO_2) selama periode satu hari, biasanya ditunjukkan dalam periode waktu pagi sampai dengan sore hari (perjam), dimana tiap-tiap parameter ini mempunyai perilaku yang berbeda-beda satu sama lain. Hal ini terjadi karena beberapa faktor, seperti karena sifat materi/gas tersebut yang mudah berreaksi terhadap materi lain atau karena faktor-faktor eksternal dari materi tersebut, seperti fotolisis, angin, temperatur. (proses fotokimia).

4. 1. 1. Ozon dan precursornya.

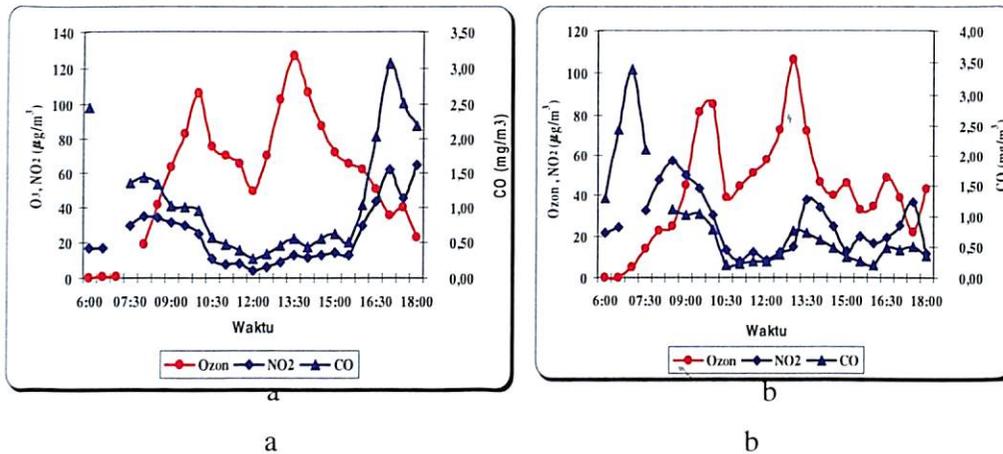
Gambar 4. 1.a dan b Menunjukkan variasi diurnal Ozon dan precursornya, yaitu CO dan NO_x dalam hal ini NO_2 . (a. Dago, b. Tirtalega, tgl. 14 april 2002). Secara teoritis sederhana, pada udara/atmosfer yang relatif bersih, ozon terhadap NO_2 dan CO mempunyai perilaku yang berlawanan pada variasi diurnalnya, dimana pada saat konsentrasi ozon menaik maka konsentrasi kedua precursor, yaitu NO_2 dan CO akan menurun.



Gambar 4.1. Variasi diurnal O_3 dan precursor untuk fixed stasiun
a. Dago, b. Tirtalega

Proses ini terjadi karena reaksi antara ozon dan precursornya (yang bersifat merusak) dan juga karena adanya proses fotokimia ozon (produksi ozon) yang menyebabkan nilai ozon meningkat, seperti yang terjadi menjelang siang hari, sementara konsentrasi ozon meningkat maka yang terjadi adalah konsentrasi precursornya akan menurun.

Dalam gambar 4.1a. secara samar nampak adanya proses-proses yang berkebalikan antara variasi diurnal ozon dan precursornya, meskipun kenampakan proses ini dibarengi dengan time lag-nya (pergeseran waktu kejadian), pada gambar 4.1b. menggambarkan variasi diurnal ozon dan precursornya dengan proses kenaikan dan penurunan konsentrasi yang lebih jelas.

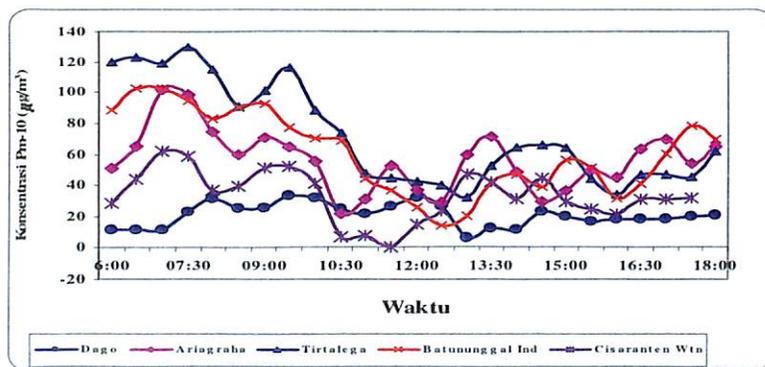


Gambar 4.2. Variasi diurnal O_3 dan precursornya untuk fixed stasiun a. Batununggal Indah, b. Cisaranten

Namun demikian pola-pola ini tidak selalu terjadi secara normal, dimana saat konsentrasi ozon naik maka justru konsentrasi precursornya juga naik seperti terlihat pada gambar 4. 2 a dan b, (a. Batununggal Indah 14 April 2002, b. Cisaranten Wetan 19 April 2002). Kejadian-kejadian seperti ini kemungkinan karena proses reaksi fotokimia (laju fotolisis) yang terjadi pada parameter tersebut.

4. 1. 2. Partikulat PM-10.

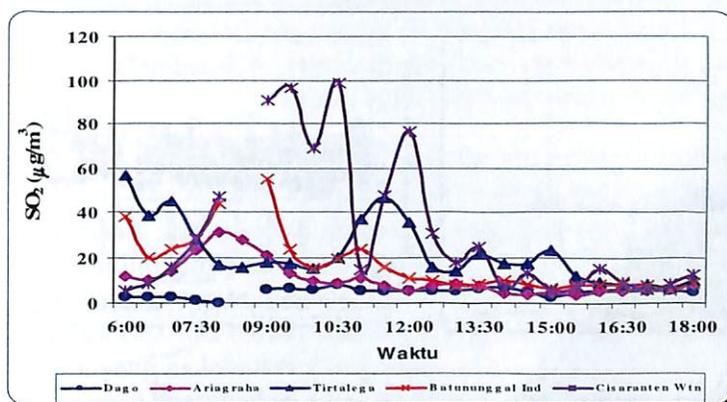
Pm-10 atau partikulat dengan diameter $10 \mu\text{m}$ mempunyai perilaku yang berbeda dibandingkan dengan parameter pencemar udara lainnya seperti Ozon, NO_x ($\text{NO}_2 + \text{NO}$) CO, karena bentuk/sifat Pm-10 sebagai partikulat maka Pm-10 tidak mempunyai variasi diurnal yang khusus sebagaimana seperti dalam gas (O_3 , NO_x CO), pola diurnalnya lebih acak dan sangat bergantung pada sumber dan dinamika atmosfer setempat, pada gambar 4. 3. terlihat contoh variasi diurnal Pm-10 untuk 5 titik pemantauan (tgl 14 April 2002, dan Cisaranten Wetan, tgl 19 April 2002). Secara visual nampak konsentrasi Pm-10 relatif tinggi pada awal pagi hari dan menurun menjelang pukul 10:00 dan relatif stabil pada siang sampai dengan sore hari.



Gambar 4. 3. Variasi Diurnal Pm-10 (Dago, Ariagraha, Tirtalega, Batununggal Indah dan Cisaranten Wetan)

4. 1.3. Sulfur Dioksid SO_2

Sulfur dioksid (SO_2) merupakan jenis gas anorganik yang merupakan salah satu komponen pencemar udara, sementara bentuk lain sulfur dalam padatan dan cairan adalah SO_4^{2-} yang merupakan hasil reaksi antara SO_3 dan H_2O . Sarana transportasi, Industri yang menggunakan bahan bakar minyak merupakan salah satu pemicu pelepasan sulfur ke atmosfer/udara, pada solar misalnya, terkandung 0.5 % sulfur, sementara pada premium terkandung 2 % sulfur. Di atmosfer SO_2 terbentuk melalui proses oksidasi sulfur (pembakaran sulfur) hasil dari proses pembakaran bahan bakar fosil. Sehingga konsentrasi SO_2 pada daerah Industri dan transportasi menjadi terkadang konsentrasinya menjadi tinggi dibandingkan dengan daerah-daerah rural/pedesaan. Secara umum SO_2 tidak mempunyai variasi diurnal yang khusus, sebagaimana partikulat, seperti nampak pada gambar 4. 4. Pada gambar 4. 4 nampak konsentrasi SO_2 untuk 4 titik pemantauan : Ariagraha, Tirtalega, Batunggal dan Cisaranten wetan konsentrasi relatif tinggi, nampak pada titik pemantau Cisaranten wetan, dibandingkan dengan Dago. Relatif tingginya konsentrasi SO_2 di 4 titik pemantau : Ariagraha, Tirtalega, Batunggal dan Cisaranten wetan, kemungkinan hal ini terjadi karena adanya faktor transportasi disekitar wilayah tersebut. Sementara di titik pantua Dago merupakan daerah yang relatif bersih dan sangat rendah aktifitas transportasinya. Namun demikian konsentrasi kesemuanya masih jauh dibawah baku mutu yang diperkenankan, yaitu $150 \mu g/m^3$.



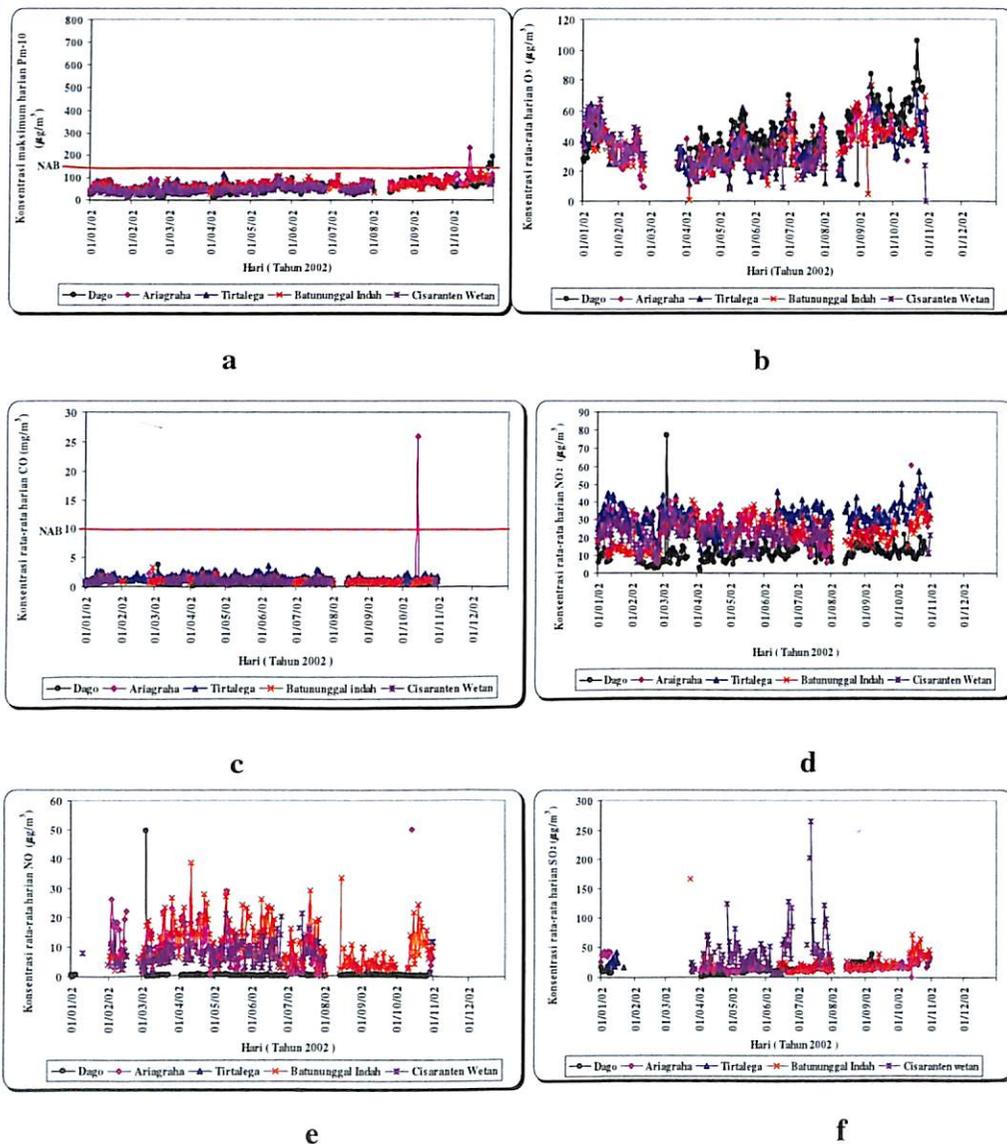
Gambar 4. 4. Variasi Diurnal SO_2 (Dago, Ariagraha, Tirtalega Batununggal Indah dan Cisaranten Wetan)

4. 2. Variasi Harian Parameter Kualitas Udara

4.2.1. Variasi Rata-rata Harian

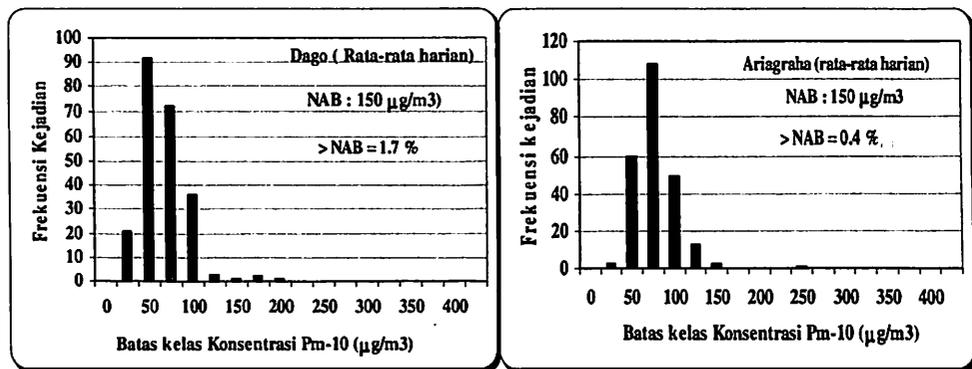
Pada analisis variasi harian parameter kualitas udara, akan di tinjau dua kondisi, yaitu pada kondisi nilai rata-rata harian dan pada saat-saat kondisi maksimum yang terjadi. Pada gambar 4. 5. a /s/d f ditunjukkan Variasi harian untuk tiap-tiap parameter, Pm-10, Ozon, CO, NO_2 , NO, dan SO_2 . Beberapa data menunjukkan adanya nilai-nilai yang melewati ambang batas (NAB) seperti Pm-10, untuk daerah Dago (29,30 dan 31 Okt 2002) dan Ariagraha, (31 Oktober 2002), dengan prosentase kajadian 1.7 dan 0.4 % (gambar 4. 6 a dan b), CO di Ariagraha (14 Oktober 2002) dengan konsentrasi mencapai $25.96 mg/m^3$.

Dilihat dari prosentase kejadian Pm-10 dan CO yang melewati ambang batas hanya di bawah 2 % dan kejadiannya hanya dalam orde 1 hari untuk CO dan 1 serta 3 hari untuk Pm-10 di Ariagra dan Dago, maka ada dua kemungkinan yang menyebabkan hal ini, pertama terjadi karena permasalahan peralatan (system pembacaan/deteksi yang salah), bila kemungkinan ini yang terjadi maka data seperti ini dapat di neglected (diabaikan). Kemungkinan kedua adalah kondisi ini adalah real dilapangan, bahwa konsentrasi Pm-10 dan CO benar-benar memang tinggi, maka untuk mengecek/memvalidasi data ini perlu adanya checking lapangan, kejadian apa yang terjadi saat itu ?, dan perlu komparasi dengan data parameter lain.



Gambar 4. 5. Variasi rata-rata harian a. Pm-10, b. Ozon, c. CO, d. NO₂ e. NO dan f. SO₂

Pada gambar 4. 5.a variasi rata-rata harian Pm-10, secara visual nampak adanya kecenderungan peningkatan konsentrasi sejak bulan Maret 2002, untuk kesemua 5 (lima) titik pemantau, meskipun ada sedikit penurunan konsentrasi pada pertengahan bulan Juli 2002. Kecenderungan peningkatan konsentrasi Pm-10 ini kemungkinan berkaitan dengan musim kemarau tahun 2002, dimana musim hujan baru terjadi pada akhir bulan November 2002. Untuk pengecekan hal ini maka perlu adanya analisis data berikutnya, yaitu untuk bulan November 2002 – Maret 2003, sebagai komparasi periode musim hujan. Pola kecenderungan kenaikan konsentrasi Pm-10 ini juga jelas nampak pada variasi maksimum hariannya (gambar 4. 7. a).



a
b
Gambar 4. 6. Frekuensi kejadian konsentrasi rata-rata harian Pm-10 di atas Nilai Ambang Batas (NAB) di a. Dago., b. Ariagraha

Pm-10 ini juga jelas nampak pada variasi maksimum hariannya (gambar 4. 7. a). Gambar 4. 4.b. menunjukkan variasi rata-rata harian ozon pada 5 (lima) titik pantauan, secara global nampak adanya pola yang membentuk fungsi sinusoidal dengan nilai minimum pada bulan Maret, tentu untuk melihat hal ini secara keseluruhan dan jelas maka perlu analisis lebih lanjut hingga data sampai periode Maret 2003. Nilai variasi rata-rata harian selama periode Jan – Okt 2002, tidak nampak adanya konsentrasi ozon yang melebihi ambang batas.

Diperlihatkan pada gambar 4. 5. c menunjukkan variasi rata-rata harian untuk CO, secara global nilai variasi rata-rata harian CO masih jauh dari nilai ambang batasnya (NAB = 10 mg/m³), dan relatif stabil pada ke 5 (lima) titik pemantau, meskipun pada gambar tersebut menunjukkan adanya satu data yang telah melewati nilai ambang batas (NAB), hal ini terjadi seperti telah disebutkan diatas.

Pada gambar 4. 5 d dan e menunjukkan variasi rata-rata harian untuk NO₂ dan NO, secara visual nampak bahwa konsentrasi NO₂ dan NO masih dibawah ambang batas (NAB) yang diperkenankan, meskipun ada beberapa data yang mempunyai nilai konsentrasi cukup tinggi, yaitu NO₂ di Ariagraha, hal ini kemungkinan terjadi sebagaimana terjadi pada parameter CO. Pada titik pemantau di Dago, terlihat konsentrasi NO₂ dan NO cukup stabil dan rendah dibandingkan pada titik pemantau lainnya, lebih tinggi dan menyebar hingga mencapai 40 µg/m³ untuk NO₂ dan 30 µg/m³ untuk NO. Kemungkinan relatif tingginya konsentrasi NO₂ dan NO ini disebabkan oleh faktor transportasi pada daerah/wilayah tersebut, dibandingkan dengan di Dago. Dilihat dari nilai rata-rata konsentrasi NO₂ dan NO pada 4 (empat) titik pemantauan diluar Dago yang sudah relatif cukup tinggi (hampir 30 % terhadap nilai NAB), maka hal ini perlu untuk diwaspadai.

Gambar 4. 5.f menunjukkan variasi rata-rata harian SO_2 , secara visual nampak bahwa konsentrasi SO_2 untuk 5(lima) titik pemantau masih dibawah ambang batas (NAB), untuk 4(empat) titik pemantau, Dago, Ariagra, Tirtalega dan Batununggal indah masih dibawah $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan kesemuanya relatif sama, sementara untuk titik pemantau Cisaranten Wetan, selama periode April s/d Agustus 2002 nilai konsentrasinya relatif lebih tinggi dan menyebar hingga mencapai $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Untuk mengetahui relatif tingginya konsentrasi SO_2 di Cisaranten Wetan maka perlu peninjauan kondisi setempat, bilamana hal ini juga terjadi pada tahun-tahun sebelum, dan sesudahnya. Namun untuk satu data yang nilai konsentrasinya cukup tinggi hingga mencapai $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hal ini terjadi seperti kejadian pada parameter CO di Ariagraha, ada dua kemungkinan, yaitu peralatan atau kondisi real setempat. Pada gambar 4.5 f ini nampak bahwa di ke 5(lima) titik pemantau ada kecenderungan peningkatan konsentrasi SO_2 selama periode April s/d November 2002.

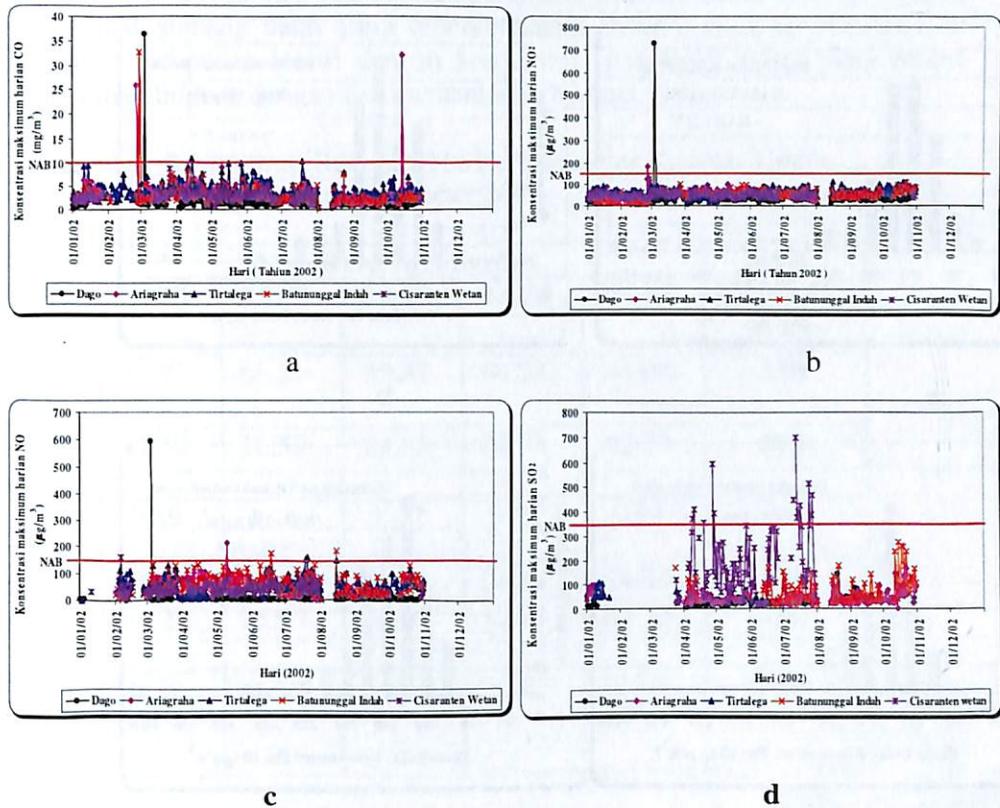
4. 1. 2. Variasi Maksimum Harian.

Gambar 4. 7 a/s/d d menunjukkan variasi maksimum harian parameter Pm-10, O_3 , NO_2 , dan SO_2 untuk 5 (lima) titik pemantauan. Variasi maksimum harian ini menggambarkan kondisi dimana parameter-parameter polusi udara mencapai konsentrasi maksimum pada setiap harinya., bilamana prosentase maksimum harian yang telah melewati NAB cukup tinggi, juga dapat dipeka sebagai indikasi awal akan adanya peningkatan konsentrasi polutan.

Pada kondisi maksimum harian, kejadian konsentrasi Pm-10 yang telah melewati nilai ambang batas (NAB) telah cukup tinggi, pada ke lima titik pemantauan. Untuk dago nilai konsentrasi yang telah melampaui NAB sebesar 22 %, Ariagraha 57%, Tirtalega 44%, Batununggal Indah 44 % dan Cisaranten wetan 38 % (lihat gambar 4. 7 a dan 4. 8 a s/d e). Dari ke lima titik pemantauan, Ariagraha, Tirtalega dan Batununggal indah nilainya sudah cukup tinggi, hal ini kemungkinan sebagai akibat aktifitas transportasi, sementara untuk dago masih relatif rendah. Pada kondisi maksimum harian juga nampak sekali adanya kecenderungan peningkatan konsentrasi Pm-10 sejak bulan Maret 2002 untuk ke 5(lima) titik pemantauan, sebagaimana tergambar pula pada kondisi rata-rata hariannya.

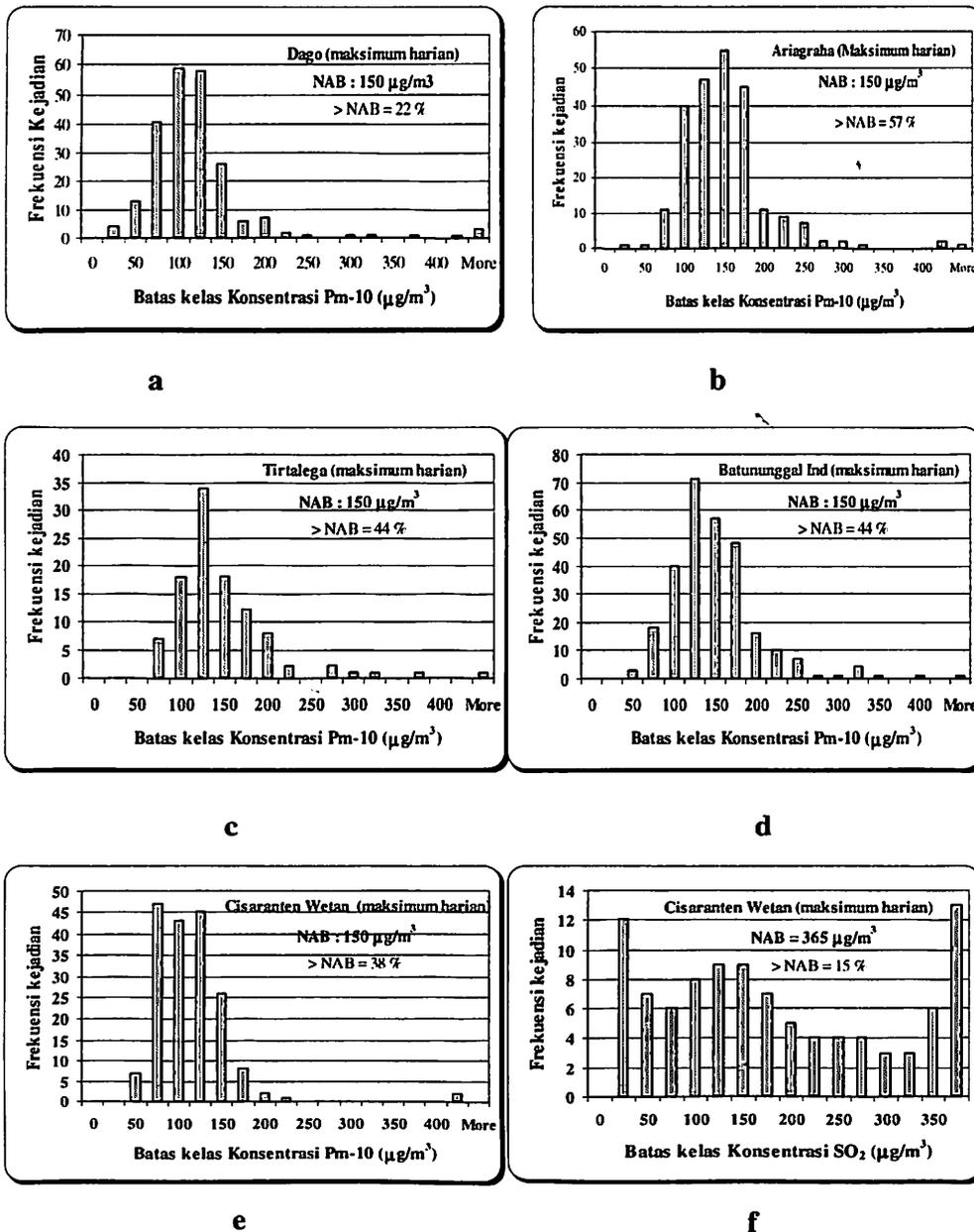
Gambar 4. 7.b. menunjukkan variasi maksimum harian ozon pada 5 (lima) titik pantauan, pada kondisi maksimum harian nampak pola yang terjadi lebih acak tidak sebagaimana ditunjukkan pada pola variasi rata-rata hariannya. Ada beberapa nilai konsentrasi yang telah melewati NAB, yaitu di Ariagraha = $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada tanggal 11 Januari 2002 dan di Cisaranten Wetan sebesar $263.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $245, 56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ masing-masing pada tanggal 11 dan 16 Januari 200. Namun demikian tingginya konsentrasi ini tidak dapat menggambarkan suatu kejadian sebagai akibat adanya pengaruh polusi, hal yang sangat mungkin adalah akibat proses alamiah seperti fotokimia, karena hal ini tidak nampak terjadi pada variasi rata-rata hariannya.

Gambar 4. 7.c menunjukkan variasi maksimum harian untuk CO, secara global nilai variasi maksimum harian CO masih dibawah ambang batasnya (NAB = $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dan relatif stabil pada ke 5(lima) titik pemantauan, meskipun pada gambar tersebut menunjukkan adanya beberapa data yang telah melewati nilai ambang batas (NAB), hal ini terjadi seperti telah disebutkan diatas.



Gambar 4. 7. Variasi maksimum harian a PM₁₀, b O₃, c NO dan d SO₂.

Pada gambar 4. 7 c menunjukkan variasi maksimum harian konsentrasi NO₂ dan NO, pada variasi maksimum harian konsentrasi NO ini masih dibawah ambang batas (NAB) namun demikian secara rata-rata nilainya telah mencapai 50 % dari nilai NAB-nya. Ada beberapa data yang telah melewati nilai NAB baik untuk NO, namun nilai-nilai ini karena faktor kondisi real di lapangan dengan arah angin ke pemantau. Demikian juga variasi maksimum harian SO₂ untuk 5 (lima) titik (gambar 4. 7d) pemantau masih dibawah ambang batas (NAB). Pada titik pemantauan di Cisaranten Wetan nilai konsentrasi SO₂ lebih acak dibandingkan dengan titik-titik pemantau lainnya, dan sebagian telah melewati NAB, yaitu sebesar 15 % (lihat gambar 4. 8.f). Hal ini terjadi sebagaimana telah disebutkan pada analisis variasi rata-rata hariannya. Kenampakan kecenderungan peningkatan konsentrasi SO₂ pada variasi maksimum harian tidak sejelas pada variasi rata-rata hariannya.



Gambar 4. 8. a - e Frekuensi kejadian konsentrasi maksimum harian Pm-10 di di 5(lima) titik pemantau yang di atas Ambang Batas (NAB)
f. Frekuensi kejadian Konsentrasi SO_2 yang di atas NAB untuk Cisaranten Wetan

4. 3. Tingkat Konsentrasi Parameter Kualitas udara

Berikut ini ditunjukkan tingkat konsentrasi parameter kualitas udara untuk setiap parameter dan lokasi baik nilai rata-ratanya ataupun nilai maksimum yang terjadi, selama periode Januari s/d Oktober 2002. Pada tabel 4. 1 dan 2 nampak nilai konsentrasi tiap parameter baik nilai rata-rata dan nilai maksimum hariannya yang terjadi dan dapat dibandingkan dengan nilai NABnya (kolom kanan), berdasarkan atas

PP. No. 41 tahun 1999. Nilai rata-rata seluruh parameter kualitas udara (polutan) masih jauh dibawah nilai ambang batas yang diperkenankan (NAB). Dari ke 5(lima) titik pemantau, Dago merupakan lokasi dengan konsentrasi parameter udara yang relatif paling rendah dibandingkan dengan titik pemantauan lainnya.

Tabel. 4. 1. Konsentrasi Rata-rata Harian Parameter Kualitas Udara Periode Januari – Oktober 2002

Parameter	Rata-rata harian					NAB PP.No.41 th 99
	BAF1	BAF2	BAF3	BAF4	BAF5	
Pm-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	53.77	65.31	59.37	64.73	45.00	150
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12.52	16.59	23.95	22.75	42.33	365
CO (mg/m^3)	0.49	1.14	1.47	0.97	0.94	10
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	45.96	36.04	36.55	36.46	31.49	235
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11.20	25.97	31.63	22.71	21.16	150
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.39	9.21	-	10.15	7.80	150

Pada tabel 4. 2 ditunjukkan nilai-nilai maksimum yang terjadi selama periode Januari s/d Oktober 20002 untuk setiap parameter kualitas udara, nilai dengan mark kuning adalah nilai-nilai yang telah melebihi nilai NABnya. Kesemua nilai-nilai ini tidak dapat menggambarkan kondisi tercemar sebenarnya pada suatu titik pemantau, sebab nilai ini dapat terjadi karena kesalahan peralatan didalam mengukur parameter tersebut, seperti pada nilai maksimum untuk parameter CO, NO₂ dan NO.

Tabel. 4. 2. Konsentrasi Maksimum Harian Parameter Kualitas Udara Periode Januari – Oktober 2002

Parameter	Maksimum harian					NAB PP.No.41 Th 99
	BAF1	BAF2	BAF3	BAF4	BAF5	
Pm10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	642.66	796.56	523.34	546.28	436.58	150
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	141.37	164.14	107.14	272.09	699.98	365
CO (mg/m^3)	36.26	32.10	10.90	32.59	8.70	10
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	220.39	260.89	220.19	221.02	263.69	235
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	725.70	182.04	113.47	112.13	123.36	150
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	593.60	216.54	163.99	186.62	161.35	150

Pada kondisi maksimum harian, hampir di ke 5(lima) titik pemantau nilai konsentrasi Pm-10 yang melebihi nilai NAB selalu muncul, untuk NO dan CO hanya di titik pemantau Cisaranten Wetan yang tidak melebihi nilai NABnya. Pada Tabel 4. 3 menunjukkan tanggal kejadian nilai maksimum harian untuk ke lima parameter di seluruh titik pemantau. Yang cukup menarik adalah kejadian di titik pemantauan Dago, nampak pada tabel 4. 3, ada kejadian yang tepat sama waktunya, yaitu pada tanggal 4 Maret 2002 yaitu untuk CO, NO₂ dan NO. Bilamana hal ini kejadian alamiah yang ada di Dago dan bukan kesalahan pada sistem pemantauan, maka ini perlu kaji ulang, ada kejadian apa pada tanggal tersebut di sekitar wilayah Dago ?.

Tabel. 4. 3. Tanggal kejadian Tingkat Konsentrasi Maksimum Harian Parameter Kualitas Udara Periode Januari – Oktober 2002

Parameter	Tanggal Kejadian (2002)				
	BAF1	BAF2	BAF3	BAF4	BAF5
Pm-10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 Jun	14 Okt	12 Apr	10 Jan	28 Mar
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20 Ags	22 Okt	12 Jan	15 Okt	13 Jul
CO (mg/m^3)	4 Mar	14 Okt	14 Apr	28 Feb	26 Mar
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23 Mei	11 Jan	17 Jan	11 Jan	11 Jan
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4 Mar	26 Feb	16 Ags	28 Feb	27 Feb
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4 Mar	10 Mei	20 Jul	15 Ags	6 Feb

4. 4. Indek Kualitas Udara

Dalam menghitung indek kualitas udara ini digunakan metode ORAQI sebagaimana telah dijelaskan pada bab II dan dengan menggunakan Baku Mutu Udara Ambien Nasional berdasarkan atas Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 41 Tahun 1999, tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Didalam perhitungan ini dilakukan perhitungan untuk nilai rata-rata harian dan nilai maksimum harian. Dengan harapan bahwa dari kedua nilai ini dapat dilihat kondisi rata-rata dan maksimum yang terjadi. Gambar 4. 9 a dan b menunjukkan variasi harian Indek Kualitas Udara, untuk nilai rata-rata dan nilai maksimum harian yang pernah terjadi untuk 5(lima) titik pemantau yang ada. Perhitungan hanya dilakukan pada periode data April sampai dengan September 2002, dengan pertimbangan bahwa pada periode tersebut, ke 5 parameter data yaitu Pm-10, CO, O₃, NO₂ dan SO₂ relatif lengkap, sementara untuk titik pemantau Tirtalega tidak tergambar/dihitung karena pada periode April s/d September 2002 datanya tidak selengkap titik pemantau lainnya.

Nampak pada gambar 4.9a. menunjukkan nilai rata-rata variasi harian Indek Kualitas Udara (IKU) untuk ke 4 (empat) titik pemantau yang dihitung berdasarkan atas perhitungan ORAQI masih dibawah nilai 20, ini berarti bahwa kondisi kualitas udaranya masih sangat bagus. Tentu hal ini tidak menggambarkan kondisi yang kontinyu (terus menerus) bila dipertimbangkan dengan kondisi data-data IKU maksimum harian yang terjadi, pada saat-saat tertentu nilai kualitas udaranya dapat bagus, cukup bagus dan jelek (gambar 4.9b). Pada gambar 4.9b ini ditunjukkan variasi maksimum harian nilai IKU pada 4 (empat) titik pemantauan yang dihitung. secara rata-rata nilai kualitas udaranya berada pada nilai 20 – 40, yang berarti bahwa nilai kualitas udaranya pada kategori bagus, dengan demikian secara rata-rata kondisi udara masih bagus, walaupun dapat saja sesaat kondisi udara bisa jelek atau lainnya.

Pada gambar 4.10 a s/d d ditunjukkan frekuensi kejadian nilai indeks kualitas udara di Dago, Ariagraha, Batununggal Indah dan Cisaranten Wetan, pada gambar terlihat jumlah kejadian terhadap nilai Indeks Kualitas Udara ada yang frekuensi kondisi sangat bagus lebih dominan seperti Dago, lainnya hampir sama.

Pada tabel 4. 4 ditunjukkan hasil hitungan nilai IKU rata-rata dan maksimum hariannya. Pada titik pemantauan di Dago nilai IKU maksimum hariannya mencapai 109, maka nilai ini sudah termasuk kategori kualitas udara yang berbahaya, tentu saja nilai harus dilihat apa pemicu utama diantaranya partikulat dan SO₂ yang berasal dari transportasi dan kondisi kekeringan tanah sekitarnya.

Tabel 4. 4. Nilai IKU rata-rata dan Maksimum Harian serta Kategori Kualitas Udaranya.

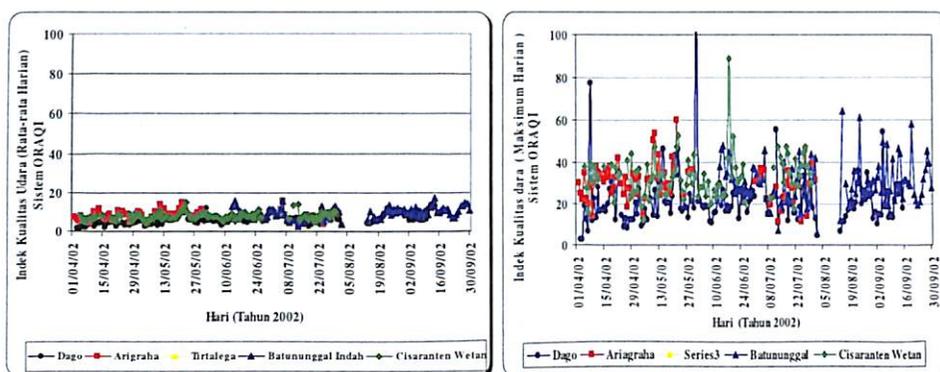
Lokasi	IKU	Kategori Kualitas Udara		
	Rata-rata	Maksimum	Rata-rata	Maksimum
BAF1	6	109	Sangat bagus	Barbahaya
BAF2	8	60	Sangat bagus	Jelek
BAF3	-	-	Sangat bagus	-
BAF4	9	64	Sangat bagus	jelek
BAF5	8	88	Sangat bagus	Sangat Jelek

Tingginya nilai IKU ini terjadi pada tanggal 1 Juni 2002, dimana nilai konsentrasi Pm-10 yang terjadi adalah mencapai 642.66 µg/m³, sementara nilai NABnya hanya 150 µg/m³. Tentu saja nilai maksimum harian IKU ini tidak dapat mewakili atau menggambarkan kondisi hari itu atau bahkan lebih dari hari itu, sebab kejadian ini hanyalah sesaat. Sedangkan nilai rata-rata maksimum harian IKU di 4(empat) titik pemantauan Dago, Ariagraha, Batununggal Indah dan Cisaranten Wetan berada pada range nilai 20 – 40, yang berarti kualitas udaranya pada kondisi maksimum harian adalah *Bagus*.

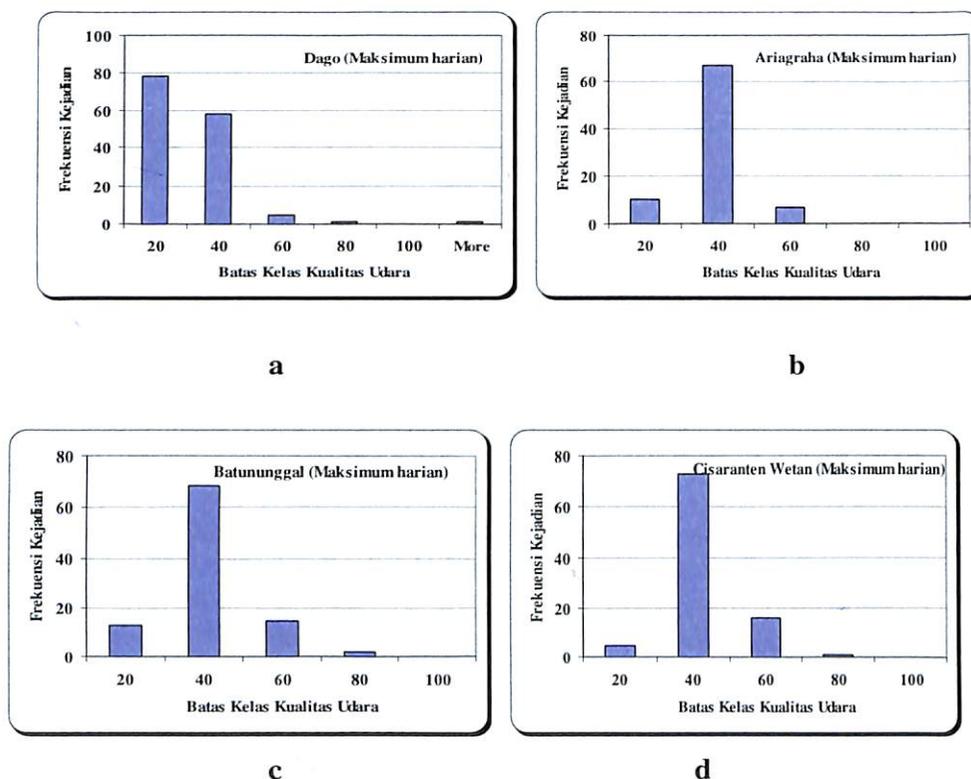
Tabel 4. 5. Prosentase Kejadian nilai IKU maksimum harian di 4(empat) titik Pemantauan selama periode April – September 2002.

NILAI IKU	BAF1	BAF2	BAF3	BAF4	BAF5
< 20	55 %	12 %	-	13 %	5 %
20 - 39	41 %	80 %	-	69 %	74 %
40 - 59	3 %	8 %	-	16 %	16 %
60 - 79	1 %	-	-	2 %	1 %
80 - 100	-	-	-	-	-
> 100	-	-	-	-	-

Hasil perhitungan prosentase kejadian indeks kualitas udara (IKU) untuk tiap titik pemantau dan kategorinya seperti terlihat pada tabel 4. 5, lebih dari 80 % nilai IKU maksimum harian berada di bawah nilai 60, yang berarti bahwa kualitas udara rata-rata maksimum hariannya berada pada kategori nilai Bagus.



Gambar 4. 9. Variasi rata-rata dan maksimum harian Indeks Kualitas Udara
a.rata-rata variasi harian IKU, b.variasi maksimum harian IKU



Gambar 4. 10. Frekuensi kejadian nilai IKU pada maksimum harian
a.Dago, b.Ariagraha, c.Batununggal Indah, dan d.Cisaranten Wetan

Hasil perhitungan prosentase kejadian indeks kualitas udara (IKU) untuk tiap titik pemantau dan kategorinya seperti terlihat pada tabel 4. 5, lebih dari 80 % nilai IKU maksimum harian berada di bawah nilai 60, yang berarti bahwa kualitas udara rata-rata maksimum hariannya berada pada kategori nilai bagus.

Tabel 4. 5. Prosentase Kejadian nilai IKU maksimum harian di 4(empat) titik Pemantauan selama periode April – September 2002.

NILAI IKU	BAF1	BAF2	BAF3	BAF4	BAF5
< 20	55 %	12 %	-	13 %	5 %
20 - 39	41 %	80 %	-	69 %	74 %
40 - 59	3 %	8 %	-	16 %	16 %
60 - 79	1 %	-	-	2 %	1 %
80 - 100	-	-	-	-	-
> 100	-	-	-	-	-

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis kualitas udara ambien di Kota Bandung periode Januari – Oktober 2002, dapat di ambil beberapa kesimpulan bahwa :

1. Ada kecenderungan konsentrasi Pm-10 di 5(lima) titik pantau mengalami kenaikan, yang dimulai sejak bulan Maret 2002, hal ini karena musim kemarau. Namun demikian secara rata-rata harian masih dibawah baku mutu yang diperkenankan ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), , pada saat maksimum harian, sudah cukup banyak nilai konsentrasi Pm-10 ini yang melewati NABnya.
2. Konsentrasi ozon, secara rata-rata harian dan maksimum harian masih dibawah NAB, pada rata-rata harian nampak adanya pola sinusoidal, dimana nilai minimum berada pada bulan Maret, dan maksimum sekitar bulan Oktober, hal ini disebabkan karena letak posisi matahari terhadap equator dan karena keberadaan sumbernya.
3. Secara global konsentrasi CO untuk ke 5(lima) titik pantau masih dibawah NAB nilai rata-rata harian dan maksimum hariannya.
4. Konsentrasi NO_x ($\text{NO}_2 + \text{NO}$) untuk ke 5(lima) titik pantau masih dibawah NAB, baik untuk rata-rata dan maksimum hariannya. Pada titik pantau di Dago konsentrasi NO_2 dan NO jauh lebih rendah dan stabil dibandingkan dengan titik pantau lainnya, hal ini disebabkan karena jauh dari sumber pencemar (transportasi).
5. Konsentrasi SO_2 untuk ke 5 (lima) titik pantau masih dibawah NAB, baik nilai rata-rata harian maupun maksimum hariannya. Pada titik pemantau di Cisaranten Wetan, konsentrasi SO_2 nya lebih tinggi dan berfluktuatif dibandingkan dengan titik pemantau lainnya yang lebih stabil, hal ini ada kemungkinan terdapatnya sumber SO_2 , baik dari transportasi ataupun yang lainnya.
6. Secara rata-rata harian kondisi *Kualitas Udara Ambien* di 5 (lima) titik pemantau termasuk dalam kategori *sangat bagus*, karena nilai rata-ratanya masih di bawah nilai 20 (Berdasarkan ORAQI).
7. Pada rata-rata maksimum harian kondisi *Kualitas Udara Ambien* di 5 (lima) titik pemantau termasuk dalam kategori *bagus*, karena nilai rata-ratanya berada pada range nilai 20 - 40 (Berdasarkan ORAQI), meskipun beberapa kejadian telah masuk dalam kategori jelek dan berbahaya, hal ini tidak dapat mewakili kondisi secara keseluruhan.

8. Dari ke lima parameter pencemar udara yaitu Pm-10, CO, O₃, NO₂, NO dan SO₂, Pm-10 menempati konsentrasi terbesar dibandingkan dengan parameter lainnya, hal ini di indikasikan dengan kondisi maksimum harian yang telah melewati NAB sudah cukup tinggi, yaitu untuk Dago : 22 %, Ariagraha : 57 %, Tirtalega : 44 % Batununggal Indah : 44 % dan Cisaranten Wetan : 38 %.

DAFTAR RUJUKAN

- Arthur C. Stern, 1984, Ricahrd W. Boubel, D. Bruce Turner, Donald L. Fox,
 "Fundamentals of Air Pollution' Second Edition, AcademicPress, Inc.
 Tokyo, 1984.
- Horiba, 2003, "Intruction manual for The APMA-360, APNA-360, APOA-360,
 APSA-36monitor,..... http://global.horiba.com/analy_e/...../
- H.W. Georgh and W. Jaeschke, "Chemistry of The Unpolluted and Polluted
 Troposphere" Nato Advenced Study Institutes Series, Series C. Mathematical
 and Physical Sciences, V.96), 1982.
- Kep. Men. LH, "Undang-Undang Lingkungan Hidup, Amdal dan Pelaksanaannya"
 Tahun 1994.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No : 41 Tahun 1999, Tentang Pengendalian
 Pencemaran Udara.
- Pemerintah kota Bandung , Laporan : "Pengoperasian Stasiun Pemantau Kualitas
 Udara Ambien Permanen" Melalui Aplikasi Koputer Terminal Pemantauan
 Pencemaran Udara di Kota Bandung, BPLH Kota Bandung 2001.
- Wayne R. OTT, "Environmental Idices" Theory and Practice, AnnArbor Science, 1989.
- WHO, "Manual on Urban Air Quality Management" WHO, Regional Office for
 Europe, Copenhagen, 1976.