

HUBUNGAN ANTARA KONSENTRASI KARBON MONOKSIDA (CO) DAN SUHU UDARA TERHADAP INTERVENSI ANTHROPOGENIK (STUDI KASUS NYEPI TAHUN 2015 DI PROVINSI BALI)

RELATION BETWEEN CARBON MONOXIDE (CO) CONCENTRATION AND AIR TEMPERATURE TOWARDS ANTHROPOGENIC INTERVENTION (CASE STUDY NYEPI DAY 2015 IN THE BALI PROVINCE)

Kharisma Aprilina*, Imelda Umiyatul Badriah, Edvin Aldrian

Puslitbang BMKG, Jl. Angkasa 1 No. 2 Kemayoran 10750, Jakarta Pusat

E-mail: nina.kharisma@gmail.com

Naskah masuk: 8 Juni 2016; Naskah diperbaiki: 2 November 2016, Naskah diterima: 8 Desember 2016

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan hubungan antara konsentrasi karbon monoksida (CO) dan suhu udara pada saat Perayaan Hari Raya Nyepi tahun 2015 di Provinsi Bali (tanpa intervensi anthropogenik) dan pada hari-hari biasa di luar Hari Raya Nyepi (dengan intervensi anthropogenik). Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran konsentrasi CO dan suhu udara di tiga titik pengukuran yaitu Denpasar, Singaraja, dan Bedugul antara tanggal 17-25 Maret 2015, dimana hari Raya Nyepi dirayakan pada tanggal 21 Maret 2015. Pengukuran gas CO dilakukan dengan menggunakan alat pengukur konsentrasi polutan yang dinamakan Multi Gas Sensync dan pengukuran suhu udara dilakukan dengan menggunakan alat *Portable Weather Station* (PWS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi CO dan suhu di Denpasar, Bedugul dan Singaraja pada saat hari Raya Nyepi menunjukkan adanya hubungan linier yang positif yang berarti antara konsentrasi CO dan suhu udara terjadi pengaruh yang saling menguatkan yaitu apabila terjadi peningkatan suhu udara maka konsentrasi CO juga akan meningkat dan sebaliknya, sedangkan pada hari-hari di luar hari raya Nyepi hubungan antara keduanya terlihat tidak konsisten yang diduga karena adanya pengaruh dari faktor lain terutama yang disebabkan oleh aktivitas manusia (faktor anthropogenik).

Kata kunci: karbon monoksida, suhu, Hari Raya Nyepi, faktor anthropogenik.

ABSTRACT

This study was conducted to determine the differences of carbon monoxide (CO) concentration and air temperature relation during the celebration of Nyepi Day 2015 (without anthropogenic intervention) in Bali Province and the days outside Nyepi Day (with anthropogenic intervention). The study was conducted by measuring the CO concentration and air temperature at the three measuring points those were Denpasar, Singaraja, and Bedugul, from 17 to 25 March 2015 which Nyepi Day was celebrated on March 21, 2015. CO measurement was performed using pollutant concentration measuring tool called Multi Gas Sensync and air temperature measurement was performed using Portable Weather Station (PWS). The results showed that the relation between CO concentration and air temperature in Denpasar, Bedugul, and Singaraja during Nyepi Day generally showed a positive linear relation which means that CO concentration and air temperature influences each other: whenever there was an increase in air temperature then CO concentration will also increase and vice versa, whereas in the days outside Nyepi Day, relation between the two looks inconsistent due to the influence of other factors mainly caused by human activity (anthropogenic factors).

Keywords: carbon monoxide, temperature, Nyepi Day, anthropogenic factor.

1. Pendahuluan

Hari Raya Nyepi adalah Tahun Baru umat Hindu yang dirayakan untuk menyambut datangnya Tahun Baru Saka yang dimulai dengan menyepi. Nyepi berasal dari kata sepi yang berarti sunyi, senyap, lengang, dan tidak ada kegiatan. Provinsi Bali adalah satu-satunya provinsi di Indonesia yang menerapkan satu hari tenang untuk merayakan Hari Raya Nyepi. Pada hari tersebut semua kegiatan ditiadakan, masyarakat disana tidak diperbolehkan untuk melakukan aktivitas apapun seperti memasak, bekerja, meninggalkan rumah serta menyalakan api. Para wisatawan dilarang meninggalkan hotel, serta hanya dalam keadaan darurat saja diperbolehkan menyalakan api. Pelayanan umum seperti bandara, terminal, dan pasar ditutup kecuali pelayanan rumah sakit [1]. Salah satu dampak dari Perayaan Hari Raya Nyepi adalah berkurangnya emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas manusia seperti dari kegiatan perkantoran, transportasi, dan industri atau dengan kata lain lingkungan menjadi bebas dari intervensi anthropogenik. Pengurangan emisi gas rumah kaca ini memungkinkan terjadinya peningkatan kualitas udara menjadi lebih sehat.

Pada tahun 2015, tim dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (Puslitbang BMKG) mengadakan penelitian dengan melakukan pengukuran kualitas udara yang dilakukan sebelum, pada saat, dan sesudah perayaan Hari Raya Nyepi di Provinsi Bali. Penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan pada tahun sebelumnya oleh tim dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) saat perayaan Hari Raya Nyepi tahun 2013 yang menyatakan bahwa terjadi penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yaitu CO₂ dan NO₂ yang mencapai 33 persen serta terjadi penurunan emisi, yang mencapai 80 persen di daerah Negara [2, 3]. Selain dilakukan pengukuran parameter kualitas udara, pada penelitian tahun 2015 juga dilakukan pengukuran parameter meteorologi, salah satunya yaitu pengukuran suhu udara di daerah perkotaan (urban) dan daerah pedesaan (rural) di Provinsi Bali.

Salah satu unsur kualitas udara yang diukur pada saat perayaan Hari Raya Nyepi tahun 2015 adalah konsentrasi gas karbon monoksida (CO). Karbon monoksida (CO) adalah sebuah contoh polutan udara primer karena merupakan hasil dari pembakaran tidak sempurna. Contoh pembakaran tidak sempurna terutama dari aktivitas manusia (faktor anthropogenik) adalah pembakaran bensin dalam mobil, pembakaran di perindustrian, pembangkit listrik, pemanas rumah, pembakaran di pertanian, dan sebagainya [4]. CO berwarna gas yang tidak

berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa dengan jumlah sedikitnya di udara sekitar 0,1 ppm yang berada di atmosfer, oleh karena itu lingkungan yang tercemar oleh gas CO tidak dapat dilihat oleh mata [5]. Konsentrasi polutan di udara selain dipengaruhi oleh jumlah sumber pencemar [6] juga dipengaruhi oleh parameter meteorologi yaitu suhu udara dan kecepatan angin [7], sehingga pengaruh kondisi lingkungan terhadap konsentrasi polutan udara tidak dapat diabaikan. Gas CO lebih cepat terbentuk dari penguraian Karbon dioksida (CO₂) pada suhu tinggi dengan reaksi [6]:



Semakin tinggi suhu pembakaran maka jumlah gas CO₂ yang terdisosiasi menjadi CO dan Oksigen (O) menjadi semakin banyak, oleh karena itu suhu tinggi merupakan pemicu terjadinya emisi gas CO [6]. Sumber pencemaran gas CO dari faktor anthropenik terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil pada mesin-mesin penggerak alat transportasi [4, 6].

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara pada saat dilakukan perayaan Hari Raya Nyepi tahun 2015 (tanpa intervensi anthropogenik) di Provinsi Bali yang dibandingkan dengan hari-hari di luar hari Raya Nyepi (dengan intervensi anthropogenik).

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Provinsi Bali dikarenakan hanya provinsi ini yang menerapkan satu hari tenang pada perayaan Nyepi setiap tahun. Adapun lokasi penelitian yang dipilih untuk melakukan pengukuran konsentrasi karbon monoksida dan suhu udara dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Lokasi pengukuran konsentrasi CO dan suhu udara di Bali

TEMPAT	LATITUDE	LONGITUDE
Denpasar (lokasi urban)	-8.72	115,17
Bedugul (lokasi rural)	-8.42	115.19
Singaraja (lokasi rural)	-8.11	115.08

Waktu pengukuran konsentrasi CO dan suhu udara dilaksanakan sebelum, pada saat, dan sesudah perayaan Hari Raya Nyepi atau antara tanggal 17 Maret 2015 sampai dengan tanggal 25 Maret 2015 dimana Hari Raya Nyepi dirayakan pada tanggal 21 Maret 2015. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan hubungan konsentrasi CO dan suhu udara pada saat Hari Raya Nyepi dan hari-hari biasa diluar Hari Raya Nyepi atau pada saat tidak ada intervensi anthropogenik dan pada saat terdapat intervensi anthropogenik.

Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran polutan udara adalah alat yang dinamakan Multi Gas dengan merk Sensync, Multi Gas ini adalah suatu alat pendeteksi beberapa macam gas rumah kaca seperti CO₂, SO₂, NO_x, dan CO yang *portable* dan hasil pengukuran dari alat ini selain tersimpan dalam data logger juga dapat diunduh secara online oleh *user/pengguna* melalui *Sensync Dashboard*. Sedangkan untuk pengukuran suhu udara dilakukan dengan menggunakan *Portable Weather Station* (PWS) yang digunakan untuk mengukur unsur-unsur cuaca seperti curah hujan, suhu udara, kelembapan relatif, serta arah dan kecepatan angin.

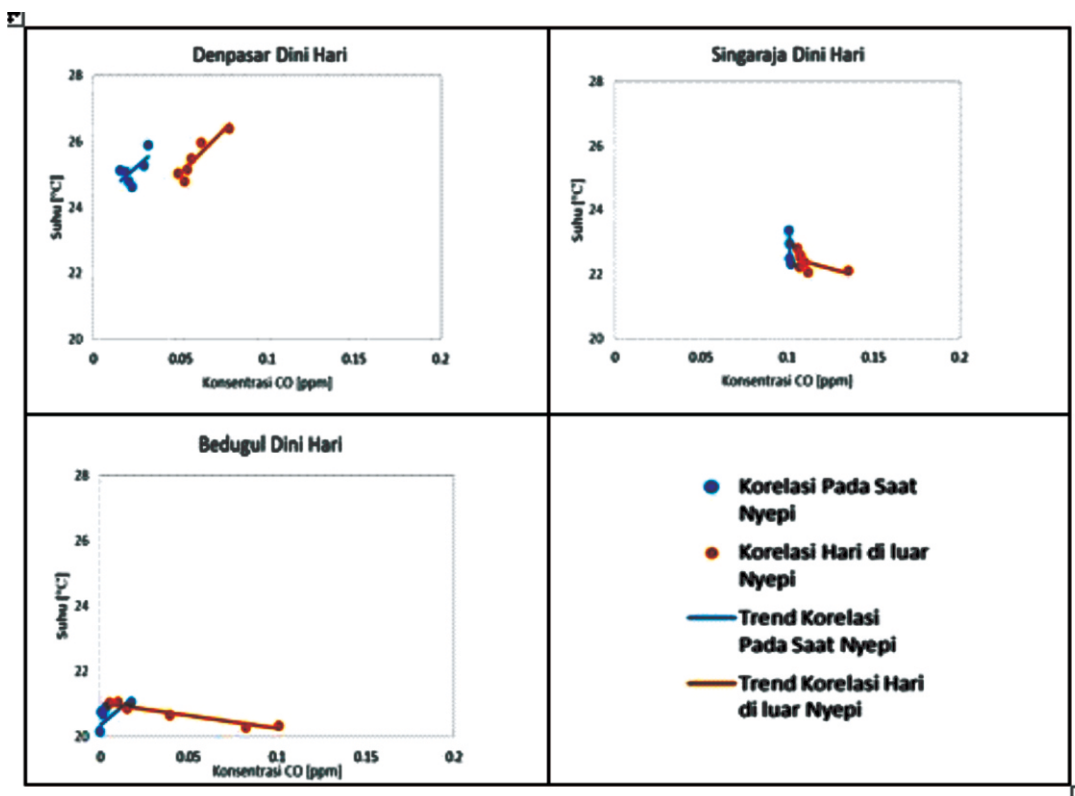
Analisis data pada penelitian ini menggunakan metode analisis hubungan/regresi yaitu analisis yang digunakan untuk menjelaskan hubungan/keterkaitan antara variabel satu dengan variabel lainnya [3] dimana pada penelitian ini variabel yang

dihubungkan adalah variabel suhu udara dengan karbon dioksida (CO) yang ditunjukkan oleh grafik hubungan (regresi) suhu udara dan CO. Penelitian sebelumnya mengenai hubungan antara CO dan suhu udara juga dilakukan dengan analisis regresi [8, 9, 10, 11, 12].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Dini Hari (Pukul 24.00-05.00 WITA)

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa grafik hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara pada saat Hari Raya Nyepi di Denpasar, Singaraja, dan Bedugul pada waktu dini hari cenderung berbentuk linier positif yang berarti bahwa pada Hari Raya Nyepi, hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara konsisten saling menguatkan. Sedangkan hubungan antara konsentrasi CO dengan suhu udara pada hari-hari di luar Hari Raya Nyepi pada dini hari menunjukkan hubungan yang tidak konsisten. Pada dini hari, di Denpasar hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara membentuk grafik linier positif, namun di Singaraja dan Bedugul membentuk grafik linier negatif. Diduga hal ini disebabkan karena ada faktor lain di luar Hari Raya Nyepi yang menyebabkan bentuk grafik hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara di luar Hari Raya Nyepi menjadi tidak konsisten, dan faktor lain itu adalah adanya aktivitas manusia yang beraneka ragam (faktor anthropogenik) di hari-hari biasa selain Hari Raya Nyepi.



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Konsentrasi CO dengan Suhu Udara Dini Hari.

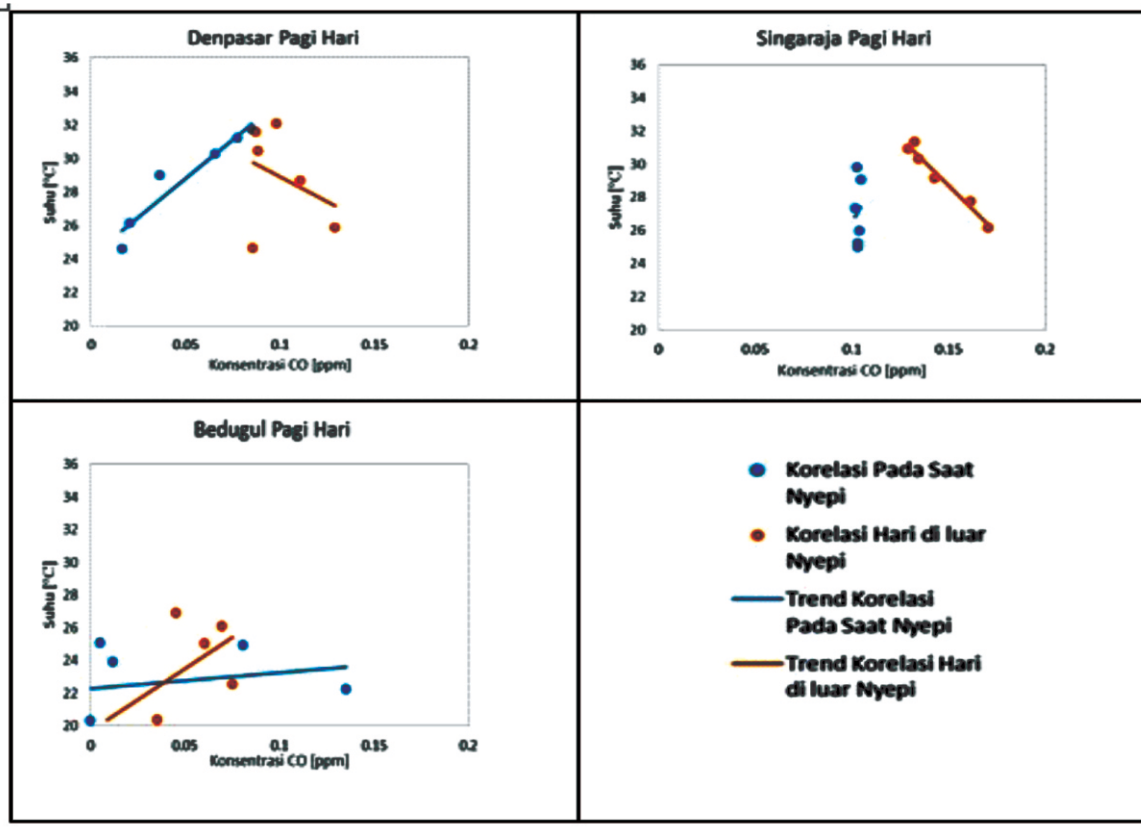
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Arifiyanti [8], Ramayana [9], serta Novalia [10] dengan melakukan pengukuran parameter meteorologis serta konsentrasi CO di daerah industri serta persimpangan jalan raya di daerah Semarang, hubungan antara CO dan suhu udara menunjukkan hubungan linier negatif, namun penelitian yang dilakukan Annisa [11] dan Rosa [12] yang masing-masing melakukan pengukuran di pinggir jalan raya di daerah Yogyakarta dan Medan menunjukkan bahwa hubungan antara CO dan suhu udara berbentuk linier positif.

Pada keadaan normal dimana tidak terdapat faktor anthropogenik, hubungan antara CO dan suhu merupakan hubungan yang positif [5] atau saling menguatkan, jika pada tekanan udara 1 atm dan keadaan harga *Equivalent Ratio*=1 (*Equivalent Ratio*(ER) merupakan perbandingan antara jumlah (bahan bakar/udara) yang digunakan dan jumlah (bahan bakar/udara) stoikiometris, pada saat pembakaran bahan bakar fosil dimana: $ER = 1$, berarti reaksi stoikiometris tepat; $ER < 1$, berarti pemakaian udara kurang dari keperluan reaksi stoikiometris; $ER > 1$, berarti pemakaian udara lebih dari keperluan reaksi stoikiometris, proses pembakaran disebut stoikiometris jika semua atom oksigen bereaksi sempurna dengan bahan bakar [13]), komposisi gas buangan heptana menjadi CO akan semakin meningkat konsentrasinya jika suhu semakin tinggi. Pada suhu 1500°K terdapat CO sebesar 0,01%, pada suhu 2000°K konsentrasi CO sebesar 0,40%, dan pada suhu 2500°K konsentrasi CO sebesar 3,50% [4]. Atau dengan kata lain suhu yang tinggi akan memicu emisi CO yang tinggi pula [6].

Namun ketika terdapat intervensi anthropogenik maka hubungan antara CO dan suhu udara akan menjadi acak serta tidak jelas atau tidak konsisten. Hubungan yang acak dan tidak jelas (tidak konsisten) antara CO dan suhu udara yang ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan di daerah Semarang [8, 9, 10], Yogyakarta [11], dan Medan [6, 12] disebabkan karena penelitian tersebut dilaksanakan pada saat ada intervensi anthropogenik (tidak ada hari seperti hari

Raya Nyepi di kota-kota tersebut). Intervensi anthropogenik pada kasus-kasus penelitian tersebut [6, 8, 9, 10, 11, 12] terutama disebabkan oleh aktivitas manusia seperti transportasi. Hal ini pula yang menyebabkan hubungan antara CO dan suhu udara di Denpasar, Bedugul, dan Singaraja pada hari-hari di luar Hari Raya Nyepi menghasilkan hubungan antara CO dan suhu udara yang juga tidak konsisten. Walaupun seberapa besar faktor anthropogenik merupakan sumber emisi CO namun faktor anthropogenik juga dapat menurunkan emisi CO di udara ambien. Faktor anthropogenik yang dapat menurunkan emisi CO di udara ambien adalah kecepatan alat transportasi, seperti penelitian yang dilakukan oleh Environmental Assessment pada tahun 1994 dalam Kusminingrum [14] yaitu hubungan antara CO dan kecepatan kendaraan berbanding terbalik. Selain itu penanaman pohon atau tumbuhan juga dapat mengurangi emisi CO [14], selain kegiatan pengolahan tanah dimana mikroorganisme yang ada di dalam tanah dapat menyerap CO [6].

Pada dini hari di daerah Bedugul dan Singaraja, dimana kedua daerah tersebut adalah daerah rural, hubungan antara CO dan suhu udara berbentuk linier negatif atau saling berkebalikan diduga disebabkan karena aktivitas rumah tangga (memasak, mempersiapkan keluarga untuk kegiatan bekerja/bersekolah), aktivitas perdagangan, serta aktivitas nelayan/perikanan (Singaraja) yang berlangsung pada dini hari di kedua daerah tersebut mengintervensi hubungan antara CO dan suhu udara. Saat dini hari ketika suhu udara ambien lebih rendah daripada suhu udara ambien di siang hari, aktivitas manusia (faktor anthropogenik) yang berlangsung pada waktu dini hari akan tetap menghasilkan emisi CO yang menyebabkan hubungan antara suhu udara dan CO menjadi linier negatif. Namun hal ini tidak terjadi di daerah Denpasar (daerah urban) diduga faktor anthropogenik pada dini hari di wilayah Denpasar memperkuat hubungan antara CO dan suhu, sehingga hubungan antara CO dan suhu udara pada dini hari pada saat hari-hari di luar Hari Raya Nyepi di Denpasar tetap berbentuk linier positif.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Konsentrasi CO dengan Suhu Udara Pagi Hari.

3.2. Pagi Hari (Pukul 06.00-11.00 WITA)

Pada Gambar 2 dapat dilihat hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara pada pagi hari saat Hari Raya Nyepi di Denpasar, Singaraja, dan Bedugul berbentuk linier positif yang berarti bahwa apabila terjadi peningkatan suhu udara, maka konsentrasi CO akan meningkat dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan hubungan antara konsentrasi CO dengan suhu udara pada hari-hari di luar Hari Raya Nyepi pada pagi hari di Denpasar, Singaraja, dan Bedugul menunjukkan hubungan yang tidak konsisten. Pada pagi hari pada hari di luar Hari Raya Nyepi hubungan antara CO dan suhu udara di Denpasar dan Singaraja berbentuk linier negatif, namun di Bedugul berbentuk linier positif.

Hubungan antara CO dan suhu udara di daerah Denpasar dan Singaraja saat pagi hari yang berbentuk linier negatif atau berkebalikan diduga karena pada waktu pagi hari di Denpasar dan Singaraja terjadi intervensi antropogenik, yaitu kecepatan kendaraan yang berlalu lalang di daerah Denpasar dan Singaraja diduga mengintervensi hubungan antara CO dan suhu udara, sehingga hubungan antara CO dan suhu udara di kedua daerah tersebut menjadi berbentuk linier negatif. Sementara di daerah Bedugul faktor antropogenik tidak mengintervensi hubungan antara CO dan suhu udara.

3.3. Siang Hari (Pukul 12.00-17.00 WITA)

Pada Gambar 3 dapat dilihat hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara pada siang hari saat Hari Raya Nyepi di Denpasar, Singaraja, dan Bedugul berbentuk linier positif yang berarti bahwa apabila terjadi peningkatan suhu udara, maka akan diiringi oleh peningkatan konsentrasi CO dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara pada hari-hari di luar Hari Raya Nyepi pada siang hari menunjukkan hubungan yang tidak konsisten. Pada hari-hari di luar Hari Raya Nyepi hubungan antara CO dan suhu udara di Denpasar berbentuk linier positif, namun di Singaraja dan Bedugul berbentuk linier negatif.

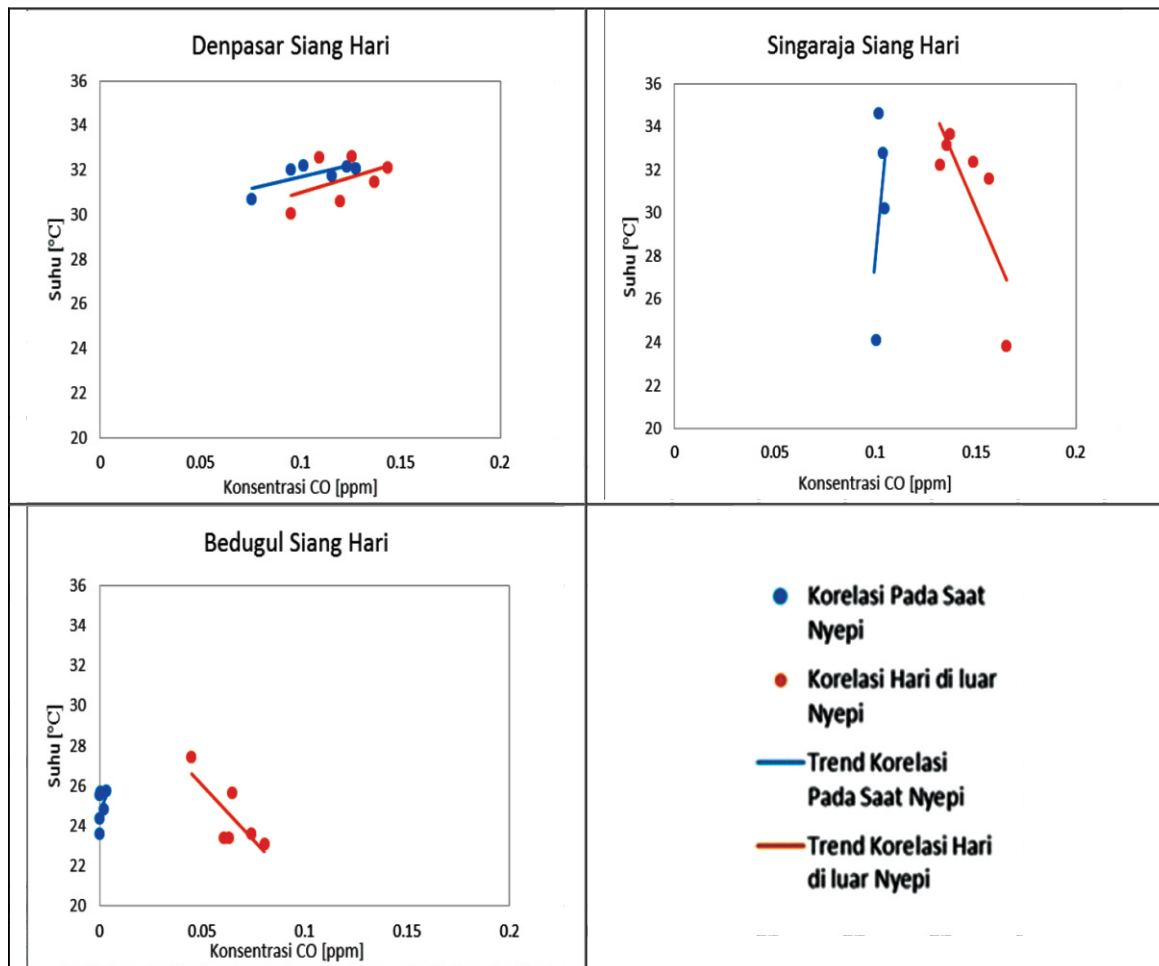
Seperti saat dini hari dan siang hari, intervensi dari faktor antropogenik, menyebabkan hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara pada siang hari menjadi tidak konsisten, terutama di daerah Singaraja dan Bedugul yang merupakan daerah rural, diduga pada siang hari antara pukul 12.00-17.00 WITA kedua daerah tersebut masih sepi karena sebagian besar penduduk masih beraktivitas di daerah urban, sehingga walaupun suhu udara ambien meningkat namun tidak diiringi dengan peningkatan emisi CO.

3.4. Malam Hari (Pukul 18.00-23.00 WITA)

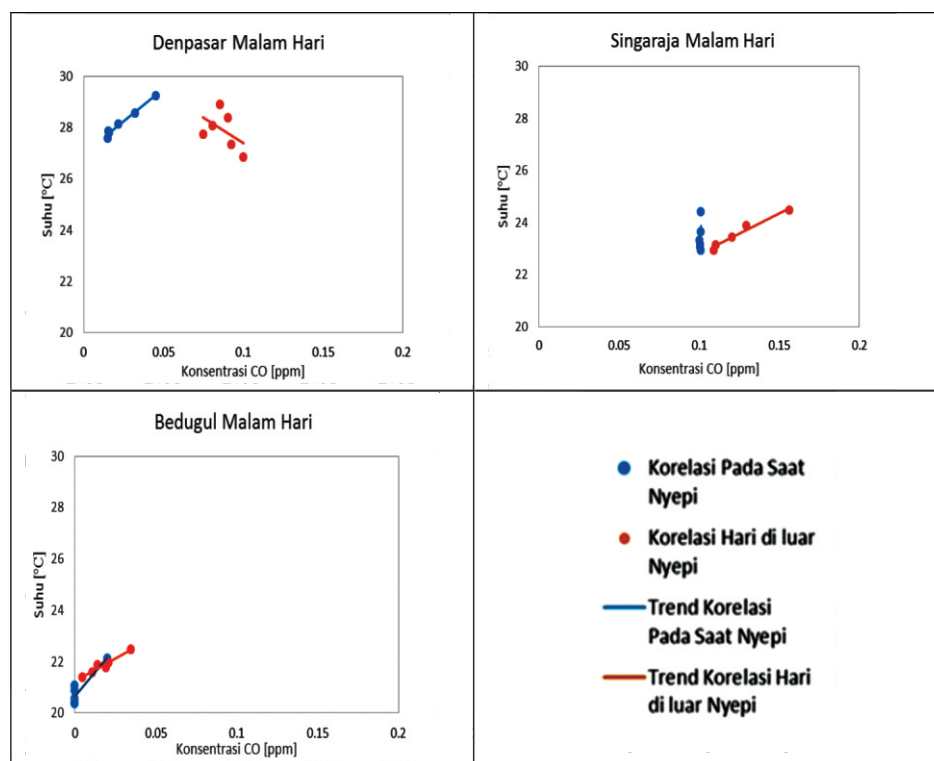
Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa grafik hubungan

antara konsentrasi CO dan suhu udara pada saat malam hari saat Hari Raya Nyepi di Denpasar, Singaraja, dan Bedugul berbentuk linier positif. Sedangkan hubungan antara konsentrasi CO dengan suhu udara pada hari-hari di luar Hari Raya Nyepi pada malam hari menunjukkan hubungan yang tidak konsisten. Pada malam hari hubungan antara suhu udara di Denpasar cenderung berbentuk linier negatif, hal ini diduga pada saat malam hari, di daerah Denpasar yang merupakan daerah urban masih terdapat kegiatan manusia yang terjadi di malam hari seperti kegiatan pariwisata sehingga ketika suhu udara ambien malam hari mulai menurun, namun

masih terdapat laju emisi CO yang dihasilkan dari aktivitas manusia di daerah Denpasar sehingga hubungan antara CO dan suhu udara di daerah Denpasar menjadi berbanding terbalik atau linier negatif. Namun hal ini tidak terjadi di daerah rural dimana faktor anthropogenik memperkuat hubungan antara CO dan suhu udara, di daerah rural ketika suhu udara ambien mulai menurun pada malam hari, faktor anthropogenik atau aktivitas manusia juga ikut berkurang sehingga menyebabkan hubungan antara CO dan suhu udara di malam hari di daerah Bedugul dan Singaraja tetap berbentuk linier positif atau saling menguatkan.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Konsentrasi CO dengan Suhu Udara Siang Hari.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Konsentrasi CO dengan Suhu Udara Malam Hari.

Dari Gambar 1, 2, 3, dan 4 dapat dilihat bahwa konsentrasi CO dan suhu di Denpasar, Singaraja, dan Bedugul paling tinggi rata-rata terjadi pada waktu siang hari antara pukul 12.00-17.00 WITA (Gambar 3) dan paling rendah terjadi pada dini hari antara pukul 24.00- 05.00 WITA (Gambar 1), hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mahayana, dkk [15] yang menunjukkan hasil pengukuran konsentrasi CO tertinggi rata-rata di daerah Denpasar antara pukul 14.00-16.00 WITA dan konsentrasi CO terendah rata-rata di daerah Denpasar antara pukul 24.00-02.00 WITA.

4. Kesimpulan

Pada saat hari Raya Nyepi atau saat tidak ada intervensi anthropogenik hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara cenderung konsisten berbentuk hubungan yang positif sedangkan pada hari-hari diluar hari Raya Nyepi hubungan antara CO dan suhu udara cenderung menjadi tidak konsisten (acak dan tidak jelas). Diduga faktor anthropogenik yang berupa kegiatan aktivitas manusia yang beraneka ragam (pertanian, perikanan, perdagangan, transportasi, pendidikan, dan pariwisata di Provinsi Bali) mengintervensi hubungan antara konsentrasi CO dan suhu udara.

Saran

Perlu dilakukan pengamatan unsur kualitas udara secara berkesinambungan untuk melihat perbedaan

profil unsur tersebut dari tahun ke tahun serta hubungannya dengan unsur-unsur meteorologi, serta dilakukan di beberapa lokasi yang berbeda di Indonesia untuk melihat setiap karakteristik hubungan antara unsur kualitas udara dan unsur meteorologi di berbagai lokasi yang berbeda tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Kompas, "Nyepi dan Energi Bersih Bali". Internet: <http://print.kompas.com/2016/03/09/Nyepi-dan-Energi-Bersih-Bali>, diakses 1 Mei 2016.
- [2] BMKG, "Pembuktian Analisa Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Hari Raya Nyepi". Internet: http://www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/Sestama/Humas/PEMBUKTIAN_ANALISA_PENURUNAN_EMISI_GAS_RUMAH_KACA_PA_DA_HARI_RAYA_NYEPI.bmkg, diakses tanggal 13 April 2016.
- [3] E. Aldrian, E. Kurniawan, dan S.D.A. Kusumaningtyas, *Layanan Kualitas Udara dari Hujan Asam hingga Gas Rumah Kaca*. Jakarta: Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2014.
- [4] A.T. Sastrawijaya, *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta, 2009.
- [5] W.A. Wardhana, *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset, 2004.

- [6] S. Tampubolon, "Pengaruh Kecepatan Angin dan Suhu Udara Terhadap Kadar Gas Pencemar Karbon Monoksida (CO) Di Udara Sekitar Kawasan Industri Medan (KIM)". Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Sumatera Utara, 2010.
- [7] M. Neiburger, J. G. Edinger, dan W. D. Bonner, *Memahami Lingkungan Atmosfer Kita*. Diterjemahkan oleh: Ardina Purbo. Bandung: Penerbit ITB, 1994.
- [8] F. Arifiyanti, "Pengaruh Kelembaban, Suhu, Arah Dan Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dengan Membandingkan Dua Volume Sumber Pencemar di Area Pabrik dan di Persimpangan Jalan (Studi Kasus: PT. Inti General Yaja Steel dan Persimpangan Jarakah)". Skripsi, Fakultas Teknik Lingkungan: Universitas Diponegoro, 2012.
- [9] K. Ramayana, "Pengaruh Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologis (Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar CO (Karbon Monoksida) pada Persimpangan Jalan Kota Semarang". Skripsi, Fakultas Teknik Lingkungan: Universitas Diponegoro, 2014.
- [10] Novalia, "Pengaruh Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Jalan Ahmad Yani Kawasan Simpang Lima, Kota Semarang". Skripsi, Fakultas Teknik Lingkungan: Universitas Diponegoro, 2014.
- [11] F.N. Annisa, "Dinamika Gas Karbon Monoksida oleh Kepadatan Kendaraan Bermotor dan Faktor Meteorologis (Studi Kasus Jalan Mayor Suryotomo, Kota Yogyakarta)". Skripsi, Fakultas Geografi: Universitas Gajah Mada, 2014.
- [12] C.T. Rosa, "Perbedaan Kadar CO dan SO₂ di Udara Berdasarkan Volume Lalu Lintas dan Banyaknya Pohon di Jl. Dr. Mansyur dan Jl. Jendral A.H. Nasution di Kota Medan Tahun 2015". Skripsi, Fakultas Kesehatan Masyarakat: Universitas Sumatera Utara, 2015.
- [13] Sugiarti, "Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia", *Jurnal Chemica*, Vol. 10 (I), pp. 50-58, 2009.
- [14] N. Kusminingrum, "Potensi Tanaman Dalam Menyerap CO₂ dan CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global", *Jurnal Permukiman*, Vol. 3 (2), pp. 96-128, 2008.
- [15] I.M.B. Mahayana, I.W.B. Suyasa, dan I.D.A.A. Laksmiwati, "Hubungan Kepadatan Kendaraan dengan Gas CO Udara Ambien dan COHb Juru Parkir di jalan Gajah Mada Denpasar," *Ecotrophic*, Vol 4 (1), pp 66-70, 2008.