

***FOG COMPUTING UNTUK MONITORING SYSTEM  
PEMETAAN DAERAH RAWAN POLUSI UDARA GAS  
KARBON MONOKSIDA MENGGUNAKAN METODE  
ORDINARY KRIGING***

**Tesis  
untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-2 Program Studi  
Magister Sistem Informasi**



**FAJAR WAHYU NUGROHO  
30000317410014**

**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TESIS**

**FOG COMPUTING UNTUK MONITORING SYSTEM PEMETAAN  
DAERAH RAWAN POLUSI UDARA GAS KARBON MONOKSIDA  
MENGUNAKAN METODE ORDINARY KRIGING**

**Oleh:**  
**Fajar Wahyu Nugroho**  
**30000317410014**

Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian tesis pada tanggal 23 Agustus 2019 oleh tim penguji Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Semarang, 23 Agustus 2019  
Mengetahui,  
**Penguji II**

**Penguji I**

Vincencius Gunawan S.K., M.Si., Ph.D  
NIP. 197105221997021001

Dr. Aris Puji Widodo, S.Si., MT.  
NIP. 197404011999031002

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

Dr. Suryono, S.Si., M.Si.  
NIP. 197306301998021001

Jatmiko Endro Suseno, M.Si., Ph.D  
NIP. 197211211998021001

**Mengetahui:**  
**Dekan Sekolah Pascasarjana**  
**Universitas Diponegoro**

**Ketua Program Studi**  
**Magister Sistem Informasi**

Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum  
NIP. 196701011991031005

Dr. Suryono, S.Si., M.Si.  
NIP. 197306301998021001

**PERNYATAAN PERSETUJUAN**  
**PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fajar Wahyu Nugroho  
NIM : 30000317410014  
Program Studi : Magister Sistem Informasi  
Program : Pascasarjana  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

***FOG COMPUTING* UNTUK *MONITORING SYSTEM* PEMETAAN  
DAERAH RAWAN POLUSI UDARA GAS KARBON MONOKSIDA  
MENGUNAKAN METODE *ORDINARY KRIGING***

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Magister Sistem Informasi Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : Agustus 2019

Yang menyatakan

Fajar Wahyu Nugroho

NIM. 30000317410014

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, Agustus 2019

Fajar Wahyu Nugroho

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan nikmat kesehatan dan hikmat kepada penulis, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Tesis berjudul “*Fog Computing* untuk *monitoring system* daerah rawan polusi udara gas karbon monoksida menggunakan metode *ordinary kriging*”, disusun untuk memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom.) pada program studi Magister Sistem Informasi, Universitas Diponegoro. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih setinggi-tingginya dan tak terhingga kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum., selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr. Suryono, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro dan sekaligus juga sebagai Pembimbing I, kami ucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas waktu, ilmu, saran, nasihat dan pengalaman yang Bapak bagikan selama bimbingan.
3. Bapak Jatmiko Endro Suseno, M.Si., MT., selaku Pembimbing II yang penuh dengan kesabaran memberikan pengarahan dan banyak ilmu yang berguna dalam penulisan tesis ini.
4. Kedua orang tua serta keluarga dan saudara atas kasih sayang dan dukungan morilnya.
5. Seluruh civitas akademika Universitas Diponegoro yang telah memberikan pengetahuan dan jasanya kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.

Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang turut serta memberikan bantuan dan sumbangan pemikiran selama penulis mengikuti perkuliahan. Akhirnya, segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dapat menjadi karunia yang tidak terhingga dalam hidupnya.

Penulis telah berupaya semaksimal mungkin, namun penulis menyadari masih banyak kekurangannya, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca demi sempurnanya tesis ini. Kiranya tesis ini dapat bermanfaat dalam memperkaya khasanah ilmu pendidikan.

Semarang, Agustus 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Pernyataan Persetujuan .....	iii
Halaman Pernyataan .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Lampiran .....	xiii
Abstrak .....	xiv
Abstract .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	3
1.3. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	4
2.1. Tinjauan Pustaka .....	4
2.2. Pencemaran Udara .....	5
2.2.1. Sumber Polusi Udara .....	5
2.2.2. Dampak Kesehatan .....	6
2.3. <i>Fog Computing</i> (Komputasi Kabut) .....	6
2.4. Kriging .....	7
2.5. <i>Ordinary Kriging</i> (Kriging Biasa) .....	8
2.6. MQTT Server .....	10
2.7. <i>Google MAP</i> .....	12

BAB III METODE PENELITIAN .....	14
3.1. Bahan dan Alat Penelitian .....	14
3.2. Prosedur Penelitian .....	16
3.2.1. Pengambilan Sampel .....	16
3.2.2. Analisa dan Desain Sistem .....	16
3.3. Kerangka Sistem Informasi .....	18
3.4. Perancangan Sistem .....	20
3.4.1. Desain Perancangan Arsitektur Sistem <i>Fog Computing</i> .....	20
3.4.2. Perancangan Node Stasiun .....	21
3.4.3. Desain <i>Database</i> .....	23
3.4.4. Desain <i>User Interface</i> .....	26
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1. Analisis Kebutuhan Sistem .....	29
4.2. Implementasi Sistem .....	31
4.2.1. Akuisi Data Sensor Menggunakan Protokol MQTT Server .....	31
4.2.2. Akuisi Data Sensor MQ-7 .....	33
4.2.3. Akuisi Data Sensor Pada <i>Database MySQL</i> Menggunakan MQTT .....	38
4.2.4. Implementasi Metode <i>Ordinary Kriging</i> untuk Menghitung Gas CO ....	42
4.2.4.1. <i>Flowchart</i> Metode <i>Ordinary Kriging</i> .....	42
4.2.4.2. Implementasi Program Perhitungan Metode <i>Ordinary Kriging</i> .....	43
4.2.5. Tampilan Antarmuka Sistem .....	48
4.2.5.1. Halaman <i>Login</i> .....	48
4.2.5.2. Halaman <i>Dashboard</i> .....	48
4.2.5.3. Halaman Data Kadar Konsentrasi Gas Karbon Monoksida .....	50
4.2.5.4. Halaman Dampak Gas Karbon Monoksida .....	50
4.2.5.5. Halaman <i>Management Data User</i> .....	51
4.2.5.6. Halaman <i>Education</i> .....	52
4.2.5.7. Halaman Pengunjung .....	52
4.3. Hasil Pengujian Sistem .....	53
4.3.1. Pengujian Sistem Menggunakan Metode <i>Black Box</i> .....	53



4.3.2. Pengujian Komunikasi Data .....	55
4.3.3. Pengujian Akurasi Data Menggunakan Metode MAPE .....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	59
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Arsitektur <i>fog computing</i> .....	7
Gambar 2.2. Peta Kota Semarang dalam <i>Google MAP</i> .....	13
Gambar 3.1. Prosedur penelitian menggunakan model <i>waterfall</i> .....	16
Gambar 3.2. Kerangka sistem informasi .....	18
Gambar 3.3. Arsitektur perancangan <i>fog computing</i> untuk gas CO .....	22
Gambar 3.4. Relasi tabel sistem informasi pemetaan polusi udara gas CO ...	24
Gambar 3.5. DFD Level 0 sistem informasi pemetaan polusi udara gas CO..	25
Gambar 3.6. Antarmuka halaman utama admin .....	26
Gambar 3.7. Antarmuka halaman utama pengunjung .....	27
Gambar 4.1. Peta Kecamatan Tembalang .....	30
Gambar 4.2. Model paradigma akuisisi data sensor menggunakan MQTT ...	32
Gambar 4.3. Grafik karakteristik sensitifitas sensor MQ-7.....	34
Gambar 4.4. Board sensor MQ-7 .....	35
Gambar 4.5. Rangkaian board ADC pada mikrokontroler ESP8266 .....	35
Gambar 4.6. Serial monitor pengukuran gas karbon monoksida .....	38
Gambar 4.7. Data gas CO pada titik lokasi sensor di Gedung FSM Undip ...	40
Gambar 4.8. Data gas CO pada titik lokasi sensor di Gedung Prof.Soedarto.	40
Gambar 4.9. Data gas CO pada titik lokasi sensor di Masjid Kampus Undip	41
Gambar 4.10. Data gas CO pada titik lokasi sensor di R.S. N. Diponegoro ....	41
Gambar 4.11. Data gas CO pada lokasi titik sensor di Kantor Kec Tembalang	42
Gambar 4.12. <i>Flowchart</i> metode <i>ordinary kriging</i> .....	43
Gambar 4.13. <i>Form input</i> parameter .....	44
Gambar 4.14. Pemetaan daerah rawan polusi udara gas karbon monoksida ...	47
Gambar 4.15. Hasil perkiraan nilai pemetaan daerah polusi udara gas CO .....	47
Gambar 4.16. Halaman <i>login</i> .....	48
Gambar 4.17. Halaman <i>dashboard</i> .....	49
Gambar 4.18. Tampilan halaman data kadar konsentrasi gas CO .....	50

Gambar 4.19. Tampilan halaman dampak dari gas karbon monoksida .....	51
Gambar 4.20. Tampilan halaman <i>management data user</i> .....	51
Gambar 4.21. Tampilan halaman <i>education</i> .....	52
Gambar 4.22. Tampilan halaman pengunjung .....	53

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. <i>Indikator Air Pollution Index (API)</i> .....	19
Tabel 4.1. Data lokasi titik sensor .....	30
Tabel 4.2. Hasil pengujian <i>black box</i> .....	54
Tabel 4.3. Hasil pengujian komunikasi data .....	56
Tabel 4.4. Pengujian akurasi data .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Gas Karbon Monoksida
- Lampiran 2. Langkah Konfigurasi Laravel - MQTT
- Lampiran 3. Listing Program Utama, Eksekusi Program Metode *Ordinary Kriging*

## ABSTRAK

Polusi udara dapat meningkatkan masalah kesehatan global yang mengarah pada peningkatan risiko sejumlah kondisi kesehatan, termasuk Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), penyakit jantung, dan kanker paru-paru. Karbon monoksida (ppm) adalah salah satu komponen pencemaran udara yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor yang berdampak pada penurunan kualitas dan kenyamanan hidup. Pemantauan dan penghitungan gas karbon monoksida sangat diperlukan untuk menjaga udara tetap bersih dan bebas dari polusi udara, untuk mengurangi risiko tersebut, maka diperlukan suatu sistem yang dapat memantau peningkatan karbon monoksida dengan merancang aplikasi *fog computing monitoring system* pemetaan daerah rawan polusi udara gas karbon monoksida menggunakan metode *ordinary kriging*. Metode *ordinary kriging* berfungsi untuk mengoptimalkan estimasi titik yang tidak bias atau tidak teramati menggunakan model semi-variens dan satu set data aktual dengan memasukkan data titik sampel dan menghitung jarak ( $h$ ) antara dua titik sensor yang paling dekat dengan titik lokasi sampel ( $S_i$ ) yang telah ditentukan berdasarkan garis bujur dan garis lintang pada *Google MAP* dan menghitung nilai rata-rata distribusi tiga titik gas karbon monoksida (ppm). Sehingga dapat menghasilkan informasi tentang perkiraan nilai jumlah gas karbon monoksida yang ditampilkan dalam bentuk peta dari *Google MAP*. Hasil pengujian akurasi data metode *ordinary kriging* dengan menggunakan metode peramalan dari *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* menunjukkan bahwa pemetaan lokasi yang di tentukan pada *google map* memiliki tingkat akurasi data yang baik dengan tingkat kesalahan sebesar 4,6 %.

Kata kunci: polusi udara, karbon monoksida, *fog computing*, *ordinary kriging*, *google map*

## ABSTRACT

*Abstract* - Air pollution can increase global health problems that lead to an increased risk of a number of health conditions, including respiratory infections, heart disease, and lung cancer. Carbon monoxide (ppm) is one component of air pollution that comes from motor vehicle exhaust gases which has an impact on reducing the quality and comfort of life. Monitoring and calculating of carbon monoxide gas is very needed to keep the air clean and free of air pollution, to reduce the risk, we need a system that can monitor the increase of carbon monoxide by designing a fog computing application for monitoring mapping systems of carbon monoxide gas pollution-prone areas using ordinary kriging method. Ordinary kriging method is serves to optimize the unbiased estimation of a point using semi semi-variance and a set of actual data set by entering sample point data and calculating distance (h) between two sensor points closest to the sample point whose location (Si) has been determined based on longitude and latitude on the google map and calculating the average values of three points distribution of carbon monoxide gas (ppm). So as to produce information about the amount of carbon monoxide gas that is displayed in the form of a map from Google Map. The results of ordinary kriging method data accuracy testing using the forecasting method from Mean Absolute Percentage Error (MAPE) show that the mapping of the location specified on the google map has a good level of data accuracy with an error rate of 4.6%.

Keywords: air pollution, carbon monoxide, fog computing, ordinary kriging, google map