



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Gas Polutan Udara

Gas polutan adalah gas-gas yang menyebabkan terjadinya polusi atau pencemaran udara. Gas-gas polutan ini dapat menimbulkan berbagai bibit penyakit bagi semua makhluk hidup baik manusia, hewan dan juga tumbuhan. Perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil) ke dalam udara. Secara umum terdapat 2 sumber pencemaran udara yaitu pencemaran akibat sumber alamiah (*natural sources*), seperti letusan gunung berapi, dan yang berasal dari kegiatan manusia (*antropogenic sources*), seperti yang berasal dari transportasi, emisi pabrik, dan lain-lain. Di Indonesia sekarang ini kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan emisi kendaraan bermotor yang mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak *negative*, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan, seperti timbal/timah hitam (Pb). Kendaraan bermotor menyumbang hampir 100% timbal (Sugiarti, 2009).

Berdasarkan peraturan pemerintah RI No.41 Tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambient oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambient turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak memenuhi fungsinya.

Biasanya terdapat 2 kategori pencemar udara yang umumnya diinventarisir, yaitu pencemar udara kriteria dan pencemar udara berbahaya. Pencemar udara kriteria adalah pencemar udara yang menimbulkan dampak terhadap kesejahteraan manusia. Pencemar udara ini digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas udara. Termasuk didalam pencemar udara kriteria adalah karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO), ozon (O₃), timbal (Pb), dan partikulat (PM). Sedangkan pencemar udara berbahaya adalah pencemar-pencemar yang diketahui atau dicurigai menyebabkan kanker atau



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penyakit serius lainnya seperti gangguan reproduksi, kelainan janin, dan kerusakan lingkungan yang tidak terkembalikan. Pencemar udara juga dibagi atas pencemar primer dan pencemar sekunder. Pencemar primer adalah zat-zat yang diemisikan langsung dari suatu proses, seperti abu dari letusan gunung berapi, gas CO dari knalpot kendaraan bermotor atau gas SO₂ yang diemisikan dari cerobong pabrik. Pencemar sekunder adalah pencemar yang tidak langsung diemisikan dari suatu proses, melainkan terbentuk di udara ketika pencemar-pencemar primer bereaksi atau berinteraksi. Contoh pencemar sekunder yang penting adalah ozon (O₃) dilapisan atmosfer bawah (Suhadi & Febrina, 2013).

2.1.1 Jenis Polutan Gas Buang

Di daerah perkotaan sumber utama dari pencemaran udara adalah transportasi. Terlebih lagi dengan ditambahnya stok unit kendaraan bermotor yang melalu lalang di jalan raya serta buruknya sistem angkutan umum yang jelas memperparah pencemaran udara yang terjadi. Beberapa polutan yang berasal dari kendaraan bermotor seperti :

1. Karbon Monoksida (*Carbon Monoxide* - CO)

CO adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau maupun berasa yang timbul akibat pembakaran tidak sempurna bahan bakar yang mengandung karbon. Gas ini tergolong kategori mudah terbakar dan beracun. Sumber CO terbagi menjadi dua, yaitu sumber alami dan sumber antropogenik. Secara alami CO dihasilkan dari aktivitas manusia, diantaranya kendaraan bermotor (lebih dari 75%). Emisi CO umumnya meningkat saat terjadi kemacetan di jalan. Selain itu CO juga dihasilkan dari aktivitas transportasi lain seperti pesawat terbang dan kereta api, proses pembakaran bahan bakar, pembakaran kayu, pembakaran sampah serta aktivitas industri (Suhadi & Febrina, 2013).

CO tergolong gas yang beracun dan mematikan. Gas yang tidak menyebabkan iritasi ini memasuki tubuh melalui pernapasan dan kemudian diserap ke dalam peredaran darah. Gas ini juga mampu mengikat hemoglobin yang berfungsi untuk mengangkut oksigen dalam darah dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

daya ikat 240 kali lebih besar dibandingkan dengan daya ikat antara hemoglobin dan oksigen, sehingga menyebabkan berkurangnya kapasitas darah dalam mengangkut oksigen. Secara langsung kompetisi ini akan menyebabkan pasokan oksigen ke seluruh tubuh menurun, sehingga melemahkan kontraksi jantung dan menurunkan volume darah yang didistribusikan. Hal ini kemudian akan mempengaruhi fungsi organ-organ tubuh seperti otak, hati, pusat saraf dan janin. Pada konsentrasi dibawah 100 ppm, CO dapat menyebabkan pusing dan sakit kepala. Sementara konsentrasi 667 ppm dapat menyebabkan 50% hemoglobin dalam darah terikat dengan CO membentuk karboksi-hemoglobin (HbCO). Akibat pada konsentrasi ini dapat menyebabkan kematian (WHO, 1999).

Tidak ditemukan laporan mengenai dampak langsung CO terhadap ekosistem. Secara tidak langsung CO dapat mendorong percepatan produksi nitrogen dioksida (NO_2) pada rantai reaksi yang menghasilkan ozon di udara ambient yang merupakan pencemar sekunder yang dapat menimbulkan dampak terhadap tumbuh-tumbuhan. Tetapi peran CO di dalam rantai reaksi yang kompleks tersebut tidak terlalu dominan dibandingkan dengan senyawa-senyawa hidrokarbon (Suhadi & Febrina, 2013).

2. Oksida Nitrogen (*Nitrogen oxides* - NO_x)

NO_x terdiri atas nitrogen oksida (*nitrogen oxides* – NO) dan nitrogen dioksida (*nitrogen dioxide* – NO_2). Mekanisme utama di dalam pembentukan NO_2 di atmosfer adalah oksidasi NO. NO_x merupakan pemicu terbentuknya ozon (O_3) dan hujan asam. NO_x juga dapat bereaksi dengan komponen lain di udara membentuk partikulat (*particulate matter* – PM). NO_x terbentuk ketika bahan bakar terbakar pada suhu tinggi. NO_2 adalah salah satu pencemar yang timbul akibat proses pembakaran. Umumnya spesies dari NO_x merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Tetapi, NO_2 menjadi pengecualian dimana keberadaannya di daerah perkotaan dapat dilihat sebagai lapisan kabut kecoklatan di langit. Sumber NO_x dapat dikategorikan kedalam dua kelompok, yaitu yang pertama adalah NO termal, NO termal adalah NO yang terbentuk melalui reaksi antara

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

nitrogen dan oksigen di udara pada proses dengan suhu yang tinggi. Proses pembakaran selalu memproduksi NO dan NO₂, dengan komposisi NO umumnya lebih dari 90% total oksida nitrogen yang dihasilkan. Yang kedua adalah NO bahan bakar, NO bahan bakar adalah NO yang berasal dari kandungan nitrogen di dalam bahan bakar. Umumnya minyak bumi dan batu bara mengandung 0,5% - 1,5% nitrogen. Selama proses pembakaran, ikatan nitrogen yang terdapat dalam bahan bakar terlepas sebagai radikal bebas dan kemudian membentuk NO. NO_x menimbulkan dampak pada kesehatan seperti gangguan pernapasan, radang paru-paru (*pneumonia*) bahkan kematian. Oksida nitrogen yang berada di udara dapat membentuk partikel oksida nitrogen seperti nitrat yang berukuran sangat halus sehingga dapat masuk ke jaringan sensitif paru-paru dan menyebabkan atau memperburuk penyakit pernapasan seperti bronkhitis dan emfisema. Orang yang sehat tidak akan terpengaruh oleh NO_x dengan konsentrasi rendah. Sementara orang berpenyakit asma atau penyakit pernapasan lainnya lebih rentan terhadap NO_x karena menyebabkan penyempitan saluran napas (Suhadi & Febrina, 2013).

3. Sulfur Dioksida (*Sulfur Dioxide* – SO₂)

SO₂ adalah satu spesies dari gas-gas oksida sulfur (SO_x). Gas ini sangat mudah terlarut dalam air memiliki bau namun tidak berwarna. Sebagaimana O₃, pencemar sekunder yang terbentuk dari SO₂, seperti partikel sulfat, dapat berpindah dan terdeposisi jauh dari sumbernya. SO₂ merupakan salah satu unsur pembentuk hujan asam. SO₂ juga dapat bereaksi dengan komponen lainnya di udara dan membentuk PM. SO₂ dan gas-gas oksida sulfur lainnya terbentuk saat terjadi pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung unsur sulfur. Sulfur sendiri terdapat dalam hampir semua material mentah yang belum diolah seperti minyak mentah, batu bara, dan bijih-bijih yang mengandung metal seperti aluminium, tembaga, seng, timbel dan besi. Di daerah perkotaan, yang menjadi sumber utama sulfur adalah kegiatan pembangkit tenaga listrik, terutama yang menggunakan batu bara ataupun minyak sebagai bahan bakarnya. Selain itu gas buang dari

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kendaraan yang menggunakan minyak solar, industri-industri yang menggunakan bahan bakar batu bara dan minyak bakar, juga merupakan sumber sulfur. (Suhadi & Febrina, 2013).

Gas SO₂ dikenal sebagai gas yang dapat menyebabkan iritasi pada sistem pernapasan, seperti pada selaput lendir hidung, tenggorokan dan saluran udara di paru-paru. Efek kesehatan ini menjadi lebih buruk pada penderita asma. Di samping itu SO₂ dapat terkonversi di udara menjadi pencemar sekunder seperti aerosol sulfat. Dalam bentuk gas, SO₂ dapat menyebabkan iritasi pada paru-paru yang menyebabkan timbulnya kesulitan bernapas, terutama pada kelompok orang yang sensitif seperti penderita asma, anak-anak dan orang lanjut usia. Di udara, SO₂ dapat terlarut dalam uap air yang kemudian membentuk asam dan turun sebagai hujan asam. Jika terjadi hujan asam, maka akan terjadi kerusakan tanaman dan material. Dampak hujan asam dapat terjadi pada wilayah yang jauh dari sumber pencemar SO₂ karena adanya pengaruh meteorologi terutama angin. Selain menyebabkan hujan asam, SO₂ juga dapat mengurangi jarak pandang karena gas maupun partikel SO₂ mampu menyerap cahaya sehingga menimbulkan kabut (Suhadi & Febrina, 2013).

4. Partikulat berdiameter hingga 10 mikrometer (PM₁₀)

Partikulat didefinisikan sebagai partikel-partikel halus yang berasal dari padatan maupun cairan yang tersuspensi di dalam gas. Partikel padatan atau cairan umumnya merupakan campuran dari beberapa materi organik dan non-organik seperti asam (partikel nitrat atau sulfat), logam, ataupun partikel debu dan tanah. Ukuran partikel sangatlah penting untuk diketahui karena mempengaruhi dampak partikel tersebut terhadap manusia dan lingkungan. PM₁₀ adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer atau lebih kecil. Sumber partikulat dapat berasal dari sumber alami maupun sumber antropogenik. Sumber alami termasuk aktivitas gunung berapi, debu, hutan, dan sebagainya. Sementara beberapa aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil pada kegiatan industri maupun aktivitas kendaraan juga berkontribusi terhadap bertambahnya pencemar partikulat di udara.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kegiatan-kegiatan seperti konstruksi, penghancuran bangunan, dan jalan yang belum di aspal, juga interaksi gas-gas seperti amoniak (NH_3), SO_2 , dan hidrokarbon dengan komponen-komponen lainnya di udara akan membentuk partikulat (Suhadi & Febrina, 2013).

Ukuran partikel memegang peranan penting dalam menentukan lokasi menetapnya partikulat serta dampak yang ditimbulkan saat terhisap ke dalam paru-paru. Partikel yang cukup besar biasanya akan tersaring di hidung dan tenggorokan serta tidak menimbulkan efek yang berbahaya. Sementara partikel-partikel yang lebih kecil (*inhalable*) seperti PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$ akan masuk lebih dalam ke sistem pernapasan manusia dan menyebabkan gangguan-gangguan pernapasan. PM_{10} dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernapasan. Pada konsentrasi $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis. Toksisitas dari partikel *inhalable* tergantung pada komposisinya. Partikel yang mengandung senyawa karbon dapat mempunyai efek karsinogenik, atau menjadi *carrier* pencemar toksik lain yang berupa gas atau semi-gas karena menempel pada permukaannya. Partikel *inhalable* juga dapat merupakan partikulat sekunder, yaitu partikel yang terbentuk di atmosfer dari gas-gas hasil pembakaran yang mengalami reaksi fisik-kimia di atmosfer, misalnya partikel sulfat dan nitrat yang terbentuk dari gas SO_2 dan NO_x . Partikel sulfat dan nitrat yang *inhalable* karena berukuran kecil serta bersifat asam akan bereaksi langsung di dalam sistem pernapasan, menimbulkan dampak yang lebih berbahaya (Suhadi & Febrina, 2013).

5. Pencemar udara berbahaya - Hidrokarbon

Pencemar udara berbahaya adalah pencemar yang bersifat racun, dan dikategorikan sebagai pencemar yang bisa menyebabkan kanker atau gangguan kesehatan yang serius seperti kelainan reproduksi dan janin, atau gangguan ekologi yang tidak terkembalikan. Beberapa contoh pencemar udara berbahaya adalah hidrokarbon atau senyawa organik yang mudah

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menguap (*volatile organic carbons* – VOC) seperti benzena, formaldehida, dan pelarut seperti toluen, xilen, perkloroetilen dan metilen khlorida, dioksin, asbes, dan logam-logam seperti kadmium, merkuri, khromium, dan timbel. Setiap daerah dapat menetapkan kategori pencemar yang diinventarisir berdasarkan sumber daya dan skala prioritas di daerah tersebut. Hidrokarbon adalah pencemar yang penting diinventarisir selain karena dampaknya terhadap kesehatan juga merupakan prekursor pembentuk ozon troposfer. VOC diemisikan dari kendaraan bermotor, distribusi bahan bakar, industri manufaktur kimia, dan pelarut (Suhadi & Febrina, 2013).

Senyawa hidrokarbon yang umum diemisikan dari kendaraan bermotor adalah benzena, 1,3 butadiena dan PAH (*polyaromatic hydrocarbon*). Selain itu terdapat banyak spesies hidrokarbon yang merupakan senyawa prekursor pembentuk ozon pada reaksi fotokimia dengan NO_x dengan bantuan sinar matahari, baik yang berasal dari sumber antropogenik seperti yang bersumber dari bahan-bahan pelarut, maupun yang berasal dari sumber alamiah seperti isopren (C₅H₈) dan monoterpena (C₁₅H₂₄) (Suhadi & Febrina, 2013).

Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca adalah gas-gas yang mempunyai sifat menyerap radiasi termal sinar infra merah dari permukaan bumi dan memantulkannya kembali ke lapisan troposfer bawah. Pantulan radiasi termal ini menyebabkan panas tidak dilepaskan ke atmosfer atas, namun terperangkap di permukaan bumi. Kondisi ini menyebabkan terjadinya peningkatan suhu, yang disebut sebagai efek rumah kaca. Berbagai jenis gas dan aerosol yang secara alamiah berada di udara mempunyai sifat menimbulkan efek rumah kaca, misalnya uap air, karbon dioksida (CO₂), dan metana (CH₄). Gas rumah kaca tidak menimbulkan dampak langsung terhadap kesehatan fisik manusia, namun pada ekosistem dan kesejahteraan manusia. Dampak pemanasan global adalah meningkatnya resiko bencana seperti kekeringan, banjir, badai, kerusakan terumbu karang, hilangnya spesies-spesies hewan

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dan tumbuhan yang rentan terhadap perubahan iklim, dan lain-lain. Pengendalian pencemar udara umumnya bersifat segera, lebih pasti, dan terjadi pada tempat dimana langkah pengendalian dilakukan (skala lokal atau regional). Sedangkan dampak pengendalian terhadap perubahan iklim bersifat jangka panjang dan global. Dampak pencemar udara berskala lokal, sedangkan dampak gas rumah kaca berskala global (Suhadi & Febrina, 2013).

2.1.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Saat ini indeks standar kualitas udara yang digunakan secara resmi di Indonesia adalah berupa Indeks Standar Pencemar Udara atau yang biasa disingkat ISPU. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP 45/ MENLH/ 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara, Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.

Untuk perhitungan dan juga pelaporan serta segala informasi yang menyangkut Indeks Standar Pencemar Udara terdapat didalam Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) No.107 Tahun 1997 Tentang Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara. Beberapa di antaranya dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.

NO.	PARAMETER	WAKTU PENGUKURAN
1.	Partikulat (PM ₁₀)	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
2.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
3.	Carbon Monoksida (CO)	8 jam (Periode pengukuran rata-rata)
4.	Ozon (O ₃)	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)
5.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)

Gambar 2.1 Parameter-parameter dasar untuk ISPU dan periode waktu pengukuran

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Catatan :

1. Hasil pengukuran untuk pengukuran kontinyu diambil harga rata-rata tertinggi waktu pengukuran.
2. ISPU disampaikan kepada masyarakat setiap 24 jam dari rata-rata sebelumnya (24 jam sebelumnya).
3. Waktu terakhir pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 WIB.
4. ISPU yang dilaporkan kepada masyarakat berlaku 24 jam ke depan (pkl 15.00 tgl (n) sampai pkl 15.00 tgl (n+1)).

Kategori	Rentang	Carbon Monoksida (CO)	Nitrogen (NO ₂)	Ozon (O ₃)	Sulfur Dioksida (SO ₂)	Partikulat
Baik	0 - 50	Tidak ada efek	Sedikit berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan SO ₂ (selama 4 jam)	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O ₃ (selama 4 jam)	Tidak ada efek
Sedang	51 - 100	Perubahan kimia darah tapi tidak terdeteksi	Berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan	Luka pada beberapa spesies tumbuhan	Terjadi penurunan pada jarak pandang
Tidak Sehat	101 - 199	Peningkatan pada kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung	Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma	Penurunan kemampuan pada atlit yang berlatih keras	Bau, meningkatnya kerusakan tanaman	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu dimana-mana
Sangat Tidak Sehat	200 - 299	Meningkatnya kardiovaskular pada orang bukan perokok yang berpenyakit jantung, dan akan tampak beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata	Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronhitis	Olah raga ringan mengakibatkan pengaruh pemapasan pada pasien yang berpenyakit paru-paru kronis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronhitis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronhitis
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar				

Gambar 2.2 Pengaruh ISPU untuk setiap parameter pencemar

Contoh Perubahan Angka Secara Perhitungan

Diketahui konsentrasi udara ambient untuk jenis parameter SO₂ adalah 332 µg/m³. Konsentrasi tersebut jika dirubah ke dalam angka ISPU adalah sebagai berikut :

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Indeks Standar Pencemar Udara	24 jam PM ₁₀ µg/m ³	24 jam SO ₂ µg/m ³	8 jam CO µg/m ³	1 jam O ₃ µg/m ³	1 jam NO ₂ µg/m ³
50	50	80	5	120	
100	150	365	10	235	
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57.5	1200	3750

Gambar 2.3 Batas ISPU (dalam satuan SI)

Dari Gambar 2.3 Batas ISPU (dalam satuan SI) maka :

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (2.1)$$

$$I = \frac{100 - 50}{365 - 80} (322 - 80) + 50$$

$$= 92,45 \text{ (92 pembulatan)}$$

- I = ISPU terhitung
- I_a = ISPU batas atas
- I_b = ISPU batas bawah
- X_a = Ambient batas atas
- X_b = Ambient batas bawah
- X_x = Kadar ambient nyata hasil pengukuran

Contoh Pengambilan ISPU Dari Beberapa Stasiun Pemantau.

Misal : Kota Denpasar

Jumlah stasiun monitoring : 3 buah

Angka-angka ISPU dari setiap stasiun :

Stasiun I (Pertama)

Angka ISPU untuk 5 polutan PM₁₀=96, SO₂=80, CO=90, O₃=40, NO₂=55

Stasiun II (Kedua)

Angka ISPU untuk 5 polutan PM₁₀=88, SO₂=44, CO=83, O₃=40, NO₂=42

Stasiun III (Ketiga)

Angka ISPU untuk 5 polutan PM₁₀=91, SO₂=71, CO=92, O₃=35, NO₂=55

ISPU yang dilaporkan ke media massa (koran harian setempat /televisei stasiun setempat) adalah ISPU yang paling tinggi. Untuk kasus di atas ISPU tertinggi adalah dari Stasiun I (Pertama) yaitu polutan PM₁₀ dengan ISPU 96. Sehingga inti laporan kemasyarakatan adalah :

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Indeks Standar Pencemar Udara Denpasar Adalah :

- *Indeks Standar Pencemar Udara : 96
- *Kualitas Udara : sedang
- *Parameter Dominan : PM₁₀

Berlaku 24 jam dari hari ini pukul 15.00 tanggal (n) sampai pukul 15.00 tanggal (n+1).

2.2 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Menurut (Rich, Knight, & Nair, 2009) di dalam bukunya yang berjudul *Artificial Intelligence Third Edition*, kecerdasan buatan adalah sebuah studi tentang bagaimana membuat komputer dapat melakukan hal-hal yang pada saat ini orang lebih baik. Menurut (Kusumadewi, 2003) kecerdasan buatan adalah bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia bahkan bisa lebih baik dari pada yang dilakukan manusia.

Jika dibandingkan dengan kecerdasan alami (kecerdasan yang dimiliki manusia), kecerdasan buatan memiliki beberapa keuntungan secara komersial, antara lain (Kurniawan, 2011) :

1. Lebih permanen
2. Memberikan kemudahan dalam duplikasi dan penyebaran.
3. Relatif lebih murah dari kecerdasan alamiah.
4. Konsisten dan teliti.
5. Dapat didokumentasikan.
6. Dapat mengerjakan beberapa pekerjaan dengan lebih cepat dan lebih baik dibandingkan dengan manusia.

2.2.1 *Data Mining*

Data mining maksudnya adalah mengekstrak atau menambang pengetahuan dari sekumpulan data yang sangat banyak. Istilah yang lebih tepat untuk data *mining* seharusnya *knowledge mining from data* atau menambang pengetahuan dari data. Banyak istilah lain untuk data *mining* yang memiliki makna yang sama atau sedikit berbeda seperti *knowledge mining from data*,

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

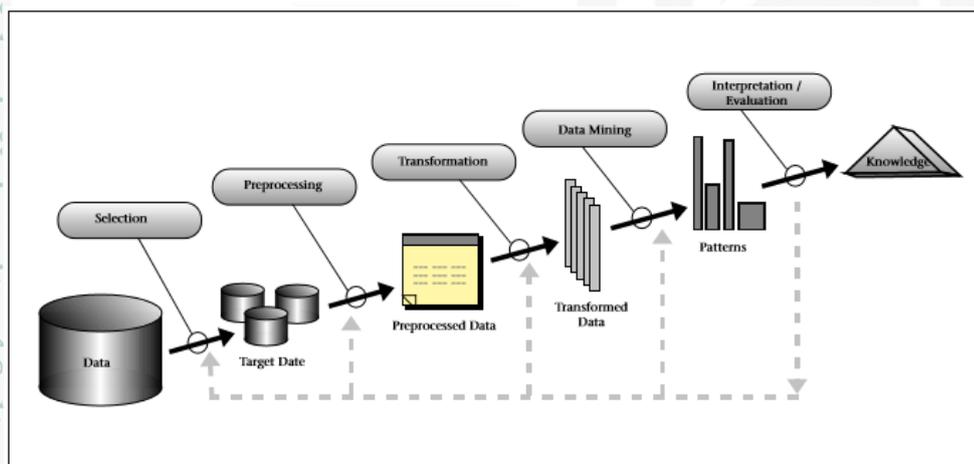
knowledge extraction, data/pattern analysis, data archaeology, and data dredging (Han & Kamber, 2006).

Data mining adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari mengenai metode yang digunakan untuk mengekstrak pengetahuan atau menemukan pola dari suatu data. *Data mining* adalah analisa otomatis dari data yang berjumlah besar atau kompleks dengan tujuan untuk menemukan pola atau kecenderungan yang penting yang biasanya tidak disadari keberadaannya.

Data mining merupakan bagian dari proses KDD yang terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pemilihan data, pra-pengolahan, *data mining* serta interpretasi hasil. Sedangkan menurut (Santoso, 2007), *data mining* adalah proses yang bertujuan untuk menemukan suatu informasi atau pengetahuan yang berguna dari data yang berskala besar. Sehingga sering disebut sebagai bagian dari proses *Knowledge Discovery in Database (KDD)*.

Berdasarkan beberapa pengertian diatas maka dapat disimpulkan bahwa *data mining* merupakan proses penggalian pengetahuan serta informasi baru untuk digunakan dalam suatu proses yang akan menjadi informasi yang berguna dari data yang berjumlah sangat besar dan merupakan bagian dari proses *Knowledge Discovery in Database (KDD)*.

2.2.1.1 Tahapan *Data Mining* dalam KDD



Gambar 2.4 Tahapan KDD (Fayyad, 1996)

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Data mining merupakan suatu proses yang terdiri dari tahapan-tahapan tertentu serta ada umpan balik dari setiap tahapan ke tahapan sebelumnya (Kusnawi, 2007). Tahapan *data mining* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Penjelasan tiap tahapan KDD dari Gambar 2.4 adalah sebagai berikut (Irmayanti, 2015) :

1. *Selection*

Pemilihan (*selection*) data dari sekumpulan data operasional perlu dilakukan sebelum tahap penggalian informasi dalam KDD dimulai. Data hasil seleksi yang akan digunakan untuk proses *data mining* disimpan dalam suatu berkas terpisah dari basis data operasional.

2. *Pre-processing/Cleaning*

Sebelum proses *data mining* dilakukan perlu dilakukan proses *cleaning* pada data yang menjadi fokus KDD. Proses *cleaning* mencakup antara lain membuang duplikasi data, seperti kesalahan cetak (tipografi). Juga dilakukan proses *enrichment*, yaitu proses “memperkaya” data yang sudah ada dengan data atau informasi lain yang relevan dan diperlukan untuk KDD, seperti data atau informasi eksternal.

3. *Transformation*

Coding adalah proses transformasi pada data yang telah dipilih, sehingga data tersebut sesuai untuk proses *data mining*. Proses coding dalam KDD merupakan proses kreatif dan sangat tergantung pada jenis atau pola informasi yang akan dicari dalam basis data.

4. *Data mining*

Data mining adalah proses mencari pola atau informasi menarik dalam data terpilih dengan menggunakan teknik atau metode tertentu. Teknik, metode, atau algoritma dalam *data mining* sangat bervariasi. Pemilihan metode atau algoritma yang tepat sangat bergantung pada tujuan dan proses KDD secara keseluruhan.

5. *Interpretation/ Evaluation*

Pola informasi yang dihasilkan dari proses *data mining* perlu ditampilkan dalam bentuk yang mudah dimengerti oleh pihak yang berkepentingan. Tahap

ini merupakan bagian dari proses KDD yang disebut dengan *Evaluation*. Tahap ini mencakup pemeriksaan apakah pola atau informasi yang ditemukan bertentangan dengan fakta atau hipotesa yang ada sebelumnya.

2.2.1.2 Fungsi *Data Mining*

Banyak fungsi dari *data mining* yang dapat digunakan, pada masalah tertentu fungsi *data mining* dapat digunakan untuk menjawab permasalahan yang dihadapi . Berikut fungsi *data mining* secara umum (MacLennan, Tang, & Crivat, 2009) :

1. *Clasification*

Fungsi klasifikasi adalah untuk mengelompokkan suatu target *class* kedalam kategori yang telah dipilih. Algoritma untuk melakukan klasifikasi antara lain *nearest neighbor*, pohon keputusan, *naïve bayes*, *neural networks* dan *support vector machines*.

2. *Clustering*

Fungsi dari *clustering* adalah untuk mencari pengelompokan atribut ke dalam segmentasi-segmentasi berdasarkan similaritas. Algoritma yang digunakan dalam proses *clustering* adalah *K-means clustering*.

3. *Association*

Fungsi dari *association* adalah untuk mencari keterkaitan antara atribut atau item set, berdasarkan jumlah item yang muncul dan *rule association* yang ada. Beberapa algoritma pada aturan asosiasi ini adalah *Apriori*, *FP-Growth* dan *FOLD Growth*.

4. *Regretion*

Fungsi dari regression hampir mirip dengan klasifikasi. Fungsi dari regression adalah bertujuan untuk mencari prediksi dari suatu pola yang ada.

5. *Forecasting*

Fungsi dari forecasting adalah untuk peramalan waktu yang akan datang berdasarkan trend yang telah terjadi di waktu sebelumnya.

6. *Sequence Analysis*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Fungsi dari *sequence analysis* adalah untuk mencari pola urutan dari rangkaian kejadian.

7. *Deviation Analysis*

Fungsi dari *deviation analysis* adalah untuk mencari kejadian langka yang sangat berbeda dari keadaan normal (kejadian abnormal).

2.2.2 *K-means*

Algoritma *K-means* adalah algoritma yang mempartisi data ke dalam *cluster-cluster* sehingga data yang memiliki kemiripan berada pada satu *cluster* yang sama dan data yang memiliki ketidaksamaan berada pada *cluster* yang lain (W, Defiyanti, & Jajuli, 2015). Algoritma *K-means* merupakan algoritma klasterisasi yang mengelompokkan data berdasarkan titik pusat klaster (*centroid*) terdekat dengan data. Tujuan dari *K-means* adalah pengelompokkan data dengan memaksimalkan kemiripan data dalam satu klaster dan meminimalkan kemiripan data antar klaster. Ukuran kemiripan yang digunakan dalam klaster adalah fungsi jarak. Sehingga pemaksimalan kemiripan data didapatkan berdasarkan jarak terpendek antara data terhadap titik *centroid* (Asroni & Adrian, 2015).

2.2.2.1 Algoritma *K-means*

Tahap-tahap dari algoritma *K-means clustering* adalah sebagai berikut (Han & Kamber, 2006) :

1. Tentukan jumlah *cluster* (*k*) yang diinginkan sebagai *input*.
2. Tentukan titik pusat *cluster/centroid* secara acak sebanyak jumlah *cluster* yang di inginkan dari data yang tersedia.
3. Hitung jarak antara data dengan *centroid*. Pada penelitian ini menggunakan *Euclidean Distance* yaitu metode paling populer untuk mencari jarak terpendek antara data dengan *centroid* dengan rumus yaitu :

$$D(X_i, Y_j) = \sqrt{(P1_i - Q1_j)^2} \quad (2.2)$$

Dimana :

$D(X_i, Y_j)$ = Jarak data *i* ke *centroid* *j*

$P1_i$ = Variabel ke 1 pada data ke *i*

$Q1_j$ = Variabel ke 1 pada *centroid* ke *j*



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Kelompokkan data berdasarkan jarak terpendeknya antara data dengan *centroid* menjadi sebuah kelompok *cluster*.
5. Hitung rata-rata tiap kelompok *cluster* yang terbentuk untuk dijadikan sebagai *centroid* yang baru dan ulangi perhitungan mencari jarak terpendek antara data dan *centroid* apabila *centroid* berubah dan perhitungan akan berhenti apabila *centroid* tidak mengalami perubahan.

2.2.2.2 Evaluasi *cluster*

Evaluasi untuk menentukan apakah suatu kelompok *cluster* tertentu baik atau tidak adalah suatu hal yang kontroversi dan dipermasalahkan. Bahkan Bonner pada tahun 1964 adalah orang pertama yang menyatakan bahwa tidak ada definisi secara umum apa itu sebuah *cluster* yang baik. Semua itu kembali pada diri masing-masing dari mana melihatnya. Namun demikian, beberapa kriteria evaluasi telah dikembangkan sebagai literatur (Maimon & Rokach, 2010).

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan evaluasi *cluster* seperti *Cluster Variance*, Koefisien Korelasi *Cophenetic*, Metode *Silhouette Coefficient*, *Davies Bouldin Index*, dan lainnya, namun pada penelitian ini menggunakan *Davies Bouldin Index (dbi)* dan terdapat pada operator *tools* yang digunakan yaitu Rapidminer. *Davies Bouldin Index* merupakan salah satu metode evaluasi internal yang mengukur evaluasi *cluster* pada suatu metode pengelompokan yang didasarkan pada nilai kohesi dan separasi. Dalam suatu pengelompokan, kohesi didefinisikan sebagai jumlah dari kedekatan data terhadap *centroid* dari *cluster* yang diikuti. Sedangkan separasi didasarkan pada jarak antar *centroid* dari *clusternya*. *Sum of square within cluster (SSW)* merupakan persamaan yang digunakan untuk mengetahui matrik kohesi dalam sebuah *cluster* ke-*i* yang dirumuskan sebagai berikut (Muhammad, 2015):

$$SSW_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=i}^{m_i} d(x_j, c_i) \quad (2.3)$$

Dari persamaan tersebut, *m_i* merupakan jumlah data dalam *cluster* ke-*i*, *c_i* adalah *centroid cluster* ke-*i*, dan *d()* merupakan jarak setiap data ke *centroid* yang dihitung menggunakan jarak *euclidean*. *Sum of square between cluster*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

akurasi. Beberapa format data yang digunakan dalam aplikasi ini adalah *SQL Server, MySQL, Excel Spss* dan *Csv files*.

2.4 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Penelitian terkait

Peneliti	Judul	Tahun	Metode	Kesimpulan
Atsushi Iizuka, Shintaro Shirato, Atsushi Mizukoshi, Miyuki Noguchi, Akihiro Yamasaki, Yukio Yanagisawa	A Cluster Analysis of Constant Ambient Air Monitoring Data from Kanto Region of Japan	2014	Cluster Analysis	Stasiun monitoring di wilayah Kanto di <i>cluster</i> menjadi 8 grup. Dikonfirmasi bahwa stasiun monitoring udara dapat di <i>cluster</i> secara topologi untuk NOx dan Ox menggunakan <i>cluster analysis</i> sehingga metode untuk mengurangi jumlah stasiun monitoring udara juga dimungkinkan.
Hafiizh Ashshidiqi Prabowo Jati, Danan Lelono	Deteksi Monitoring Polusi Udara Berbasis Array Sensor Gas	2013	Array Sensor Gas	Sistem ini dapat digunakan untuk mendeteksi hidrogen sulfida, karbon monoksida, karbon dioksida, etanol, amoniak, butana, dan hidrogen. Gas polutan di jalan raya yang melewati ambang batas aman adalah hidrokarbon jenis butana dengan rata-rata

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

				konsentrasi 10,99 ppm dan karbon monoksida dengan 27,22 ppm.
Budi Warsito, Dwi Ispiyanti dan Henny Widayanti	<i>Clustering Data Pencemaran Udara Sektor Industri di Jawa Tengah Dengan K-means Clustering</i>	2008	<i>K-means Clustering</i>	<i>Cluster I</i> : industri kecil <i>Cluster II</i> : industri makanan, minuman, kimia dasar, non logam, semen, kapur dan gips, logam dasar, hasil olahan logam, rumah sakit, perhotelan <i>Cluster III</i> : industri kayu, olahan kayu, kertas
Sumeet Saksena, Veena Joshi, R.S. Patil	Determining Spatial Patterns in Delhi's Ambient Air Quality Data Using <i>Cluster Analysis</i>	2002	<i>Cluster Analysis</i>	The Indian Standards Institution atau sekarang dikenal dengan Bureau of Indian Standards merekomendasikan penggunaan <i>cluster analysis</i> untuk membangun sebuah jaringan. Tidak ada perbedaan statistik yang signifikan pada konsentrasi semua polutan antara lahan perumahan dan lahan industri. Hasil ini juga memberikan dukungan rekomendasi agar wilayah Delhi memiliki standar yang sama di semua wilayah.