



UNIVERSITAS INDONESIA

**Analisis Pembebanan Pencemaran Udara Akibat Emisi
Kendaraan Bermotor Pada Parkir Basement
(Studi Kasus : Mall X)**

Skripsi

**Siti Kurnia Astuti
0606078222**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**Analisis Pembebanan Pencemaran Udara Akibat Emisi
Kendaraan Bermotor Pada Parkir Basement
(Studi Kasus : Mall X)**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**Siti Kurnia Astuti
0606078222**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Siti Kurnia Astuti

NPM : 0606078222

Tanda Tangan : 

Tanggal : 29 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

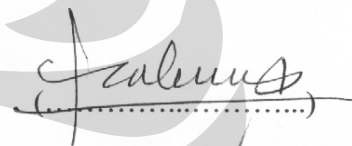
Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Siti Kurnia Astuti
NPM : 0606078222
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Tesis : Analisa Pembebanan Pencemaran Udara Akibat Emisi
Kendaraan Bermotor Pada Parkir Basement (Studi Kasus:
Mall X)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng, Ph.D



Pembimbing 2 : Ir. R. Jachrizal Sumabrata, M.Sc(Eng), Ph.D



Penguji : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA



Penguji : Ir. El Khobar M. Nazech, M.Eng



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ibu Gabriel S.B. Andari, Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Bapak Jachrizal Sumabrata, Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pemikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (3) Bapak Gunawan, Bapak Ami, Bapak Anto, Mba Aya, dan lainnya selaku manajer dan pegawai Mall X yang telah membantu saya dalam memperoleh izin tempat penelitian dan mengarahkan saya dalam mendapatkan data seputar Mall X.
- (4) Bapak, ibu dan kakak-kakak saya yang telah memberikan doa, perhatian, dan kasih sayangnya serta bantuan biaya dalam penyusunan skripsi ini.
- (5) Sahabatku dan semua teman-teman yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian, serta memberikan bantuan/dukungan semangat dan doa untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 18 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Siti Kurnia Astuti

NPM : 0606078222

Program Studi : Teknik Lingkungan

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisa Pembebanan Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor

Pada Parkir Basement (Studi Kasus: Mall X)

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Juni 2010

Yang menyatakan,

(Siti Kurnia Astuti)

ABSTRAK

Nama/NPM : Siti Kurnia Astuti / 0606078222

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul : Analisis Pembebanan Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor Pada Parkir Basement (Studi Kasus: Mall X)

Keterbatasan lahan membuat pihak pengembang semakin banyak membangun bangunan-bangunan bawah tanah, termasuk diantaranya adalah ruang parkir basement. Kualitas udara dalam ruang parkir basement memiliki sistem ventilasi yang kerap kali tidak memadai. Penelitian ini bertujuan mengukur kualitas udara di fasilitas parkir basement. Parameter yang diukur adalah CO, NO, dan mikroorganisme. Hasil pemeriksaan parameter tersebut dikaitkan dengan data *travel time* kendaraan dan tingkat resiko kesehatan pekerja.

Penelitian dilakukan pada parkir basement Mall X, Jakarta. Waktu pengukuran ialah pada jam makan siang dan pagi hari di hari kerja serta sore hari di akhir pekan. Tingkat resiko kesehatan dilihat dengan menggunakan kuesioner dengan klasifikasi responden berdasarkan lama waktu paparan dan maksud atau fungsi keberadaan responden tersebut di mall.

Hasil pengamatan konsentrasi CO dan NO dalam parkir basement melebihi baku mutu yang dikeluarkan oleh Bapedal. Konsentrasi CO rata-rata 59 ppm, maksimal 107 ppm, dan minimal 31 ppm dengan standar kesehatan CO dari Bapedal adalah 9 ppm. Konsentrasi NO rata-rata 2 ppm, maksimal 3 ppm, dan minimum 1 ppm dengan standar kesehatan NO adalah 0,05 ppm. Sedangkan nilai mikrobiologi di luar ruangan lebih tinggi daripada di dalam ruangan. Rata-rata bakteri dalam ruang adalah 24 koloni dan luar ruangan 59 koloni. Banyaknya rata-rata jamur dalam ruang adalah 24 koloni dan luar ruangan 28 koloni.

Konsentrasi polutan gas sebanding dengan *travel time*, yaitu ketika *travel time* meningkat maka polutan gas ikut meningkat. Namun dibutuhkan waktu beberapa jam untuk membuat konsentrasi polutan mencapai nilai maksimum setelah *travel time* mencapai maksimum. Resiko kesehatan paling besar terjadi pada petugas dalam ruang parkir basement karena waktu paparan yang lebih lama.

Kata Kunci : Pencemaran udara, Parkir basement, *Travel time*, Resiko kesehatan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.2.1 Identifikasi Masalah.....	3
1.2.2 Signifikansi Masalah.....	5
1.2.3 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Metodologi Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penelitian.....	7
2. LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Pencemaran Udara	8
2.1.1 Definisi Pencemaran Udara.....	8
2.1.2 Pencemaran Udara Dalam Ruang (<i>Indoor Air Pollution</i>).....	10
2.2 Emisi Kendaraan Bermotor	12
2.2.1 Zat-zat Emisi Kendaraan Bermotor.....	12
2.2.2 Standar Emisi Kendaraan Bermotor	20
2.3 Standar Desain Parkir Basement	23
2.3.1 Peraturan Parkir Basement.....	23
2.3.2 Ketentuan Umum Parkir Basement	23
2.3.3 Ketentuan Teknis Parkir Basement.....	25
2.4 Sistem Ventilasi.....	27
2.4.1 Ventilasi Alami.....	27
2.4.2 Ventilasi Mekanik.....	30
3. GAMBARAN UMUM MALL X.....	33
3.1 Pendahuluan	33
3.2 Gambaran Umum Mall X.....	33
3.3 Parkir Basement Mall X.....	34
3.3.1 Data Umum Parkir Basement.....	34
3.3.2 Data Teknis Parkir Basement.....	35
3.3.3 Data Petugas Parkir Basement.....	37

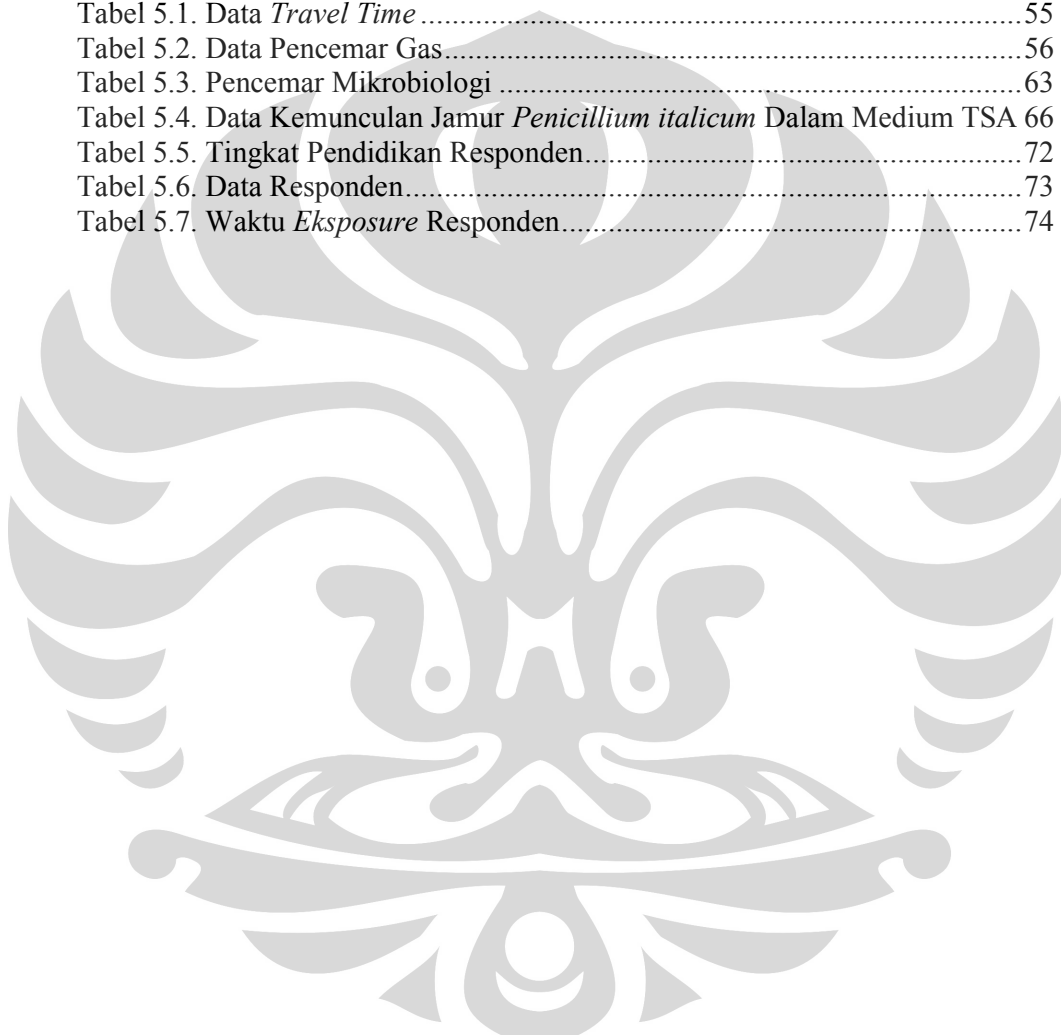
4. METODE PENELITIAN.....	38
4.1 Pendahuluan	38
4.2 Hipotesis.....	38
4.3 Metode Penelitian	39
4.3.1 Teknik Penelitian	41
4.3.2 Prosedur Penelitian	41
4.4 Variabel Penelitian.....	42
4.5 Pengumpulan Data	43
4.5.1 Data Sekunder.....	44
4.5.2 Penelitian Lapangan.....	44
4.5.2.1 Pengukuran CO dan NO ₂	44
4.5.2.2 Pengukuran Mikrobiologi.....	46
4.5.2.3 Pengukuran Faktor Kualitas Udara	46
4.5.3 Kuesioner	47
4.5.3.1 Teknik Sampling Pada Pengumpulan Data	47
4.5.3.2 Penentuan Ukuran Populasi dan Sample	49
4.6 Analisis Data.....	50
4.6.1 Analisis Data Penelitian Lapangan.....	50
4.6.2 Analisis Data Kuesioner.....	51
4.6.3 Analisis Pengaruh Setiap Variabel	51
5. HASIL PENGAMATAN DAN ANALISA DATA	54
5.1 Pelaksanaan dan Pengamatan Pendahuluan	54
5.2 Pengukuran <i>Travel Time</i>	55
5.3 Pengukuran Polutan Gas	56
5.3.1 Hasil Pengukuran Polutan Gas	56
5.3.2 Pengaruh <i>Travel Time</i> Terhadap Polutan Gas	59
5.4 Pengukuran Polutan Mikrobiologi.....	62
5.4.1 Hasil Pengukuran Polutan Mikrobiologi.....	62
5.4.2 Pengaruh <i>Travel Time</i> Terhadap Polutan Mikrobiologi	67
5.5 Kuesioner.....	72
5.5.1 Hasil Kuesioner	72
5.5.2 Pengaruh <i>Travel Time</i> Terhadap Tingkat Kesehatan.....	77
6. KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Reomendasi dan Saran	78
DAFTAR ACUAN.....	81
DAFTAR REFERENSI	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik Perubahan Konsentrasi Harian Polutan Udara	18
Gambar 2.2. Ventilasi Silang.....	29
Gambar 2.3. Ventilasi Satu Sisi.....	29
Gambar 3.1. Letak Mall X.....	33
Gambar 3.2. Ramp Lurus Mall X	36
Gambar 4.1. Prosedur Penelitian	42
Gambar 4.2. Gas Detector	45
Gambar 4.3. <i>Sampling Design</i>	48
Gambar 5.1. Kondisi Saat Siang Hari Kerja.....	55
Gambar 5.2. Kondisi Mall X Saat Penelitian Mikrobiologi di Luar Ruangan ...	55
Gambar 5.3. Hubungan Travel Time dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Sabtu.....	59
Gambar 5.4. Hubungan Travel Time dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Minggu	59
Gambar 5.5. Hubungan Travel Time dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Akhir Pekan.....	60
Gambar 5.6. Hubungan Travel Time dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Selasa	60
Gambar 5.7. Hubungan Travel Time dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Rabu	61
Gambar 5.8. Hubungan Travel Time dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Kerja.....	61
Gambar 5.9. Titik M5.....	67
Gambar 5.10. Kondisi Mall X Saat Penelitian Mikrobiologi di Luar Ruangan ..	67
Gambar 5.11. Hubungan Travel Time dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Sabtu.....	68
Gambar 5.12. Hubungan Travel Time dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Minggu	68
Gambar 5.13. Hubungan Travel Time dan Polutan Mikrobiologi Pada Akhir Pekan.....	69
Gambar 5.14. Hubungan Travel Time dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Selasa	69
Gambar 5.15. Hubungan Travel Time dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Rabu	70
Gambar 5.16. Hubungan Travel Time dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Kerja.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sumber Polutan Dalam Ruangan.....	11
Tabel 2.2. Asosiasi antara efek pencemar secara umum dengan Kategori ISPU	21
Tabel 2.3. Sumber dan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang	21
Tabel 2.4. Baku Mutu Udara Ambien Nasional	22
Tabel 2.5. Standar Jumlah Parkir.....	24
Tabel 5.1. Data <i>Travel Time</i>	55
Tabel 5.2. Data Pencemar Gas.....	56
Tabel 5.3. Pencemar Mikrobiologi	63
Tabel 5.4. Data Kemunculan Jamur <i>Penicillium italicum</i> Dalam Medium TSA	66
Tabel 5.5. Tingkat Pendidikan Responden.....	72
Tabel 5.6. Data Responden.....	73
Tabel 5.7. Waktu <i>Eksposure</i> Responden.....	74



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Titik Pengukuran CO, NO, dan Mikrobiologi Dalam Ruang
Lampiran 2	Titik Pengukuran Mikrobiologi Luar Ruang
Lampiran 3	Data Hasil Penelitian <i>Travel Time</i>
Lampiran 4	Data Hasil Penelitian Polutan Gas
Lampiran 5	Data Kelembaban dan Suhu Udara Parkir Basement
Lampiran 6	Data Hasil Penelitian Mikrobiologi
Lampiran 7	Perhitungan Uji t Parameter Mikrobiologi
Lampiran 8	Data Hasil Kuesioner
Lampiran 9	Contoh Kuesioner
Lampiran 10	Diagram Hasil Kuesioner



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan merupakan sebuah konsekuensi dari pengembangan wilayah yang saat ini sedang berlangsung di beberapa daerah. Bangunan-bangunan semakin menjamur di setiap kawasan, bahkan bangunan-bangunan tersebut mulai mengambil hak lahan-lahan yang seharusnya menjadi daerah resapan. Keterbatasan lahan membuat pihak pengembang membangun gedung-gedung tinggi, dan pembangunan ke arah atas dan bawah pun sudah tidak terelakkan lagi. Hal ini menyebabkan semakin banyaknya bangunan-bangunan bawah tanah yang dibangun, termasuk diantaranya adalah ruang parkir basement.

Kualitas udara dalam ruang parkir basement menjadi hal yang sangat penting karena parkir basement merupakan sebuah ruangan tertutup dengan sistem ventilasi yang kerap kali tidak memadai. Sedangkan kendaraan yang menempati ruang parkir tersebut adalah kendaraan-kendaraan bermotor yang mengeluarkan pencemar udara dan membahayakan kesehatan. Dalam PP No. 41 Tahun 1999, pencemaran udara didefinisikan sebagai masuk 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 dapat memenuhi fungsinya.

Jumlah kendaraan tentu saja menjadi faktor yang sangat mempengaruhi konsentrasi pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor. Tingkat pendapatan masyarakat yang meningkat membuat kecenderungan untuk memiliki kendaraan pribadi, sehingga jumlah kendaraan bermotor pun terus meningkat. Emisi gas buang yang dihasilkan setiap kendaraan bermotor itu pun tidak semuanya memenuhi ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor, seperti yang terdapat dalam Kepmenlh No. 35/MENLH/10/1993.

Gas-gas pencemar udara yang dihasilkan kendaraan bermotor antara lain nitrogen oksida (NO_x), sulfur oksida (SO_x), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2). Sedangkan partikulat yang dihasilkan kendaraan bermotor yaitu

debu, timbal, karbon, dan VOC [1]. Konsentrasi gas yang dihasilkan akan semakin tinggi jika kendaraan bermotor berada dalam kecepatan rendah, seperti saat berada dalam ruang parkir basement [2].

Partikulat dan gas pencemar yang dihasilkan kendaraan bermotor tersebut di atas, dapat masuk dan mengendap dalam paru-paru manusia, yaitu partikulat dengan diameter $\leq 10 \mu\text{m}$. Polutan yang terpapar itu dapat membahayakan kesehatan petugas-petugas yang bekerja di ruang parkir basement itu, apalagi jika diakumulasikan dalam rentang waktu yang cukup lama. Contoh gas emisi kendaraan bermotor yang sangat berbahaya adalah gas CO (karbon monoksida). CO merupakan gas yang tidak memiliki aroma yang khusus. Senyawa CO dapat bereaksi dengan hemoglobin darah membentuk karboksi hemoglobin (Hb-CO). Hb-CO tersebut menyebabkan darah tidak bisa mengangkut oksigen dalam sirkulasi darah. Kemampuan CO dalam mengikat hb ternyata 210 kali lebih kuat di bandingkan oksigen, sehingga oksigen akan kalah bersaing. Seseorang yang teracuni gas CO akan mengalami gejala sakit kepala, gangguan mental (*mental dullness*), pusing, lemah, mual, muntah, kehilangan kontrol otot, diikuti dengan penurunan denyut nadi dan frekuensi pernapasan, pingsan, dan bahkan meninggal. Kasus pingsan atau bahkan meninggal akan terjadi bila kadar Hb-CO dalam darah mencapai 60% dari total hb darah atau lebih. Penelitian menyebutkan, CO dengan konsentrasi 250 ppm dapat membuat orang pingsan. Bahkan pada konsentrasi 1.000 ppm, dapat menyebabkan kematian seketika [3].

Untuk menurunkan kadar polutan yang terdapat dalam ruang parkir basement, diperlukan adanya pengaturan dalam berbagai aspek, yaitu pengaturan atau ketentuan parkir dan sistem ventilasi. Ruang parkir sendiri juga memiliki standar yang seharusnya dipenuhi oleh pihak pengelola gedung. Untuk wilayah Jakarta, pengaturan dan ketentuan parkir terdapat dalam Perda No.4 Tahun 1975 dan Perda No.7 Tahun 1991 (Dinas Tata Kota DKI Jakarta). Sistem ventilasi dalam ruangan diatur dalam SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung. Oleh karena itu, pihak pengelola gedung perlu mengkombinasikan standar dan ketentuan di atas untuk menghasilkan parkir basement dengan kualitas udara yang layak.

Uraian di atas merupakan bagian kecil dari salah satu variabel pengendalian pencemaran udara dalam parkir basement. Penelitian akan dilakukan di parkir basement sebuah pusat perbelanjaan di daerah Jakarta. Pemilihan pusat perbelanjaan sebagai tempat penelitian adalah karena kendaraan yang memasuki ruang parkir hanya untuk waktu yang singkat, yaitu beberapa jam saja, sehingga akan selalu terjadi pergantian dan pergerakan kendaraan selama satu hari dalam ruang parkir. Ketika berada dalam ruang parkir basement pun, kendaraan akan melaju dengan kecepatan yang rendah. Sehingga kadar pencemar yang ditimbulkan pun akan lebih tinggi konsentrasinya. Belum lagi kondisi lalu lintas pada jalan di depan Mall X merupakan lalu lintas yang padat. Khususnya pada jam-jam berangkat, istirahat, dan pulang kerja, terjadi kemacetan di jalan tersebut. Kemacetan ini akan membuat konsentrasi emisi gas buang kendaraan lebih tinggi dan terakumulasi di pintu masuk dan keluar. Hal-hal tersebut akan membuat probabilitas yang lebih besar pada efek yang ditimbulkan oleh emisi kendaraan bermotor tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Identifikasi Masalah

Semakin terbatasnya lahan kosong untuk dijadikan lahan parkir, membuat pengembang gedung mulai merambah fasilitas tempat parkir yang berada dalam ruangan sebagai pilihan lain. Hal ini membuat ruang parkir basement menjadi hal yang lumrah di tempat-tempat perbelanjaan, perkantoran, atau tempat-tempat umum lain di kota-kota besar di Indonesia. Namun seringkali perancang bangunan lebih memperhatikan kekuatan atau keindahan gedung dan ruangan. Faktor kesehatan, seperti ventilasi, sirkulasi udara, dan pencahayaan pun menjadi hal yang terabaikan. Sedangkan, ventilasi dan sirkulasi udara sangat penting untuk mengatur pergantian udara masuk, sebagai udara bersih dan udara keluar ruangan, sebagai udara kotor. Faktor pencahayaan, suhu, dan kelembaban sangat mempengaruhi kemungkinan tumbuhnya jamur dan bakteri sebagai sumber penyakit.

Di dalam parkir basement ada orang-orang yang tetap berada di dalamnya untuk rentang waktu yang cukup lama, misalnya pekerja tiket parkir, satpam,

pekerja pengatur parkir, atau bahkan pengunjung yang cukup sering datang ke gedung tersebut.

Beberapa ruang parkir basement memiliki kualitas udara yang tidak baik, yaitu tercemar asap kendaraan bermotor, asap rokok, gas buang dari generator listrik dan pencemaran lainnya. Dalam satu lantai parkir saja, berapa ratus kendaraan bermotor yang telah mengeluarkan gas buang melalui knalpotnya, seperti CO, CO₂, NO, SO₂, timbal, dan debu. Baik kendaraan bermotor berbahan bakar bensin, maupun berbahan bakar solar, semuanya mempunyai andil dan kontribusi mencemari udara dan membuat kualitas udara ruang parkir basement membahayakan kesehatan para penggunanya.

Sejumlah senyawa spesifik yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor seperti oksida-oksida sulfur dan nitrogen (SO_x dan NO_x), serta partikulat dapat menyebabkan iritasi dan radang pada saluran pernafasan. Walaupun kadar oksida sulfur (SO_x) di dalam gas buang kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin relatif kecil, tetapi tetap berperan karena jumlah kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar makin meningkat. Seseorang yang teracuni gas CO akan mengalami gejala sakit kepala, gangguan mental (*mental dullness*), pusing, lemah, mual, muntah, kehilangan kontrol otot, diikuti dengan penurunan denyut nadi dan frekuensi pernapasan, pingsan, dan bahkan meninggal.

Di negara-negara maju pun, penyakit yang diakibatkan karena polusi yang terjadi di dalam ruangan (biasa disebut *sick building sickness*) sudah menjadi perhatian. Hal ini disebabkan karena akibat dari *sick building sickness* (SBS), pekerja dapat mengalami penurunan produktifitas. Di Amerika diperkirakan negara mengalami kerugian sekitar 10 Milyar Dollar US tiap tahunnya akibat dari penurunan produktifitas pekerja karena buruknya kualitas udara dalam kantor [4]. Sedangkan bangunan dengan sirkulasi udara yang buruk pun cukup banyak. Di Amerika lebih dari 30 % bangunan yang baru menunjukkan bahwa bangunan tersebut terjangkau gejala *sick building syndrome* [5].

Berdasarkan observasi awal di lapangan, lalu lintas yang terjadi pada jalan di depan pusat perbelanjaan Mall X tersebut merupakan lalu lintas yang padat. Hal itu ditandai dengan sering terjadinya kemacetan pada jalan tersebut, terutama pada jam-jam berangkat atau pulang kantor. Ini menyebabkan kendaraan yang akan

keluar dari parkir basement pada Mall X akan terhambat dan mengalami perlambatan. Parkir basement Mall X yang terdiri dari dua lantai pun turut membuat kendaraan harus melaju lebih lambat saat naik atau turun lantai. Sehingga konsentrasi emisi gas buang kendaraan akan lebih tinggi dan terakumulasi di pintu masuk dan keluar.

Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan memperhatikan keterkaitan antara konsentrasi parameter pencemar udara dengan *travel time* kendaraan bermotor yang masuk ke dalam ruang parkir bawah tanah tersebut. Parameter pencemar udara yang akan diukur adalah CO, NO, dan PM₁₀. Pembebanan pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor selanjutnya akan dievaluasi dampaknya terhadap petugas yang berada pada wilayah ruang parkir bawah tanah tersebut.

1.2.2 Signifikansi Masalah

Berdasarkan uraian identifikasi masalah di atas, didapatkan bahwa kualitas udara yang buruk pada parkir basement dapat membahayakan kesehatan dan mengurangi tingkat produktivitas pekerja yang berada di dalam atau sekitar parkir basement. Hal ini menjadi sangat menarik untuk dilakukan penelitian mengenai hubungan antara *travel time* kendaraan yang masuk dengan tingkat pencemaran udara yang terjadi dan dampaknya pada kesehatan para pekerja di parkir basement Mall X.

1.2.3 Rumusan Masalah

Dari identifikasi permasalahan yang sudah diuraikan diatas, maka dapat disimpulkan perumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

- 2 Apakah parameter pencemaran udara CO, NO, dan mikroorganisme pada parkir basement Mall X memenuhi baku mutu kualitas udara?
- 3 Bagaimana pengaruh *travel time* kendaraan bermotor terhadap tingkat pencemaran udara yang terjadi pada parkir basement?
- 4 Bagaimana pengaruh kualitas udara parkir basement terhadap kesehatan dan produktivitas pekerja yang berada di dalamnya?

- 5 Bagaimana pengaruh *travel time* kendaraan bermotor terhadap resiko kesehatan pekerja yang berada di dalam parkir basement?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis bagaimana kualitas udara pada parkir basement dengan parameter CO, NO, dan mikroorganisme.
2. Menganalisis pengaruh kualitas udara pada parkir basement terhadap tingkat resiko kesehatan pada pekerja yang berada di dalamnya.
3. Menganalisis pengaruh *travel time* kendaraan terhadap tingkat resiko kesehatan pada pekerja yang berada dalam parkir basement.

1.4 Batasan Masalah

Dengan waktu penelitian yang sangat terbatas dan agar penelitian dapat terarah pada tujuan yang telah ditetapkan, maka masalah penelitian ini dibatasi hanya kepada hal-hal berikut:

1. Objek penelitian adalah parkir basement Mall X dan tidak termasuk parkir luar.
2. Parameter pencemaran udara yang diteliti hanya karbon monoksida (CO), nitrogen monoksida (NO), dan mikroorganisme.
3. Faktor yang dapat mempengaruhi tingkat konsentrasi penyebaran pencemaran udara pada parkir basement yang akan diperhatikan, yaitu hanya faktor *travel time* kendaraan yang masuk, suhu, dan kelembaban. Sedangkan faktor struktur bangunan tidak diperhitungkan.
4. Efek kesehatan akibat emisi kendaraan bermotor yang diteliti hanya pada petugas yang bertugas di dalam dan sekitar basement saja.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan studi literatur melalui buku, jurnal, atau website terkait. Data yang dibutuhkan diperoleh dari data sekunder, penelitian di lapangan, penelitian di laboratorium, dan wawancara dengan menggunakan kuesioner. Kemudian data tersebut akan

diolah dengan menggunakan statistik dan dibandingkan dengan standar atau peraturan yang berlaku.

1.6 Sistematika Penelitian

Penyajian tulisan penelitian ini disusun dengan sistematika penulisan penelitian yang berlaku, yaitu sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, identifikasi, batasan dan rumusan masalah, serta menjelaskan tentang maksud, tujuan, metodologi penelitian yang digunakan, maupun sistematika penulisan penelitian.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori yang berhubungan dengan penelitian agar dapat memberikan gambaran tentang pencemaran udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor di dalam ruangan, khususnya parkir basement.

BAB 3 GAMBARAN UMUM MALL X

Bab ini menjabarkan tentang kondisi umum yang terdapat dalam Mall X, sebagai tempat penelitian dilakukan. Kondisi umum tersebut berguna untuk melihat faktor lain yang dapat mempengaruhi tingkat pencemaran udara yang diteliti.

BAB 4 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian yang digunakan, dimulai dari kerangka berpikir yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan hipotesa, uraian umum tentang pemilihan metode penelitian, kerangka metode penelitian, metode pengumpulan data dan metode analisa.

BAB 5 HASIL PENGAMATAN DAN ANALISA DATA

Bab ini menjelaskan mengenai pengumpulan data, pengolahan data, dan pentabulasian data. Selanjutnya data yang telah diolah tersebut akan dianalisa dan dilakukan pembahasan terhadap temuan penelitian.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan rekomendasi yang dapat dihasilkan dari penelitian ini.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pencemaran Udara

- **Definisi Pencemaran Udara**

Menurut PP No. 41 tahun 1999, pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Sedangkan menurut Nevers, pencemaran udara adalah kehadiran materi yang tidak diinginkan di udara, dalam jumlah tertentu sehingga dapat menghasilkan dampak yang merusak [6].

Peraturan terkait yang mengatur tentang pencemaran udara, antara lain :

1. UU No. 23 tahun 1997 jo UU No.32 tahun 2009 tentang Lingkungan hidup
2. Peraturan Pemerintah No.41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara
3. Kepmenlh No.45 tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara
4. Kepmenlh No 35/MENLH/10/1993 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor
5. Kepmenlh No.13/Menlh/3/1995 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak
6. Kepmenlh No. 141/2003 tentang ambang batas emisi gas buang tipe baru dan kendaraan bermotor yang sedang diproduksi
7. Peraturan Daerah No. 2 tahun 2005 tentang pengendalian pencemaran udara
8. Keputusan Gubernur propinsi daerah khusus ibukota Jakarta No. 95/2000 tentang pemeriksaan emisi dan perawatan mobil penumpang pribadi di propinsi DKI Jakarta

Pencemaran udara yang terjadi diakibatkan oleh adanya polutan pencemar di udara. Pencemar udara terdiri dari pencemar udara primer dan pencemar udara sekunder. Pencemar udara primer merupakan pencemar yang diemisikan langsung ke atmosfer. Sumber pencemarnya seperti cerobong industri, pipa pembuangan, atau tersuspensi dari angin yang terkontaminasi debu. Pencemar udara primer,

antara lain sulphur dioksida, oksida nitrogen, carbon monoksida, VOCs (*Volatile Organic Compounds*), partikulat karbon, dan partikulat primer non carbon. Sedangkan pembentukan *secondary pollutants* atau pencemar udara sekunder terjadi karena berbagai macam reaksi kimia pencemar primer di udara. Contoh pencemar udara sekunder, yaitu oksida nitrogen, partikulat sekunder, dan ozon.

Penyebaran dari pencemar udara tersebut tergantung dari faktor meteorologi di daerah tersebut. Faktor meteorologi yang penting dalam pencemaran udara, antara lain [7]:

- Pergerakan atmosfer secara horizontal
- Pergerakan vertikal dalam atmosfer
- Perubahan kerapatan udara
- Stabilitas atmosferik
- Tinggi pencampuran
- Kelembaban
- Angin: kecepatan dan arah
- Inversi temperatur

Beban pencemar adalah massa pencemar rata-rata yang diemisikan dari berbagai sumber dalam jangka waktu tertentu, misalnya dalam setahun (ton/tahun) [8]. Kuantifikasi beban pencemar dilakukan dalam proses inventori emisi. Proses inventori emisi perlu dilakukan secara teratur untuk mengetahui peningkatan atau penurunan kontribusi tiap sumber pencemar, adanya sumber pencemar baru atau adanya perubahan karakteristik sumber pencemar yang mempengaruhi besaran emisi yang dikeluarkan. Informasi perubahan besaran beban emisi diperlukan untuk mengevaluasi dampak dari suatu kebijakan pengelolaan pencemaran udara.

Sumber pencemar udara dapat berasal dari sumber alamiah maupun sumber antropogenik. Sumber alamiah merupakan sumber pencemar yang berasal dari alam, sedangkan sumber antropogenik, yaitu pencemar yang timbul berasal dari akibat perbuatan manusia. Sumber alamiah, yaitu gunung berapi, rawa, hutan pinus, sawah. Kegiatan manusia yang termasuk dalam sumber antropogenik adalah industri, transportasi, pabrik, konstruksi, pertambangan, dan kegiatan sehari-hari seperti memasak dan memfotokopi.

Pencemar udara dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, tergantung dari letak, pergerakan, asal usul, bentuk pencemar, dan lokasi sumber pencemar. Jenis pencemar udara, antara lain :

- Berdasarkan letaknya: dalam ruangan dan luar ruangan
Pencemar luar ruangan seperti transportasi dan kegiatan pabrik, misalnya cerobong asap. Untuk pencemar dalam ruangan, dapat berasal dari transportasi, aktivitas sehari-hari, seperti memasak, cat rumah, banjir, fotokopi, bahan kimia pembersih, dan radiasi microwave.
- Berdasarkan pergerakannya: bergerak dan tidak bergerak
- Berdasarkan asal usulnya: alamiah dan antropogenik
- Berdasarkan bentuk pencemarnya: gas dan partikulat
- Berdasarkan lokasi sumber pencemar: titik, garis, area

2.1.2 Pencemaran Udara Dalam Ruang (*Indoor Air Pollution*)

Sesuai dengan namanya, pencemaran udara dalam ruang merupakan pencemaran udara yang terjadi di dalam ruangan. Pencemaran udara dalam ruang ini menjadi sangat penting untuk diteliti karena sebagian besar waktu manusia dihabiskan di dalam ruangan. Rata-rata orang menghabiskan 70% waktunya di dalam ruangan tempat tinggalnya [9]. Polusi udara dalam ruang, baik dari sumber pencemar dalam atau luar ruangan, berkontribusi lebih banyak mengekspose manusia daripada lingkungan luar.

Sumber polutan udara dalam ruang pun sangat bervariasi, termasuk polutan kimia dan biologis. Belum lagi faktor lain yang mempengaruhi polusi dalam ruang, seperti lokasi sumber pencemar, sirkulasi udara antara lingkungan dalam dan luar ruangan, serta kebiasaan individu. Sehingga resiko kesehatan pun menjadi lebih besar. Pengukuran berkala mengindikasikan bahwa konsentrasi polutan di dalam rumah, polusi udara dalam ruang, dapat menjadi lebih besar daripada di luar ruangan [10].

Sumber utama dari polutan udara dalam ruang, antara lain [11] :

- Pembakaran bahan bakar fosil
- Rokok
- *Outdoor air pollutant*

- Emisi dari material konstruksi dan furnishing
- Ventilasi dan AC yang tidak terpelihara

Berikut ini merupakan daftar polutan dari sumber dalam ruangan :

Tabel 2.1. Sumber Polutan Dalam Ruangan

Polutan	Sumber Utama Dalam Ruangan
Partikulat kecil	Pembakaran bahan bakar/rokok, aktivitas pembersihan, memasak
Karbon monoksida	Pembakaran bahan bakar/rokok
Hidrokarbon aromatic polisiklik	Pembakaran bahan bakar/rokok, memasak
Nitrogen oksida	Pembakaran bahan bakar
Sulfur oksida	Pembakaran batu bara
Arsenik dan flourin	Pembakaran batu bara
<i>Volatile dan Semi-volatile organic compounds (VOCs)</i>	Pembakaran bahan bakar/rokok, produk rumah tangga, perlengkapan, material konstruksi, memasak
Aldehid	Perlengkapan, material konstruksi, memasak
Pestisida	Produk rumah tangga, debu dari luar ruangan
Asbestos	Perbaikan/pembongkaran material konstruksi
<i>Lead</i>	Perbaikan/pembongkaran material konstruksi
Polutan biologi	Material/perlengkapan uap, penghuni, udara luar ruangan, binatang peliharaan, bagian dari sistem pengatur iklim
Radon	Tanah di bawah gedung, material konstruksi
Radikal bebas dan ikatan reaktifitas tinggi	bahan kimia dalam ruangan

Sumber : Zhang dan Smith, 2001

Sedangkan untuk baku mutu atau standar yang digunakan sebagai batas maksimal konsentrasi polutan, sama dengan standar yang digunakan untuk

pencemaran udara pada umumnya. Standar emisi pencemar udara akan dibahas lebih dalam pada sub bab selanjutnya.

2.2 Emisi Kendaraan Bermotor

2.2.1 Zat-zat Emisi Kendaraan Bermotor

Dalam ruang parkir basement, ada banyak pencemar yang bisa terdapat di dalamnya. Sebagian besar tentunya merupakan gas-gas emisi kendaraan bermotor. Ada juga polutan dari sumber lain, seperti partikulat dan mikrobiologi. Namun, di dalam penelitian ini akan lebih difokuskan pada gas karbon monoksida (CO), nitrogen monoksida (NO), dan mikrobiologi.

- Karbon Monoksida (CO)

Asap kendaraan merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60% pencemaran udara di Jakarta disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang berbahan bakar solar terutama berasal dari Metromini [13]. Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel.

a. Sifat Fisik dan Kimia

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Senyawa CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu haemoglobin.

b. Sumber dan Distribusi

Karbon monoksida di lingkungan dapat terbentuk secara alamiah, tetapi sumber utamanya adalah dari kegiatan manusia. Karbon monoksida yang berasal dari alam termasuk dari lautan, oksidasi metal di atmosfer, pegunungan, kebakaran hutan dan badai listrik alam. Sumber CO buatan antara lain kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar bensin. Berdasarkan estimasi, jumlah

CO dari sumber buatan diperkirakan mendekati 60 juta ton per tahun. Separuh dari jumlah ini berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan sepertiganya berasal dari sumber tidak bergerak seperti pembakaran batubara dan minyak dari industri dan pembakaran sampah domestik. Paling tidak 90% dari CO di udara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor [13]. Selain itu asap rokok juga mengandung CO, sehingga para perokok dapat memajan dirinya sendiri dari asap rokok yang sedang dihisapnya. Sumber CO dari dalam ruang (indoor), yaitu termasuk dari tungku dapur rumah tangga dan tungku pemanas ruang [14].

Dalam beberapa penelitian ditemukan kadar CO yang cukup tinggi di dalam kendaraan sedan maupun bus. Kadar CO diperkotaan cukup bervariasi tergantung dari kepadatan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan umumnya ditemukan kadar maksimum CO yang bersamaan dengan jam-jam sibuk pada pagi dan malam hari.

Selain cuaca, variasi dari kadar CO juga dipengaruhi oleh topografi jalan dan bangunan disekitarnya. Pemajanan CO dari udara perlahan karena butuh waktu 4-12 jam untuk tercapainya keseimbangan antara kadar CO di udara dan HbCO dalam darah. Oleh karena itu kadar CO di dalam lingkungan, cenderung dinyatakan sebagai kadar rata-rata dalam 8 jam pemajanan. Data CO yang dinyatakan dalam rata-rata setiap 8 jam pengukuran sepanjang hari (moving 8 hour average concentration) adalah lebih baik dibandingkan dari data CO yang dinyatakan dalam rata-rata dari 3 kali pengukuran pada periode waktu 8 jam yang berbeda dalam sehari. Perhitungan tersebut akan lebih mendekati gambaran dari respons tubuh manusia terhadap keracunan CO dari udara.

Karbon monoksida yang bersumber dari dalam ruang (indoor) terutama berasal dari alat pemanas ruang yang menggunakan bahan bakar fosil dan tungku masak. Kadarnya akan lebih tinggi bila ruangan tempat alat tersebut bekerja, tidak memadai ventilasinya. Namun umumnya pemajanan yang berasal dari dalam ruangan kadarnya lebih kecil dibandingkan dari kadar CO hasil pemajanan asap rokok.

Beberapa Individu juga dapat terpajan oleh CO karena lingkungan kerjanya. Kelompok masyarakat yang paling terpajan oleh CO termasuk polisi

lalu lintas atau tukang pakir, pekerja bengkel mobil, petugas industri logam, industri bahan bakar bensin, industri gas kimia dan pemadam kebakaran. Pemaparan CO dari lingkungan kerja seperti yang tersebut diatas perlu mendapat perhatian. Misalnya kadar CO di bengkel kendaraan bermotor ditemukan mencapai setinggi 600 mg/m³ dan didalam darah para pekerja bengkel tersebut bisa mengandung HbCO sampai lima kali lebih tinggi dari kadar normal. Para petugas yang bekerja di jalan raya diketahui mengandung HbCO dengan kadar 4–7,6% (perokok) dan 1,4–3,8% (bukan perokok) selama sehari bekerja.

Sebaliknya kadar HbCO pada masyarakat umum jarang yang melampaui 1% walaupun studi yang dilakukan di 18 kota besar di Amerika Utara menunjukkan bahwa 45% dari masyarakat bukan perokok yang terpajan oleh CO udara, di dalam darahnya terkandung HbCO melampaui 1,5%. Perlu juga diketahui bahwa manusia sendiri dapat memproduksi CO akibat proses metabolismenya yang normal. Produksi CO didalam tubuh sendiri ini (endogenous) bisa sekitar 0,1+1% dari total HbCO dalam darah [15].

c. Dampak terhadap Kesehatan

Karakteristik biologik yang paling penting dari CO adalah kemampuannya untuk berikatan dengan haemoglobin, pigmen sel darah merah yang mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Sifat ini menghasilkan pembentukan karboksihemoglobin (HbCO) yang 200 kali lebih stabil dibandingkan oksihemoglobin (HbO₂). Penguraian HbCO yang relatif lambat menyebabkan terhambatnya kerja molekul sel pigmen tersebut dalam fungsinya membawa oksigen ke seluruh tubuh. Kondisi seperti ini bisa berakibat serius, bahkan fatal, karena dapat menyebabkan keracunan. Selain itu, metabolisme otot dan fungsi enzim intra-seluler juga dapat terganggu dengan adanya ikatan CO yang stabil tersebut. Dampak keracunan CO sangat berbahaya bagi orang yang telah menderita gangguan pada otot jantung atau sirkulasi darah perifer yang parah.

Dampak dari CO bervariasi tergantung dari status kesehatan seseorang pada saat terpajan. Pada beberapa orang yang berbadan gemuk dapat mentolerir pajanan CO sampai kadar HbCO dalam darahnya mencapai 40% dalam waktu singkat. Tetapi seseorang yang menderita sakit jantung atau paru-paru akan menjadi lebih parah apabila kadar HbCO dalam darahnya sebesar 5–10%.

Pengaruh CO kadar tinggi terhadap sistem syaraf pusat dan sistem kardiovaskular telah banyak diketahui. Namun respon dari masyarakat berbadan sehat terhadap pemajanan CO kadar rendah dan dalam jangka waktu panjang, masih sedikit diketahui. Beberapa studi yang dilakukan terhadap sejumlah sukarelawan berbadan sehat yang melakukan latihan berat (studi untuk melihat penyerapan oksigen maksimal) menunjukkan bahwa kesadaran hilang pada kadar HbCO 50% dengan latihan yang lebih ringan, kesadaran hilang pada HbCo 70% selama 5-60 menit. Gangguan tidak dirasakan pada HbCO 33%, tetapi denyut jantung meningkat cepat dan tidak proporsional. Studi dalam jangka waktu yang lebih panjang terhadap pekerja yang bekerja selama 4 jam dengan kadar HbCO 5-6% menunjukkan pengaruh yang serupa terhadap denyut jantung, tetapi agak berbeda [16].

Kadar CO yang tinggi dapat menyebabkan perubahan tekanan darah, meningkatkan denyut jantung, ritme jantung menjadi abnormal gagal jantung, dan kerusakan pembuluh darah perifer, tidak banyak didapatkan data tentang pengaruh pemajanan CO kadar rendah terhadap sistim kardiovaskular. Namun tidak cukup bukti yang menyatakan bahwa karbon monoksida menyebabkan penyakit jantung atau paru-paru, tetapi jelas bahwa CO mampu untuk mengganggu transpor oksigen ke seluruh tubuh yang dapat berakibat serius pada seseorang yang telah menderita sakit jantung atau paru-paru. Dada terasa sakit pada saat melakukan gerakan fisik, terlihat jelas akan timbul pada pasien yang terpajan CO dengan kadar 60 mg/m³, yang menghasilkan kadar HbCO mendekati 5%.

Karbon monoksida yang meningkat di berbagai perkotaan dapat mengakibatkan turunnya berat janin dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak. Wanita hamil dan janin yang dikandungnya akan menghasilkan CO dari dalam tubuh (endogenous) dengan kadar yang lebih tinggi. Namun pajanan tambahan dari luar dapat mengurangi fungsi oksigenasi jaringan dan plasental, yang menyebabkan bayi dengan berat badan rendah.

- Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida berasal dari proses pembakaran dengan polutan utama NO₂. NO_x terbentuk atas tiga fungsi yaitu Suhu (T), Waktu Reaksi (t), dan konsentrasi Oksigen (O₂), NO_x = f (T, t, O₂). Secara teoritis ada 3 teori yang mengemukakan terbentuknya NO_x, yaitu [17]:

- Thermal NO_x (Extended Zeldovich Mechanism)

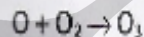
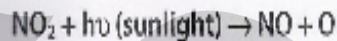
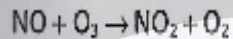
Proses ini disebabkan gas nitrogen yang beroksidasi pada suhu tinggi pada ruang bakar (>1800 K). Thermal NO_x ini didominasi oleh emisi NO (NO_x = NO + NO₂).

- Prompt NO_x

Formasi NO_x ini akan terbentuk cepat pada zona pembakaran.

- Fuel NO_x. NO_x formasi ini terbentuk karena kandungan N dalam bahan bakar

Contoh reaksi yang terjadi di daerah rural/pedesaan:



Persyaratan berlangsungnya reaksi antara lain :

- Terjadi pada siang hari
- Di daerah rural
- Terdapat cukup konsentrasi Ozon

a. Sifat Fisika dan Kimia

Oksida Nitrogen (NO_x) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Nitrogen monoksida terdapat di udara dalam jumlah lebih besar daripada NO₂. Pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk

NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO_2 . Udara terdiri dari 80% volume nitrogen dan 20% volume oksigen. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan nitrogen dan oksigen untuk bereaksi satu sama lainnya. Pada suhu yang lebih tinggi (diatas 1210°C) keduanya dapat bereaksi membentuk NO dalam jumlah banyak sehingga mengakibatkan pencemaran udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai $1210\text{-}1765^\circ\text{C}$. Oleh karena itu, reaksi ini merupakan sumber NO yang penting. Jadi reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dari proses pembakaran.

b. Sumber dan Distribusi

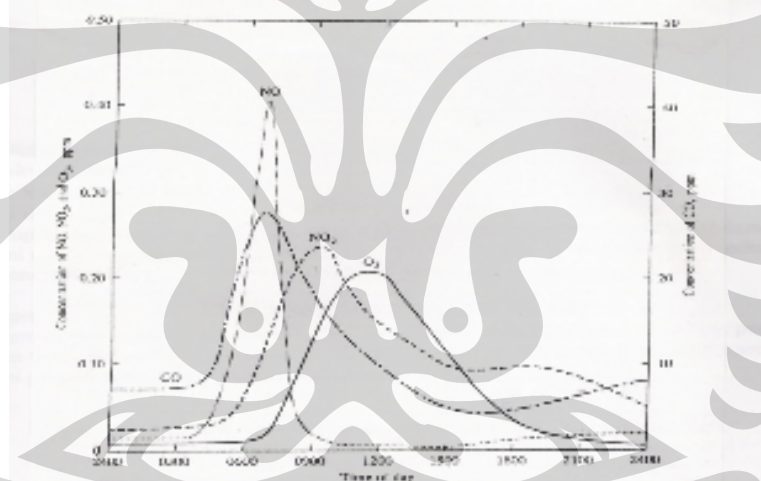
Dari seluruh jumlah oksigen nitrogen (NO_x) yang dibebaskan ke udara, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Akan tetapi pencemaran NO dari sumber alami ini tidak merupakan masalah karena tersebar secara merata sehingga jumlahnya menjadi kecil. Sedangkan yang menjadi masalah adalah pencemaran NO yang diproduksi oleh kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat pada tempat-tempat tertentu. Kadar NO_x di udara perkotaan biasanya 10–100 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Kadar NO_x di udara perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). Seperti halnya CO, emisi NO_x dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran. Kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x buatan manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas, dan bensin.

Kadar NO_x di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor. Perubahan kadar NO_x berlangsung sebagai berikut [18]:

- a) Sebelum matahari terbit, kadar NO dan NO_2 tetap stabil dengan kadar sedikit lebih tinggi dari kadar minimum sehari-hari.
- b) Setelah aktifitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu kendaraan bermotor. Kadar NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm.

- c) Dengan terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultra violet kadar NO_2 (sekunder) kadar NO_2 pada saat ini dapat mencapai 0,5 ppm.
- d) Kadar ozon meningkat dengan menurunnya kadar NO sampai 0,1 ppm.
- e) Jika intensitas sinar matahari menurun pada sore hari (jam 5-8 malam) kadar NO meningkat kembali.
- f) Energi matahari tidak mengubah NO menjadi NO_2 (melalui reaksi hidrokarbon) tetapi O_3 yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO. Akibatnya terjadi kenaikan kadar NO_2 dan penurunan kadar O_3 .
- g) Produk akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garam-garam nitrat di dalam air hujan atau debu.

Penjelasan di atas dapat digambarkan melalui grafik di bawah. Grafik tersebut juga akan menunjukkan hubungan antara NO, NO_2 , CO, dan O_3 terkait dengan waktu pembentukan yang menghasilkan konsentrasi maksimum.



Gambar 2.1. Grafik Perubahan Konsentrasi Harian Polutan Udara

Sumber : WHO, 2006

c. Dampak Kesehatan

Oksida nitrogen seperti NO dan NO_2 berbahaya bagi manusia. Penelitian menunjukkan bahwa NO_2 empat kali lebih beracun daripada NO. Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Di udara ambient yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO_2 yang bersifat racun. NO_2 bersifat racun terutama terhadap paru-paru. Kadar NO_2 yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan.

90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru-paru (edema pulmonari). Kadar NO_2 sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian pada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemajanan NO_2 dengan kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernafas [19].

- Mikrobiologi

Mikrobiologi yang dapat mencemari udara terdiri dari jenis bakteri dan jamur. Mikrobiologi itu dapat berasal dari dalam ruangan itu sendiri atau infiltrasi luar ke dalam ruangan. Bentuk yang biasanya berpindah dari outdoor ke indoor, yaitu spora, potongan mycellium, sel. Bakteri yang biasanya sebagai pencemar dalam ruang adalah jenis tuberculosis dan legionella. Jamur yang terdapat sebagai pencemar dalam ruang adalah:

1. Ascomycetes
2. Basidiomycetes
3. Zygomycetes

Mikrobiologi perlu didukung oleh beberapa faktor untuk dapat tumbuh dan bertahan hidup. Faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikrobiologi, antara lain [20]:

- Abiotik : air, temperatur, sumber makanan (misalnya karbon, nitrogen, sulphur, vitamin), pH, cahaya, karbon dioksida, dan tekanan oksigen
- Biotik: interaksi antara mo seperti parasitisma, komensalisme

Jika dilihat dari faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikrobiologi di atas, maka dapat disimpulkan bahwa tempat hidup mikroorganisme merupakan tempat dengan kelembaban tinggi. Sumber kelembaban dapat berasal dari *wetting accident*, seperti banjir, kebocoran pada perpipaan, hujan, penyemprotan akibat kebakaran. Kelembaban juga dapat terjadi dari permasalahan kelembaban yang berlanjut.

Untuk jamur, sebenarnya semua jenis jamur adalah heterotropic. Jamur dapat tumbuh di hampir semua media selama persyaratan tumbuhnya terpenuhi. Media yang paling disukai adalah media dengan kandungan organik yang biasa

terdapat di alam. Kandungan organik tersebut yang akan berfungsi sebagai makanan bagi jamur tersebut.

Selain kelembaban dan ketersediaan makanan, hal lain yang harus diperhatikan yaitu material bangunan. Mikrobiologi, khususnya jamur dapat tumbuh lebih mudah pada material yang mengandung selulosa, misalnya adalah kayu. Kayu yang lembab menjadi tempat hidup yang nyaman bagi jamur.

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dalam ruangan, yaitu [21]:

1. Mengurangi faktor yang dapat mendorong pertumbuhan jamur
2. Pemilihan material bangunan
3. Mengubah faktor lingkungan sehingga jamur tidak dapat tumbuh, misal dengan:
 - i. Cuka
 - ii. Chlorox

2.2.2 Standar Emisi Kendaraan Bermotor

Untuk menetapkan standar emisi kendaraan bermotor dapat mengacu pada dua jenis peraturan yang ada di Indonesia. Peraturan tersebut yaitu KepMenLH No.45 Tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara atau Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Keduanya terdapat standar pencemar udara yang dapat dijadikan sebagai patokan.

Menurut KepMenLH No.45 Tahun 1997, 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. Nilai ISPU ini bermanfaat untuk mengetahui kecenderungan/perubahan kualitas udara dari tahun ke tahun, terutama untuk melakukan evaluasi dampak suatu kebijakan terhadap kualitas udara, sehingga akan lebih baik bila diperoleh data dari beberapa tahun. Pencemar dengan nilai indeks tertinggi disebut sebagai parameter kritis.

Tabel 2.2. Asosiasi antara efek pencemar secara umum dengan Kategori ISPU

Kategori dan Warna	Skala	Efek
Baik	0-50	Tidak ada efek bagi kesehatan dan pada lingkungan
Sedang	51-100	Tidak ada efek kesehatan tapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif
Tidak Sehat	101-199	Merugikan manusia dan hewan yang sensitif dan kerusakan pada tumbuhan dan nilai estetika
Sangat Tidak Sehat	200-299	Tingkat kualitas yang merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	>300	Secara umum berbahaya dan merugikan kesehatan yang serius pada populasi

Sumber: KepMen LH No.Kep-45/MENLH/10/1997

Tabel 2.3. Sumber dan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang

Pencemar	Sumber	Keterangan
Karbon monoksida (CO)	Buangan kendaraan bermotor; beberapa proses industri	Standar kesehatan: 10 mg/m ³ (9 ppm)
Sulfur dioksida (SO ₂)	Panas dan fasilitas pembangkit listrik	Standar kesehatan: 80 ug/m ³ (0.03 ppm)
Partikulat Matter	Buangan kendaraan bermotor; beberapa proses industri	Standar kesehatan: 50 ug/m ³ selama 1 tahun; 150 ug/m ³
Nitrogen dioksida (NO ₂)	Buangan kendaraan bermotor; panas dan fasilitas	Standar kesehatan: 100 pg/m ³ (0.05 ppm) selama 1 jam
Ozon (O ₃)	Terbentuk di atmosfer	Standar kesehatan: 235 ug/m ³ (0.12 ppm) selama 1

		jam
--	--	-----

Sumber: Bapedal, 2002

Sedangkan pada Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 memuat tentang definisi dari pencemaran udara, dan hal-hal yang terkait dengan pencemaran udara. Kemudian dibahas mengenai langkah-langkah perlindungan mutu udara, yang meliputi baku mutu udara ambien, status mutu udara ambien, baku mutu emisi dan ambang batas, tingkat gangguan, indeks standar pencemar. Setelah perlindungan, yaitu pengendalian terhadap pencemaran udara yang meliputi pencegahan pencemaran udara dan pemulihan akibat pencemaran udara.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999, udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur Lingkungan hidup lainnya. Sedangkan baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Baku mutu udara ambien yang terdapat dalam Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4. Baku Mutu Kualitas Udara Nasional

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂	1 jam 24 jam 1 tahun	900 µg/Nm ² 365 µg/Nm ² 60 µg/Nm ²	Pararosalin	Spektrofotometer
2	CO	1 jam 24 jam 1 tahun	30.000 µg/Nm ² 10.000 µg/Nm ²	Spektometri	NDIR Analyser
3	NO ₂	1 jam 24 jam 1 tahun	400 µg/Nm ² 150 µg/Nm ² 100 µg/Nm ²	Pembentukan kompleks dengan pereaksi Saltzman	Spektrofotometer
4	PM ₁₀ PM _{2,5}	24 jam 24 jam 1 tahun	150 µg/Nm ² 65 µg/Nm ² 15 µg/Nm ²	Gravimetri Gravimetri	HI volume High volume sampler
5	TSP	24 jam	230 µg/Nm ²	Gravimetri	High volume

	1 tahun	90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^2$	sampler
--	---------	------------------------------	---------

Sumber : PP No. 41 Tahun 1999

2.3 Standar Desain Parkir Basement

Dalam mendesain sebuah parkir basement, sebenarnya tidak ada sebuah ketentuan teknis yang khusus mengaturnya. Peraturan yang menyebutkan tentang parkir basement pun tidak membahas tentang parkir basement secara khusus. Standar kualitas udara yang terdapat dalam parkir basement sama dengan standar kualitas udara dalam ruang pada umumnya. Ambang batas pencemar udara yang digunakan juga sama dengan ambang batas pencemar udara secara keseluruhan. Berikut ini akan dijelaskan peraturan yang membahas sedikit tentang parkir basement.

2.3.1 Peraturan Parkir Basement

Seperti yang disebutkan di atas, peraturan yang membahas mengenai parkir basement, tidak membahas tentang ketentuan teknis parkir basement secara mendetail. Akan tetapi, ketentuan mengenai parkir basement tersebut dapat ditemukan pada Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No.7 tahun 1991 tentang Bangunan Dalam Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Dalam Perda tersebut, parkir basement disebutkan pada pasal 114, pasal 124-127, dan pasal 193. Isi dari pasal-pasal tersebut akan dibahas di sub bab selanjutnya.

2.3.2 Ketentuan Umum Parkir Basement

Secara umum, perencanaan tempat parkir harus dengan sirkulasi yang tidak mengganggu kelancaran lalu lintas umum. Pada perencanaan bangunan, penyediaan fasilitas parkir dapat diterapkan pada :

Bagian halaman/pelataran di dalam daerah perencanaan.

Bangunan (sebagian bangunan utama, bangunan khusus parkir dan atau basement).

Standar jumlah parkir yang wajib disediakan dapat diuraikan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.5. Standar Jumlah Parkir

NO.	PENGGUNAAN	TINGKAT HUNIAN	STANDAR PARKIR 1(SATU) MOBIL
1	Perkantoran	-	Setiap 100 m ² lt. bruto
2	Jasa Perdagangan/Toko	-	Setiap 60 m ² lt. bruto
3	Bioskop	Kls A-I	Setiap 7 kursi
		Kls A-II	Setiap 10 kursi
		Kls A-III	Setiap 15 kursi
4	Hotel	Kls I (btg 4-5)	Setiap 5 unit kamar
		Kls II (Btg 2-3)	Setiap 7 unit kamar
		Kls III (Btg 1 ke bawah)	Setiap 10 unit kamar
5	Restoran/Hiburan	Kls I	Setiap 10 m ² lt. bruto
		Kls II	Setiap 20 m ² lt. bruto
6	Pasar	Tingkat Kota	Setiap 100 m ² lt. bruto
		Tk Wilayah	Setiap 200 m ² lt. bruto
		Tk Lingkungan	Setiap 300 m ² lt. bruto
7	Gedung Pertemuan/Konvensi	Padat	Setiap 4 m ² lt. bruto
		Non Padat	Setiap 10 m ² lt. bruto
8	Bangunan Olah Raga	-	Setiap 15 penonton/kursi
9	Rumah Sakit	VIP	Setiap 1 tempat tidur
		Kls I	Setiap 5 tempat tidur
		Kls II	Setiap 10 tempat tidur
10	Perguruan Tinggi	-	Setiap 200 m ² lt. bruto
11	Sekolah (kecuali Inpres dan daerah MHT)	-	Setiap 100 m ² lt. bruto

Catatan :

- Luas lantai bruto termasuk toilet, gudang dan sebagainya.
- Untuk Pasar, masing-masing ditambah minimum 3 parkir pick-up.

Sumber : Dinas Tata Kota DKI Jakarta

Sedangkan menurut Perda Jakarta No.7 tahun 1991 pasal 114, setiap ruang bawah tanah (basement) harus dilengkapi dengan minimal dua buah tangga yang menuju ke tingkat permukaan tanah dan apabila ruang tersebut dipakai untuk

umum, maka satu diantaranya harus langsung berhubungan dengan jalan, pekarangan atau lapangan terbuka. Setiap lapangan terbuka tersebut harus langsung menuju jalan umum atau jalan keluar dan dilengkapi dengan penunjuk jalan yang jelas. Hal ini dimaksudkan agar basement memiliki akses keluar darurat jika terjadi bahaya.

2.3.3 Ketentuan Teknis Parkir Basement

Penempatan fasilitas parkir di dalam bangunan (baik pada sebagian bangunan utama, gedung khusus parkir maupun basement) lebih ketat ketentuan-ketentuannya, di mana ketentuan-ketentuan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut [22] :

- Tinggi maksimal ruang bebas struktur (head room) untuk ruang parkir ditentukan 2,25 m.
- Setiap lantai parkir harus memiliki sarana transportasi dan/atau sirkulasi vertikal untuk orang dengan ketentuan bahwa tangga spiral dilarang digunakan. Radius pelayanan tangga tersebut 25 meter untuk yang tidak dilengkapi sprinkler dan/atau 40 meter untuk ruang dilengkapi sprinkler.
- Pada setiap lantai sebagai ruang parkir, bila luas lantainya mencapai 500 m² atau lebih harus dilengkapi ramp naik dan turun minimum masing-masing 2 unit.
- Lebar ramp lurus 1 (satu) arah minimum 3,00 m dan untuk 2 (dua) arah harus ada pemisah minimum selebar 50 cm sehingga lebar minimum (3,00 + 0,50 + 3,00) m.
- Ramp spiral 2 (dua) arah ditentukan jari-jari terpendek 4 m dengan lebar ramp minimum 3,50 m setiap arah serta ada pemisah selebar 50 cm, sehingga lebar minimum (3,50 + 0,50 + 3,50) m. Bagi bangunan parkir yang menggunakan ramp spiral, maka ketinggian bangunan tersebut tidak boleh melebihi 5 (lima) lapis.
- Kemiringan ramp lurus ditentukan maksimum 1 banding 5 atau 12 derajat dengan ruang bebas struktur di kanan dan kiri selebar 60 cm.
- Ramp di luar bangunan minimum berjarak 60 cm dari pagar/batas daerah perencanaan. Ramp di luar bangunan minimum berjarak 3,00 m dari GSI.

- Pada setiap lantai untuk ruang parkir bila dapat menampung lebih dari 20 kendaraan harus disediakan ruang tunggu/kantin supir.
- Perencanaan luas bangunan basement dan/atau substruktur harus sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi batasan KDH yang ditetapkan.
- Bangunan basement wajib memenuhi ketentuan jarak bangunan minimum 3 (tiga) meter dengan GSJ (Garis Sempadan Jalan) dan atau pagar/batas daerah perencanaan.

Sedangkan ketentuan untuk tata letak dan dimensi parkir, adalah sebagai berikut [23] :

- Ukuran unit parkir 1 (satu) mobil (sedan/van) ditentukan minimum lebar 2,30 m dan panjang 4,50 m pada posisi tegak lurus, khusus untuk parkir sejajar ditentukan minimum lebar 2,30 m dan panjang 6,0 m. Ratio parkir di dalam bangunan 25 m²/mobil.
- Apabila pada salah satu ujung jalan pada tempat parkir tersebut buntu, maka harus disediakan ruang manuver agar kendaraan dapat parkir dan keluar kembali dengan mudah.
- Apabila disediakan pedestrian pada posisi parkir tegak lurus/menyudut, maka lebar pedestrian ditentukan minimum 1,50 m.

Di dalam beberapa pasal pada Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No.7 tahun 1991 tentang Bangunan Dalam Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta, terdapat ketentuan fisik tentang parkir. Berikut ini akan dirangkum ketentuan parkir yang terdapat dalam pasal-pasal tersebut, yaitu [24]:

- Bangunan parkir yang menggunakan ramp spiral, diperkenankan maksimal 5 lantai dan/atau kapasitas penampungan sebanyak 500-600 mobil, kecuali apabila menggunakan ramp lurus.
- Luas parkir bruto minimal 25 m²/mobil dan tinggi minimal ruang bebas struktur (*headroom*) adalah 2,25 m.
- Setiap lantai ruang parkir harus memiliki sarana transportasi dan sirkulasi vertikal untuk orang.
- Bangunan parkir harus disediakan sarana penyelamatan terhadap bahaya kebakaran.

- Kemiringan ramp lurus bagi jalan kendaraan pada bangunan parkir maksimal 1 berbanding 7. Pada ramp lurus jalan satu arah pada bangunan parkir, lebar jalan minimal 3 m dengan ruang bebas struktur di kanan kiri minimal 60 cm.
- Pada ramp melingkar jalan satu arah, lebar jalan minimal 3,65 m dan jalan dua arah, lebar jalan minimal 7 m dengan pembatasan jalan lebar 50 cm, tinggi minimal 10 cm. Jari-jari tengah ramp melingkar minimal 9 m dihitung dari as jalan terdekat. Setiap jalan pada ramp melingkar harus mempunyai ruang bebas 60 cm terhadap struktur bangunan.
- Bangunan atau ruang parkir tertutup harus dilengkapi sistem ventilasi mekanis untuk membuang udara kotor dari dalam, dan minimal 50% volume udara ruang harus diambil pada ketinggian maksimal 0,60 m di atas lantai.

2.4 Sistem Ventilasi

Sebuah bangunan membutuhkan adanya sistem ventilasi untuk mengatur sirkulasi udara yang terjadi di dalamnya. Baik buruknya sistem ventilasi yang terdapat dalam gedung, turut menentukan baik buruknya kualitas udara dalam gedung tersebut. Setiap sistem dan teknik ventilasi memiliki keuntungan atau kelebihan, kekurangan, dan aplikasinya masing-masing. Terkadang, pilihan untuk menentukan sistem ventilasi yang digunakan tergantung dari kondisi iklim dan tipe bangunan.

Sistem ventilasi terdiri dari dua jenis, yaitu ventilasi alami dan ventilasi mekanik. Selanjutnya akan dijelaskan lebih lanjut mengenai kedua jenis sistem ventilasi tersebut. Ada beberapa faktor yang digunakan untuk menentukan sistem ventilasi yang dipilih, seperti kebutuhan kualitas udara dalam ruangan, beban pemanasan atau pendinginan, iklim di luar ruangan, biaya, dan keinginan desain. Namun, sistem yang dipilih harus tetap memenuhi kriteria desain.

2.4.1 Ventilasi Alami

Ventilasi alami adalah ventilasi yang menggunakan kekuatan angin dari udara luar. Ventilasi dapat terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara. Udara dapat mengalir dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan

rendah atau dari tempat yang suhunya rendah ke tempat yang suhunya lebih tinggi.

Ventilasi alami cocok bagi bangunan yang berlokasi di daerah dengan pedesaan, jauh dari pertengahan kota. Ventilasi alami dioperasikan dengan model pencampuran dan dilusi polutan jika kontrol aliran tidak cukup untuk menerima perpindahan aliran. Ventilasi alami biasanya digunakan pada tempat-tempat berikut :

- pemukiman bertingkat rendah
- kantor berukuran kecil hingga sedang
- sekolah
- gedung rekreasi
- sarana umum
- gudang

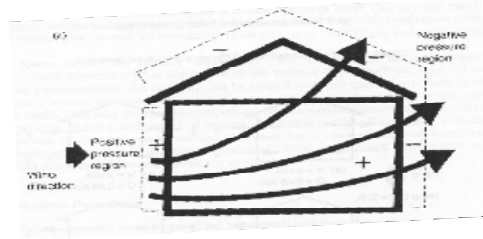
Variasi dari bentuk ventilasi alami tergantung dari laju dan arah angin serta perbedaan suhu di dalam dan luar ruangan. Sehingga solusi desain yang dapat dikembangkan berdasarkan pada fleksibilitas dalam suhu udara dalam ruang, laju aliran udara, dan laju ventilasi yang dapat diakomodasi. Ventilasi alami diatur oleh angin dan tekanan suhu.

- Ventilasi Silang

Ventilasi silang terjadi dalam ruang dimana angin yang masuk ke dalam ruangan dapat keluar kembali melalui lubang udara yang berbeda pada sisi lain ruangan. Sistem ventilasi silang sangat baik, karena :

- Dapat membuang polutan-polutan dalam ruang karena polutan yang ada dalam ruang akan terdorong ke luar ruangan.
- Dapat mendinginkan ruangan secara pasif (*passive cooling*)
- Dapat mengurangi kelembaban dalam ruangan.

Jarak yang dapat ditempuh angin untuk dapat melakukan ventilasi silang pada sebuah ruangan paling tidak 5 kali lebar bangunan. Semakin pipih maka aliran angin akan semakin kencang sehingga angin dapat menempuh jarak yang lebih jauh. Sebaliknya jika ruangan tersebut terlalu lebar, maka angin akan sulit untuk melakukan ventilasi silang.



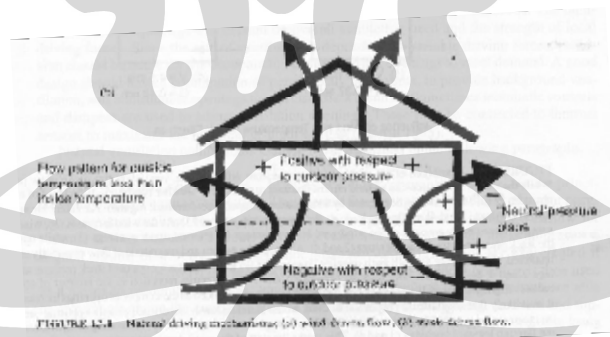
Gambar 2.2. Ventilasi Silang

Sumber : Spengler, 2001

- ventilasi satu sisi

Terkadang pada ruang tertentu ventilasi silang tidak dapat terjadi, maka yang terjadi adalah ventilasi satu sisi. Dibandingkan dengan ventilasi silang, sistem ventilasi ini kurang baik dan banyak kelemahannya diantaranya adalah :

- Aliran udara tidak dapat menjangkau bagian dalam ruang secara optimal (kecepatannya akan melemah) sehingga polutan yang ada dalam ruang tidak dapat terbuang secara optimal, tetapi hanya bagian yang dekat dengan lubang ventilasi saja.
- Suhu dan kelembaban dalam ruang tidak dapat didinginkan secara optimal karena aliran udara tidak mencapai bagian dalam ruang.



Gambar 2.3. Ventilasi Satu Sisi

Sumber : Spengler, 2001

Ventilasi alami memiliki banyak keuntungan, antara lain adalah :

1. Memerlukan biaya yang tidak mahal jika dibandingkan dengan ventilasi mekanik.
2. Tidak memaparkan polutan-polutan dari alat-alat mekanik.
3. Tidak membutuhkan peralatan-peralatan mekanik tertentu.

4. Pemeliharaannya sederhana

Namun demikian, terdapat kekurangan dari ventilasi alami, antara lain :

- Aliran udara segar untuk ruang-ruang yang terlalu dalam atau terlalu melebar biasanya tidak mungkin terjadi
- Beberapa desain untuk ventilasi biasanya memerlukan pengamanan
- Sistem ventilasi ini kurang cocok untuk daerah bising, beriklim buruk, dan berpolusi.
- Dapat menjadi sarana untuk masuknya mikroba ke dalam ruangan.

2.4.2 Ventilasi Mekanik

Ventilasi mekanik adalah aliran udara buatan dengan bantuan mesin untuk memasok udara ke dalam ruang, atau menghisap udara yang tidak diharapkan dari ruangan. Ventilasi mekanik dibuat pada lokasi yang tidak memungkinkan dibuat ventilasi alami. Keuntungan dari sistem ventilasi ini yaitu bahwa sistem ventilasi mekanik tidak terpengaruh oleh iklim yang ada. Arah ventilasi dapat diatur sesuai dengan keinginan dan dapat dilakukan penghisapan polutan pada ruang tertentu dan membuangnya keluar.

Ventilasi mekanik terdiri dari komponen sebagai berikut :

1. Fan / kipas. Merupakan alat untuk membuat aliran udara buatan dalam ruang.
2. Saluran/ducting. Merupakan saluran untuk menyalurkan udara yang berasal dari pendingin. Biasanya diberikan semacam isolator agar udara dingin di dalam ducting tidak terpengaruh dengan kondisi udara luar.
3. Penghembus/blower. Berfungsi untuk mengalirkan udara luar ke dalam ruangan.
4. Penghisap/exhaust fan. Berfungsi untuk menghisap udara yang tidak diinginkan dari dalam ruang dan membuangnya keluar.
5. Peredam suara. Berfungsi untuk meredam suara yang timbul dari peralatan ventilasi mekanik ini.

Terdapat tiga jenis sistem ventilasi mekanik yang ada, yaitu :

1. Ventilasi penghisap mekanik

Sistem ventilasi ini menggunakan alat penghisap mekanik sejenis exhaust fan untuk menghisap udara yang tidak diinginkan dari dalam ruang dan

membuangnya keluar. Ventilasi penghisap mekanik dapat dibagi menjadi dua, yaitu ventilasi penghisap local dan ventilasi penghisap sentral. Ventilasi penghisap local ditempatkan pada ruang tertentu sedangkan ventilasi penghisap sentral biasanya gabungan dari beberapa ruang.

Keuntungan dari sistem ini adalah kita dapat mengatur lokasi penghisapan tepat pada ruang yang terkontaminasi udara kotor dan mencegah penyebarannya ke ruang-ruang lain. Namun kerugian dari sistem ini adalah biaya yang diperlukan cukup besar karena memerlukan listrik dan perawatan yang teratur.

2. Ventilasi penghembus mekanik

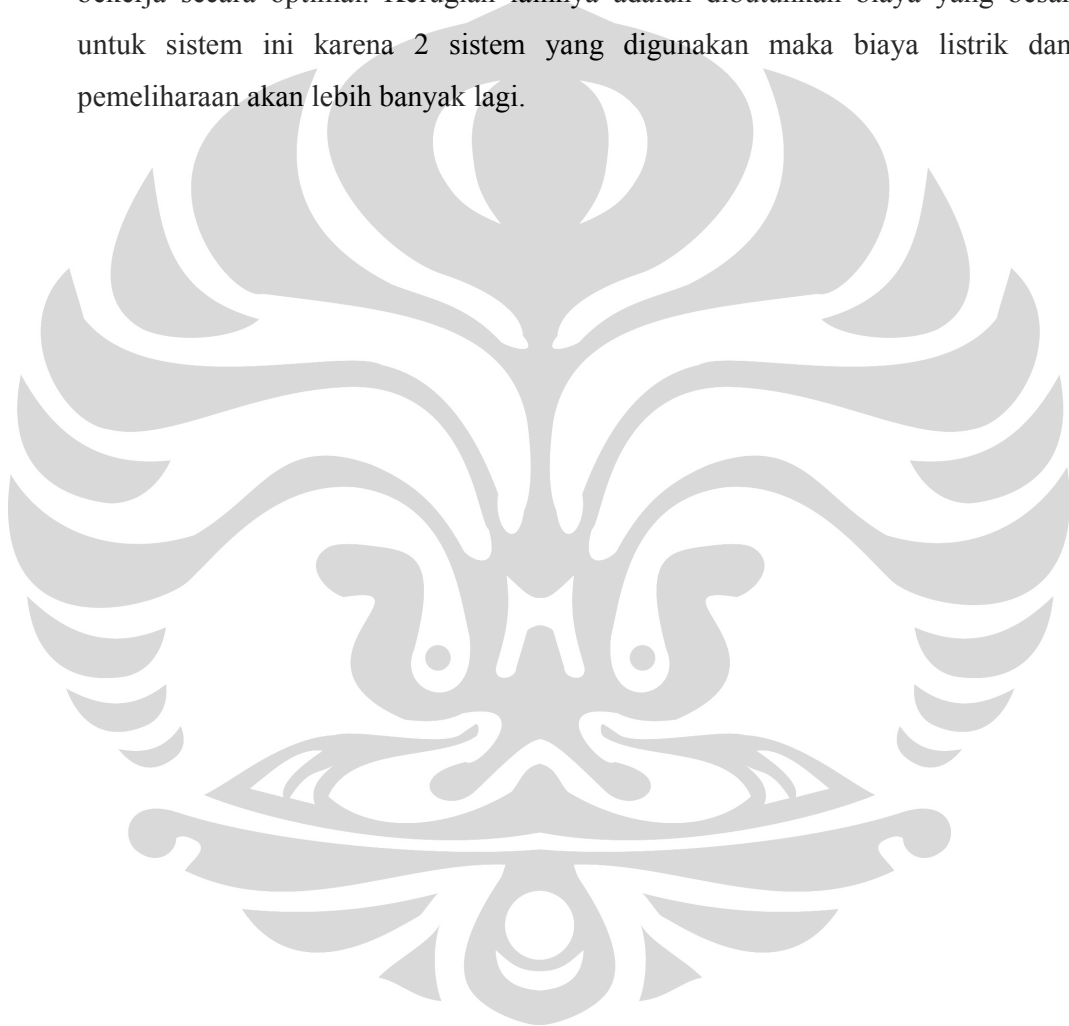
Sistem ini menggunakan alat yang dapat menghembuskan udara luar ke dalam ruangan sehingga menimbulkan tekanan udara pada ruang tersebut. Akibatnya, udara yang berada dalam ruang dapat keluar dan berganti dengan udara baru yang berasal dari luar. Namun, karena udara luar dapat mengandung polutan-polutan, maka sebelum dihembuskan ke dalam basemen, diperlukan filter untuk menyaring polutan yang ada.

Kelebihan yang didapatkan dari sistem ini adalah udara dari luar yang dapat dikondisikan terlebih dahulu dan kemudian dihembuskan ke dalam basemen. Dengan demikian, aliran udara dalam ruang menjadi lebih baik dan polutan dalam basemen dapat dibuang ke luar. Kerugian dari sistem ini adalah akan terjadi masalah jika alat ini rusak atau jika bangunan berada pada lingkungan yang berpolusi. Hal ini menyebabkan penghilangan polusi pada sumbernya tidak langsung dapat dilakukan.

3. Ventilasi mekanik gabungan yang seimbang

Sistem ventilasi ini merupakan gabungan dari kedua sistem ventilasi sebelumnya. Pada prinsipnya sistem ventilasi ini memasukkan udara luar dengan menggunakan penghembus mekanik ke dalam ruangan sehingga udara segar bercampur dengan udara ruangan dan kemudian udara ruangan yang telah bercampur tersebut dihisap oleh alat penghisap mekanik untuk kemudian dibuang keluar.

Cara ini merupakan cara yang sangat baik karena dengan cara ini udara yang masuk melalui penghembus mekanik dapat disaring terlebih dahulu. Hal ini dapat menjaga udara dalam ruang tetap bersih dan panas dalam ruang dapat diturunkan. Aliran udara dalam ruang tetap ada, sehingga konsentrasi polutan dalam ruang dapat dikurangi. Ada beberapa kerugian menggunakan sistem ini, antara lain adalah bangunan harus benar-benar tertutup agar sistem ini dapat bekerja secara optimal. Kerugian lainnya adalah dibutuhkan biaya yang besar untuk sistem ini karena 2 sistem yang digunakan maka biaya listrik dan pemeliharaan akan lebih banyak lagi.



BAB 3

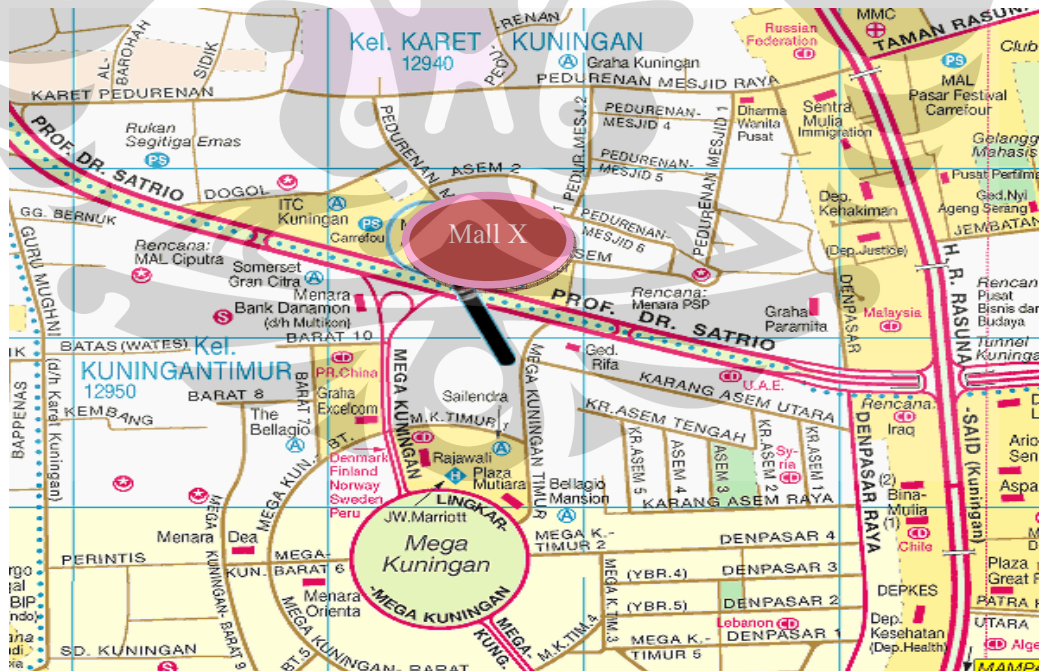
GAMBARAN UMUM MALL X

3.1 Pendahuluan

Pada bab 3 ini akan berisi tentang informasi mengenai deskripsi parkir basement dalam Mall X. Informasi tersebut terdiri dari: gambaran umum mall X, data umum, data teknis, dan petugas yang terdapat dalam parkir basement Mall X.

3.2 Gambaran Umum Mall X

Mall X yang didirikan pada tahun 1996 merupakan salah satu mall berukuran cukup besar yang terdapat di daerah Kuningan, Jakarta. Letaknya yang strategis, yaitu terdapat di daerah perkantoran dan apartemen, maka membuat mall ini selalu ramai dikunjungi setiap harinya. Jalan di depan Mall X merupakan salah satu jalan utama di kawasan Kuningan, sehingga seringkali terjadi kemacetan, terutama pada jam berangkat kerja, pulang kerja, dan makan siang. Berikut ini merupakan gambar yang menunjukkan posisi dari Mall X.



Gambar 3.1 Letak Mall X

Sumber : Peta Jakarta, 2004

Mall X memiliki luas lahan sebesar 12.850 m² dengan luas lantai dasar bangunan sebesar 5.117,5 m² dan luas seluruh lantai bangunan sebesar 56.123 m². Koefisien dasar bangunan yang dimiliki Mall X adalah 39,82%, sedangkan koefisien lantai bangunan 4,366%. Mall X terdiri dari 10 lantai, dengan rincian sebagai berikut:

1. 2 lantai basement, yang digunakan sebagai ruang parkir bawah tanah
2. 1 lantai semi basement, yang sebagian digunakan sebagai parkir bawah tanah dan sebagian lagi merupakan daerah pertokoan
3. 6 lantai (lantai dasar sampai lantai 5), merupakan daerah pertokoan
4. 1 lantai podium, yang berisi ruang perawatan dan kolam renang

Sama seperti mall lain pada umumnya, Mall X merupakan sebuah pusat perbelanjaan, sehingga terdapat berbagai jenis ruko dan pertokoan di dalamnya. Mall ini dipenuhi oleh berbagai kios, yang digunakan sebagai pertokoan, yaitu 19 ruko di lantai dasar bagian depan dan banyak kios di seluruh mall, dengan ukuran yang bervariasi.

Untuk lahan parkir sendiri, Mall X memiliki parkir luar dan parkir basement. Dimana parkir luar diperuntukkan bagi kendaraan beroda dua atau motor. Sedangkan parkir basement seluruhnya diperuntukkan bagi kendaraan beroda empat, seperti mobil pribadi, taksi, bus, dan sebagainya. Untuk data lebih lengkapnya mengenai parkir basement akan dibahas pada subbab selanjutnya.

3.3 Parkir Basement Mall X

3.3.1 Data Umum Parkir Basement

Area parkir basement pada Mall X terdiri dari tiga lantai, yaitu lantai semibasement, basement 1, dan basement 2. Pembagian luas dari lahan parkir basement tersebut adalah sebagai berikut:

Semibasement	: 6.186,5 m ² (parkir) dan 2.972 m ² (pertokoan)
Basement 1	: 9.478,5 m ² (parkir)
Basement 2	: 9.478,5 m ² (parkir)

Denah parkir basement dapat dilihat pada lampiran 1.

Kapasitas kendaraan bermotor yang dapat memenuhi area parkir basement adalah sebanyak 604 kendaraan, dengan rincian sebagai berikut :

- Upper Ground : 15 kendaraan
- Semibasement / Lower Ground : 197 kendaraan
- Basement 1 : 137 kendaraan (mall) dan 175 kendaraan (apartemen)
- Basement 2 : 255 kendaraan

Jika membandingkan luas area parkir dengan kapasitas tiap lantai, maka setiap satu mobil mendapat luas sekitar 30 m². Sedangkan menurut Dinas Tata Kota DKI Jakarta, standar satu mobil mencapai 60 m² lantai bruto. Akan tetapi menurut Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No.7 tahun 1991 pasal 124 ayat 3, kapasitas bangunan parkir ditetapkan luas parkir bruto minimal 25 m²/mobil. Setiap satu lot tempat parkir tersebut kira-kira mengalami pergantian kendaraan sebanyak 5-6 kali setiap harinya. Hal ini disebabkan karena jumlah kendaraan yang masuk setiap harinya dapat mencapai lebih dari 3000 kendaraan. Jam buka tiket masuk basement, yaitu dari jam 09.00 pagi hingga pukul 23.00 malam setiap hari.

Lokasi mall yang berada di tengah-tengah kawasan perkantoran, menyebabkan sering terjadinya lonjakan volume kendaraan pada jam-jam tertentu. Salah satunya adalah pada jam makan siang, sekitar jam 12.00-13.30. Hal ini menyebabkan area parkir basement penuh dan tidak dapat menerima kendaraan lagi. Untuk mengatasi hal tersebut, maka diberlakukanlah sistem buka tutup pada jam tersebut. Sistem buka tutup adalah mekanisme menutup tiket masuk parkir basement sementara, yaitu maksimal selama 10 menit. Hal ini dilakukan untuk membatasi jumlah kendaraan yang masuk dan menjaga aliran sirkulasi udara di dalam basement.

3.3.2 Data Teknis Parkir Basement

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, parkir basement di Mall X terdiri dari 3 lantai, yaitu lantai semibasement, basement 1, dan basement 2. Setiap lantai memiliki tangga yang langsung menghubungkan basement dengan area pertokoan. Terdapat satu tangga yang menghubungkan basement dengan area luar, di bagian depan mall dan langsung menuju akses jalan raya.

Setiap satu lot parkir di area parkir basement Mall X, memiliki ukuran 2,5 m x 4 m. Sedangkan jarak antar lot parkir sebagai ruang gerak kendaraan, yaitu

sebesar 7 m. Lot parkir tersebut biasanya dibagi setiap 3 atau 4 lot dengan kolom. Jarak antar as kolom untuk 3 lot parkir adalah 7,8 m, sedangkan untuk 4 lot parkir adalah 10,10 m. Untuk lebih jelasnya, denah basement dapat dilihat pada lampiran 8-10.

Panjang horizontal dari ramp adalah 2400 cm dengan ketinggian vertikal 325 cm. Ketinggian bebas ruang parkir yaitu setinggi 400 cm. Sehingga kemiringan ramp lurusnya adalah 1 berbanding 7,38. Kemiringan ini sudah memenuhi Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No.7 tahun 1991 Pasal 125 ayat 1. Lebar ramp satu arah adalah 310 cm dengan jarak pemisah sebesar 50 cm antara ramp naik dan turun. Tinggi pagar penahan setinggi 100 cm, dengan pagar yang terbuat dari beton.



Gambar 3.2 Ramp Lurus Mall X

Parkir basement pada Mall X ini sudah memiliki sistem sirkulasi udara. Sistem yang dijalankan, yaitu dengan menggunakan ventilasi mekanik. Pada parkir basement memiliki *exhaust* mekanik dan otomatis di setiap lantainya. *Exhaust* otomatis sudah diset untuk mati atau menyala pada waktu-waktu tertentu. Sistem tata udara yang diterapkan pada Mall X menggunakan dua sistem sirkulasi udara, yaitu *exhaust* dan blower *air fresh*. *Exhaust* merupakan pembuangan udara panas dari dalam basement ke luar. Sedangkan blower *air fresh* digunakan untuk memasukkan udara segar dari luar ke dalam basement. Dari data *building management* Mall X, kapasitas *exhaust* sebesar 15.100 m³/jam sedangkan blower *air fresh* sebesar 9.000 m³/jam.

3.3.3 Data Petugas Parkir Basement

Pada setiap parkir basement di semua tempat pasti memiliki petugas yang bertugas di dalamnya. Begitu pula dengan parkir basement yang terdapat di Mall X. Untuk Mall X, memiliki total sebanyak 55 orang petugas yang bertugas di parkir basement, dengan rincian sebagai berikut:

1. Upper Ground: 18 orang
2. Lower Ground/Semi basement: 13 orang
3. Basement 1: 6 orang
4. Basement 2: 14 orang
5. Apartemen: 3 orang

Seluruh petugas yang disebutkan di atas, terdiri dari petugas parkir, pengawas, dan kasir di loket tiket masuk basement. Petugas tersebut memiliki pembagian jam kerja menjadi 3 shift, yaitu:

- a. Shift 1: jam 07.00–15.00
- b. Shift 2: jam 15.00–22.00
- c. Shift 3: jam 21.00–07.00

Jam kerja petugas basement tersebut adalah selama 24 jam karena Mall X ini bersebelahan dengan apartemen. Sedangkan apartemen tersebut memiliki parkir basement yang bergabung dengan Mall X. Oleh karena itu, petugas yang bertugas di basement pun harus dibagi dalam 24 jam.

Sebenarnya, manusia yang berada pada parkir basement tersebut bukan hanya merupakan petugas yang disebutkan di atas saja. Akan tetapi, juga terdapat petugas bagian perawatan dan pengoperasian fasilitas, supir, dan pengunjung. Di dalam lantai semibasement, terdapat salah satu salon mobil yang beroperasi. Salon mobil tersebut memiliki sekitar 6 orang petugas setiap harinya. Jam buka salon mobil tersebut adalah dari jam 10.00–20.00. Maka, 6 petugas itu selalu berada dalam basement selama waktu tersebut setiap harinya. Karena itulah, diperlukan sebuah sirkulasi udara yang baik dalam parkir basement.

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Pendahuluan

Bab ini menerangkan tahapan-tahapan yang akan dilalui selama proses penelitian berlangsung. Tahapan-tahapan tersebut merupakan urutan langkah kerja dalam mencapai tujuan penelitian. Adapun tahapan-tahapan yang akan dilalui berupa:

- a. Menentukan objek penelitian dengan mengumpulkan data kualitas udara pada parkir basement Mall X dan volume kendaraan yang masuk setiap harinya.
- b. Kajian literatur
- c. Mengumpulkan data penelitian lapangan.
- d. Mengumpulkan data sekunder
- e. Melakukan pengambilan data dengan kuesioner
- f. Menganalisis secara deskriptif and statistik penelitian
- g. Validasi hasil penelitian

Sebelum data dikumpulkan, terlebih dahulu disiapkan model yang dibutuhkan dalam pengumpulan data. Prosedur yang dilakukan dalam mencari data terbagi tiga yaitu data sekunder, penelitian lapangan, dan kuesioner. Setiap prosedur penelitian yang dilakukan tersebut mewakili satu variabel data yang dibutuhkan. Data sekunder digunakan untuk mewakili variabel *travel time* kendaraan. Penelitian lapangan dilakukan untuk mengetahui variabel kualitas udara yang ada di dalam parkir basement. Sedangkan kuesioner digunakan untuk mengukur variabel tingkat paparan polutan pada manusia dan dampaknya bagi kesehatan.

4.2 Hipotesis

Penelitian ini memiliki dua buah hipotesis, yaitu:

1. H_0 : Kualitas udara pada parkir basement Mall X tidak memenuhi baku mutu pencemar udara sehingga menimbulkan dampak kesehatan yang buruk bagi manusia yang berada di dalam atau sekitar parkir basement.

H_1 : Kualitas udara pada parkir basement Mall X memenuhi baku mutu pencemar udara sehingga tidak menimbulkan dampak kesehatan yang buruk bagi manusia yang berada di dalam atau sekitar parkir basement.

2. H_0 : Tidak terdapat perbedaan antara mikrobiologi di dalam ruangan dan mikrobiologi luar ruangan

H_1 : Terdapat perbedaan antara mikrobiologi di dalam ruangan dan mikrobiologi luar ruangan

4.3 Metode Penelitian

Metode penelitian memandu peneliti tentang urutan-urutan pekerjaan yang harus dilakukan. Prosedur memberikan kepada peneliti urutan-urutan pekerjaan yang harus dilakukan dalam suatu penelitian. Sedangkan teknik penelitian mengatakan alat-alat pengukur apa yang diperlukan dalam melaksanakan suatu penelitian.

Penelitian dibagi oleh Crawford atas 14 jenis yaitu sebagai berikut [25] :

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Eksperimen | 8. Interview |
| 2. Sejarah | 9. Kuesioner |
| 3. Psikologis | 10. Observasi |
| 4. <i>Case study</i> | 11. Pengukuran |
| 5. Survey | 12. Statistik |
| 6. Membuat kurikulum | 13. Tabel dan grafik |
| 7. Analisis pekerjaan | 14. Teknik perpustakaan |

Pembagian penelitian menurut Crawford di atas memakai kriteria metode dan teknik yang tidak dipisahkan secara jelas. Pembagian penelitian dari nomor 1-7, merupakan metode-metode dalam penelitian. Sedangkan dari nomor 8-14 merupakan teknik penelitian [26].

Untuk dapat memberikan dengan jelas beberapa metode penelitian, maka penelitian dikelompokkan dalam lima kelompok umum sebagai berikut [27] :

1. Metode sejarah
2. Metode deskripsi/survey:
 - Metode survey
 - Metode deskriptif berkesinambungan

- Metode studi kasus
 - Metode analisis pekerjaan dan aktifitas
 - Metode studi komparatif
 - Metode studi waktu dan gerakan
3. Metode Eksperimental
 4. Metode *grounded research*
 5. Metode penelitian tindakan

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskripsi dengan metode studi atau penelitian komparatif. Penelitian komparatif adalah sejenis penelitian deskriptif yang ingin menjawab secara mendasar tentang sebab-akibat, dengan menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya atau munculnya suatu fenomena tertentu. Jangkauan waktu adalah masa sekarang.

Metode deskriptif mempunyai beberapa kriteria pokok, yang dapat dibagi atas kriteria umum dan kriteria khusus. Kriteria tersebut adalah sebagai berikut [28] :

1. Kriteria Umum :

- a) Masalah yang dirumuskan harus patut, ada nilai ilmiah serta tidak terlalu luas
- b) Tujuan penelitian harus dinyatakan dengan tegas dan tidak terlalu umum
- c) Data yang digunakan harus fakta-fakta yang terpercaya dan bukan merupakan opini
- d) Standar yang digunakan untuk membuat perbandingan harus mempunyai validitas
- e) Harus ada deskripsi yang terang tentang tempat serta waktu penelitian dilakukan
- f) Hasil penelitian harus berisi secara detail yang digunakan, baik dalam mengumpulkan data maupun dalam menganalisis data serta studi kepustakaan yang dilakukan.

2. Kriteria Khusus :

- Prinsip-prinsip ataupun data yang digunakan dinyatakan dalam nilai

- Fakta-fakta ataupun prinsip-prinsip yang digunakan adalah mengenai masalah status
- Sifat penelitian adalah *ex post facto*, karena itu tidak ada kontrol terhadap variabel, dan peneliti tidak melakukan pengaturan maupun manipulasi terhadap variabel. Variabel dilihat sebagaimana adanya.

4.3.1 Teknik Penelitian

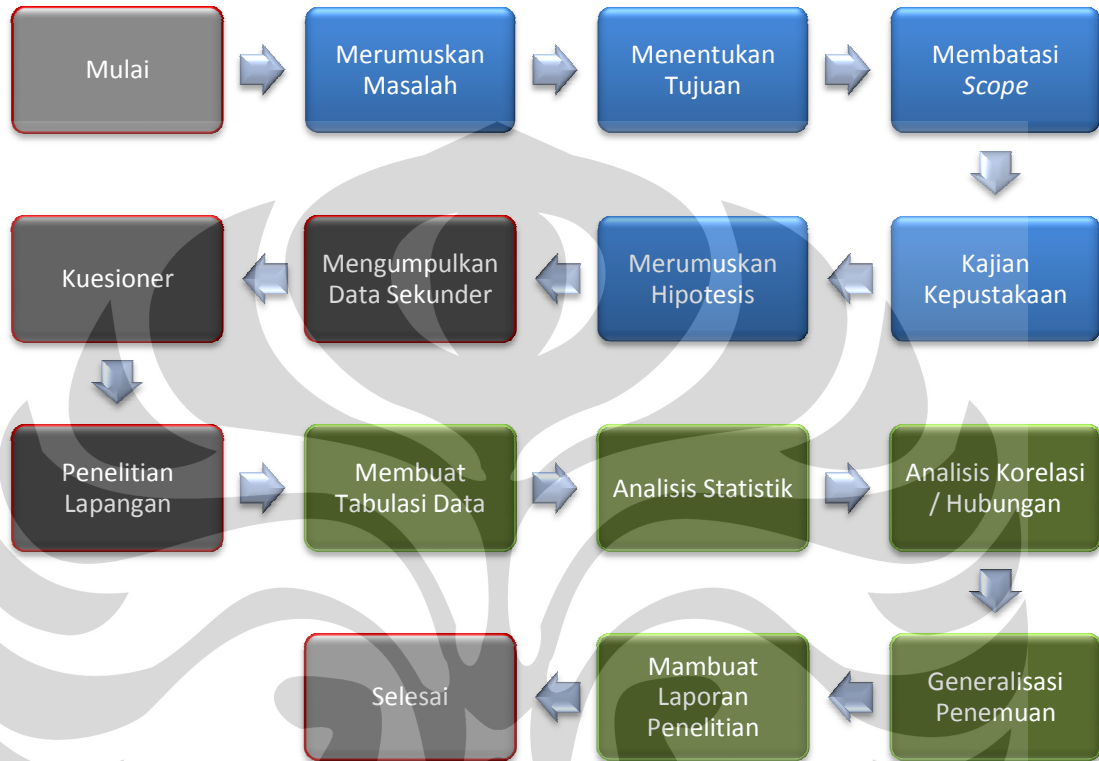
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, teknik penelitian merupakan penjabaran dari alat-alat pengukur apa yang diperlukan dalam melaksanakan suatu penelitian. Dalam penelitian ini, teknik penelitian yang akan digunakan, antara lain :

1. Interview, wawancara dilakukan terhadap pihak manajemen Mall X untuk mengetahui gambaran umum kondisi parkir basement Mall X dan volume kendaraan yang masuk setiap harinya.
2. Kuesioner, ditujukan kepada petugas yang berada di basement, maupun pengunjung Mall X. Untuk mengetahui paparan polutan udara pada manusia dan dampaknya bagi kesehatan.
3. Observasi, untuk melihat kondisi fisik visual dari parkir basement yang diteliti.
4. Pengukuran, yaitu mengukur kualitas udara yang ada di parkir basement, dengan melihat konsentrasi pencemar udara dan faktor yang mempengaruhi kualitas udara.
5. Statistik, digunakan untuk menganalisis data kuesioner.
6. Tabel dan grafik, untuk menggambarkan hubungan antar variabel.
7. Teknik kepustakaan, digunakan untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari penelitian lapangan dengan standar yang ada.

4.3.2 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan merumuskan masalah dan judul penelitian yang didukung dengan suatu kajian pustaka. Ketiga hal tersebut menjadi dasar untuk memilih metode penelitian yang tepat untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian dan membuktikan hipotesis pada penelitian yang sedang dilakukan.

Prosedur penelitian ini diambil berdasarkan pada langkah-langkah umum yang sering diikuti dalam metode deskriptif. Prosedur keseluruhan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Prosedur Penelitian

Sumber : Nazir. 2005

4.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. *Travel time* kendaraan bermotor
Mengukur waktu yang dibutuhkan kendaraan yang masuk ke parkir basement mulai dari pintu masuk basement hingga berhenti dan mendapatkan tempat parkir.
2. Kualitas udara parkir basement
Mengukur konsentrasi pencemar udara yang diteliti, yaitu :
 1. Karbon monoksida (CO)
 2. Nitrogen monoksida (NO)

3. Mikrobiologi
3. Dampak pencemaran udara pada kesehatan
Mengamati gangguan kesehatan yang terjadi pada manusia dalam parkir basement. Gangguan kesehatan yang akan diamati, antara lain :
 1. Gangguan mata : pedih, gatal, berair, sakit mata
 2. Gangguan pernapasan : pilek, flu, sesak, batuk
 3. Gangguan tenggorokan : gatal, kering, parau, sakit
 4. Gangguan kulit : gatal, kering, merah, iritasi
 5. Gangguan kepala : pusing, susah konsentrasi
 6. Gangguan perut : sakit perut, mual atau diare, mual, nafsu makan terganggu
 7. Lainnya : kelelahan, lemas, lesu, gemetar, demam atau meriang

4.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan. Secara umum metode pengumpulan data dapat dibagi atas beberapa kelompok, yaitu :

4. Metode pengamatan langsung
5. Metode dengan menggunakan pertanyaan
6. Metode khusus

Metode pengumpulan data yang akan dilakukan pada penelitian ini, yaitu metode pengamatan langsung, metode dengan pertanyaan (kuesioner dan wawancara), dan penelitian lapangan.

Terdapat dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Data sekunder, yaitu didapat dari hasil studi literatur seperti buku, referensi, jurnal dan penelitian lain yang terkait dengan penelitian ini yang bertujuan untuk identifikasi awal variabel penelitian. Data sekunder juga merupakan data yang dimiliki oleh pihak manajemen Mall X.
2. Data Primer, yaitu data yang diperoleh dari hasil kuesioner dan penelitian lapangan.

4.5.1 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini merupakan gambaran kondisi parkir basement di Mall X. Oleh karena itu, untuk memperoleh data sekunder ini, dilakukan proses wawancara terhadap pihak manajemen mall. Bagian yang akan diwawancarai, antara lain :

1. Human Resource Department (HRD) Mall X, untuk mengetahui kapasitas parkir basement, dan jumlah pekerja pada parkir basement.
2. Building Management Mall X, untuk mengetahui kondisi eksisting dari parkir basement Mall X.

4.5.2 Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan yang dilakukan adalah untuk mengukur konsentrasi parameter pencemar udara dalam parkir basement Mall X dan *travel time* kendaraan yang masuk ke dalam parkir basement Mall X pada jam kosong dan jam penuh. Parameter pencemar udara yang akan diukur, yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen monoksida (NO), dan mikrobiologi.

Waktu pengukuran dan pengambilan sampel untuk data penelitian lapangan ini dilakukan selama 4 hari, yaitu pada tanggal 16,17,19, 20 Januari 2010. Dengan pertimbangan dipilih hari tersebut karena untuk mengukur pada sampel hari kerja dan akhir pekan. Sedangkan waktu pengukuran dilakukan pada kondisi paling ekstrim, dimana parkir basement Mall X berada pada kondisi penuh dan kosong. Waktu penelitian akan dilakukan pada pukul 09.30–11.30 dan 13.00–15.00 di hari Senin dan Selasa, serta pukul 15.30–17.30 pada hari Sabtu dan Minggu.

Penelitian dilanjutkan dengan pengukuran parameter mikrobiologi di luar ruangan pada Rabu tanggal 28 April 2010 pukul 12.00-13.00. pengukuran mikrobiologi di luar ruangan ini dimaksudkan sebagai pembanding mikrobiologi dalam ruangan. Berikut ini merupakan penjelasan cara pengukurannya.

4.5.2.1 Pengukuran CO dan NO

Pengukuran gas CO dan NO menggunakan sebuah alat yang dinamakan gas detector dengan merek dagang Oldham tipe MX2100. Alat tersebut menggunakan prinsip kerja dengan metode explosimetry. Alat tersebut menggunakan sensor untuk mendeteksi gas toxic dan eksplosif (mudah terbakar), seperti pada gambar di bawah :



Gambar 4.2. Gas Detector

Sumber : Operating and Maintenance Manual, OLDHAM S.A.

Dalam alat gas detector tersebut, terdapat sensor-sensor untuk mendeteksi gas pencemar udara. Oleh karena itu, konsentrasi CO dan NO akan segera diketahui pada layar alat tersebut. Sensor yang terdapat di dalamnya terdapat 2 jenis sel, yaitu :

[1] Explosimetric cell

Sel ini dapat mendeteksi gas-gas eksplosif dalam rentang 0 sampai 100% LEL dan/atau 0 sampai 100% per volume.

[2] Toxic gas and oxygen metering cells

Sel ini terdiri dari sel elektrokimia dan komponen elektronik, termasuk memori yang menyimpan karakteristik spesifik sel.

Titik pengukuran yang akan dilakukan, akan diambil tiga titik yang paling ekstrim, yaitu satu titik pada setiap lantai basement. Pertimbangan yang dilakukan yaitu, tidak adanya sistem tata udara di titik tersebut, tidak ada bukaan, tidak terletak pada jalan masuk, jalan keluar, maupun ramp. Hal tersebut harus

diperhatikan karena akan mempengaruhi konsentrasi gas yang diukur. Untuk lebih jelasnya, titik-titik pengukuran CO dan NO dapat dilihat pada lampiran 1.

4.5.2.2 Pengukuran Pencemar Mikrobiologi

Pengukuran mikrobiologi ini menggunakan dua jenis agar sebagai medium. Agar yang digunakan adalah PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan TSA (*Tryptic Soy Agar*). PDA merupakan jenis medium yang diklasifikan untuk menangkap jamur, sedangkan TSA didesain untuk menangkap bakteri. Langkah kerja dari pengukuran mikrobiologi, yaitu :

1. Medium penangkapan bakteri dibuat dan dipersiapkan dalam cawan petri dengan 2 jenis medium agar, yaitu PDA dan TSA.
2. Cawan petri kedua medium dibuka
3. Kedua medium dibiarkan terbuka selama 3 menit dan diletakkan bersebelahan.
4. Tutup kembali cawan petri
5. Lindungi cawan petri dengan menggunakan aluminium foil dan dibawa ke laboratorium.
6. Medium TSA diinkubasi dalam incubator selama 1 x 24 jam (1 hari)
7. Medium PDA diletakkan dan didiamkan di atas meja selama 2 x 24 jam (2 hari)
8. Amati dan hitung mikroba yang tumbuh pada kedua medium

Titik pengukuran mikrobiologi juga akan diambil kondisi paling ekstrim dan kondisi-kondisi menarik. Pengukuran parameter mikrobiologi dalam ruang memiliki 7 titik di 3 lantai basement. Titik yang akan dipilih, yaitu merupakan sudut ruangan, dimana terdapat bekas jamur di dinding atau lantai, titik yang dekat dengan toilet, tempat-tempat lembab, maupun pintu-pintu masuk menuju pertokoan. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada lampiran 1. Sedangkan untuk pengukuran parameter mikrobiologi luar ruang memiliki 3 titik pada lantai dasar di luar mall. Pemilihan titik tersebut diambil pada bagian dekat pintu masuk dan keluar basement, serta dipilih tempat yang tidak dekat dengan pintu masuk daerah pertokoan mall. Titik pengukuran mikrobiologi luar ruang dapat dilihat pada lampiran 2.

4.5.2.3 Pengukuran Faktor Kualitas Udara

Faktor kualitas udara merupakan faktor-faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi polutan dalam parkir basement. Faktor yang diukur hanya, suhu, serta kelembaban ruangan. Kelembaban udara dalam ruangan parkir basement akan diukur dengan alat yang dinamakan higrometer. Sedangkan suhu ruangan akan diukur dengan menggunakan termometer. Dengan menggunakan higrometer, nilai kelembaban udara dalam parkir basement akan langsung tertera pada layar alat, sehingga langsung diketahui. Titik pengukuran suhu dan kelembaban udara, akan mengambil titik yang sama dengan titik pengukuran CO, NO dan/atau mikrobiologi. Jadi, setiap kali melakukan pengukuran CO, NO dan/atau mikrobiologi, maka akan diukur juga kelembaban dan suhu udaranya.

4.5.3 Kuesioner

Metode kuesioner digunakan untuk mengetahui variabel dampak kesehatan yang dapat ditimbulkan oleh parameter pencemar udara akibat emisi kendaraan bermotor. Dalam penelitian ini, emisi yang akan diukur adalah CO dan NO. Dampak kesehatan tersebut akan diukur dengan mengetahui gangguan kesehatan yang dialami oleh manusia di dalam parkir basement. Gangguan kesehatan yang akan diamati, antara lain :

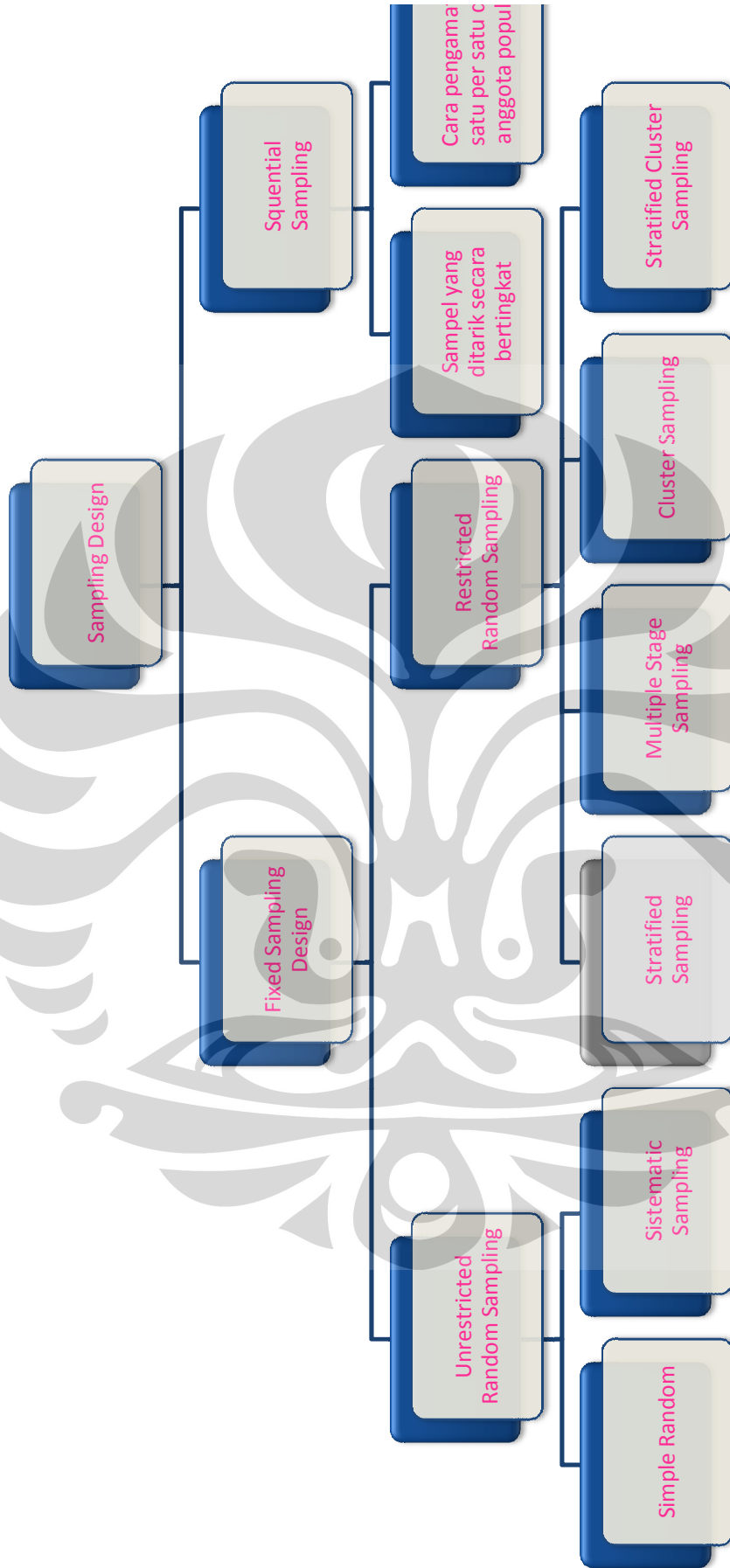
1. Gangguan mata : pedih, gatal, berair, sakit mata
2. Gangguan pernapasan : pilek, flu, sesak, batuk
3. Gangguan tenggorokan : gatal, kering, parau, sakit
4. Gangguan kulit : gatal, kering, merah, iritasi
5. Gangguan kepala : pusing, susah konsentrasi
6. Gangguan perut : sakit perut, mual atau diare, mual, nafsu makan terganggu
7. Lainnya : kelelahan, lemas, lesu, gemetar, demam atau meriang

Sasaran dari kuesioner ini akan ditujukan pada petugas yang bertugas di parkir basement Mall X, petugas salon mobil yang terdapat dalam parkir basement, supir, dan pengunjung Mall X yang menyimpan kendaraannya dalam parkir basement Mall X. Pemilik atau penjaga toko yang memiliki toko di area semi basement juga akan dijadikan sebagai objek kuesioner.

4.5.3.1 Teknik Sampling Pada Pengumpulan Data

Pilihan terhadap sampling desain banyak sekali. Untuk memudahkan, dapat mengikuti pembagian dari CW. Churchman, seperti diagram di bawah ini :





Gambar 4.3. Sampling Design

Sumber : Moh. Nazir, Ph.D (2005)

Teknik sampling yang akan digunakan adalah teknik Stratified Sampling. Pada restricted sample, sampel ditarik dari populasi yang telah dikelompokkan lebih dahulu. Mula-mula populasi dibagi atas kelompok atau subsample. Sampel ditarik dari masing-masing kelompok tersebut. Stratified sample, yaitu dimana populasi dibagi dalam kelompok yang homogen lebih dahulu, atau dalam strata. Anggota sampel ditarik dari setiap strata [29].

Populasi yang akan digunakan ialah kelompok orang yang berada di dalam atau sekitar parkir basement. Populasi tersebut akan dikelompokkan ke dalam beberapa subpopulasi. Pengelompokan ini dilakukan berdasarkan jarak lokasi dan lamanya kelompok tersebut berada dalam parkir basement. Pembagian subpopulasi yang dimaksud, yaitu :

7. Petugas parkir basement (15 orang)
8. Supir yang menunggu dalam parkir basement (5 orang)
9. Pengunjung mall (25 orang)
10. Penjaga toko di sekitar parkir basement (5 orang)

4.5.3.2 Penentuan Ukuran Populasi dan Sample

Dari setiap subpopulasi di atas, selanjutnya adalah penarikan sampel dari setiap subpopulasi tersebut. Subpopulasi tidak boleh *overlapping*. Masing-masing subpopulasi tersebut dinamakan stratum. Stratified random sample adalah sampel yang ditarik dengan memisahkan elemen-elemen populasi dalam kelompok-kelompok yang tidak overlapping yang disebut strata, dan kemudian memilih sebuah sampel secara random dari setiap stratum.

Masalah pokok dalam stratified random sampling adalah menentukan besarnya sampel yang akan ditarik secara random dari masing-masing stratum. Apakah sampel yang akan ditarik dari masing-masing strata mempunyai besar yang sama. Ataukah besarnya sampel sebanding dengan besarnya strata atau besarnya subpopulasi.

Penelitian ini akan menggunakan besar sampel yang sebanding dengan besarnya strata atau subpopulasi. Hal ini dipilih karena jumlah masing-masing subpopulasi tidak sama. Sehingga rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya sampel pada alokasi berimbang adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N \sum N_i \sigma_i^2}{N^2 D + \sum N_i \sigma_i^2} \quad (4.1)$$

Dimana :

$$D = \frac{B^2}{4N^2}$$

B = bound of error

N = populasi

σ^2 = variance

n = besarya sampel

Berdasarkan rumusan diatas dan tingkat kepercayaan yang ingin didapat adalah sebesar 95%. Total sampel yang akan diambil adalah 1/4 dari populasi. Dengan populasi 200 orang dan total sampel 50 orang. Maka nilai sampel minimum yang harus diperoleh masing-masing subpopulasi adalah sebagai berikut:

n1 = Petugas parkir basement	= 15 orang
n2 = Supir yang menunggu dalam parkir basement	= 5 orang
n3 = Pengunjung mall	= 25 orang
n4 = Penjaga toko di sekitar parkir basement	= 5 orang

4.6 Analisis Data

Metode analisis yang dipakai dalam penelitian ini disesuaikan dengan jenis data yang digunakan dan banyaknya tahap pengumpulan data.

4.6.1 Analisis Data Penelitian Lapangan

Data hasil pengukuran penelitian lapangan yang didapat adalah berupa konsentrasi pencemar udara dan kondisi kualitas udara dalam parkir basement. Data yang telah didapatkan selanjutnya akan dibuat tabulasi untuk dicari nilai rata-rata, maksimum, minimum, dan standar deviasi. Selain itu, data tersebut akan dibuat dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam pengamatan. Kemudian data yang telah diolah akan dianalisis dengan cara membandingkan data yang didapat dengan literatur dan standar/baku mutu yang berlaku. Kemudian data dianalisa juga dengan memperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruang. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya, seperti suhu, kelembaban, dan struktur basement.

4.6.2 Analisis Data Kuesioner

Data mentah yang didapatkan dari jawaban kuesioner pertama kali akan dikodekan dan dijadikan data ordinal. Selanjutnya, data tersebut akan dianalisis dengan menggunakan software komputer *Statistical Product and Service Solution* (SPSS). Untuk merapikan data mentah tersebut, pertama kali data-data itu akan dilakukan analisis deskriptif terlebih dahulu.

Analisis ini memiliki kegunaan untuk menyajikan karakteristik tertentu suatu data dari sampel tertentu. Analisis ini memungkinkan peneliti mengetahui secara cepat gambaran sekilas dan ringkas dari data yang didapat. Dengan bantuan program SPSS, didapat nilai *mean* yang berarti nilai rata-rata, dan nilai *median* yang diperoleh dengan cara mengurutkan semua data. Hasil analisis deskriptif akan disajikan dalam masing-masing variabel.

Selanjutnya analisis data dari hasil kuesioner akan menggunakan diagram lingkaran untuk mempermudah pengamatan data yang dihasilkan. Diagram lingkaran tersebut juga berguna untuk mengetahui persentase responden yang menjawab masing-masing pilihan jawaban. Dari persentase itu dapat diketahui besarnya responden yang merasakan gejala dampak kesehatan akibat terpapar polutan di parkir basement. Sehingga dapat ditentukan besarnya polutan tersebut mempengaruhi kesehatan manusia yang ada di dalam/sekitar parkir basement.

4.6.3 Analisis Pengaruh Setiap Variabel

Untuk menganalisis pengaruh dari masing-masing variabel terhadap variabel lainnya, dapat menggunakan grafik. Grafik tersebut menyatakan perbandingan antara variabel yang satu dengan variabel lainnya. Grafik hubungan antar variabel yang akan dibuat, antara lain :

11. Grafik antara *travel time* dengan polutan gas
12. Grafik antara *travel time* dengan mikrobiologi

Dari kedua grafik di atas, maka akan diketahui sejauh mana pengaruh *travel time* terhadap konsentrasi polutan gas dan mikrobiologi yang terdapat dalam parkir basement Mall X.

Data parameter mikrobiologi dalam ruangan dengan mikrobiologi luar ruangan akan dibandingkan dengan menggunakan pengujian hipotesis komparatif.

Menguji hipotesis komparatif berarti menguji parameter populasi yang berbentuk perbandingan melalui ukuran sampel yang juga berbentuk perbandingan. Hal ini juga dapat berarti menguji kemampuan generalisasi (signifikansi hasil penelitian) yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua sampel atau lebih. Bila H_0 pengujian diterima, berarti nilai perbandingan dua sampel atau lebih tersebut dapat digeneralisasi untuk seluruh populasi dimana sampel-sampel diambil dengan taraf kesalahan tertentu [30].

Terdapat dua model komparasi, yaitu komparasi antara dua sampel dan komparasi antara lebih dari dua sampel yang sering disebut dengan komparasi k sampel. Selanjutnya setiap model komparasi sampel dibagi dalam dua jenis yaitu sampel yang berkorelasi dan sampel yang tidak berkorelasi disebut dengan sampel independen [31].

Uji hipotesis komparatif yang akan digunakan ialah uji t (t test) independen. Lalu selanjutnya dilakukan uji t juga untuk mengetahui apakah dalam model regresi variabel independen secara parsial berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen [32].

Statistik parametris yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif rata-rata dua sampel bila datanya berbentuk interval atau ratio ialah menggunakan t-test. Rumusan t-test yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel yang berkorelasi ditunjukkan pada rumus di bawah :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right) \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)}}$$

Dimana :

x_1 = rata-rata sampel 1

x_2 = rata-rata sampel 2

S_1 = simpangan baku sampel 1

S_2 = simpangan baku sampel 2

S_1^2 = varians sampel 1

S_2^2 = varians sampel 2

r = korelasi antara dua sampel

Sedangkan untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel independen dengan menggunakan t-test, mana terdapat dua rumus yang dapat digunakan, yaitu :

$$F = \frac{\text{Varians terbesar}}{\text{Varians terkecil}}$$

Separated Varians :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Polled Varians :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Terdapat beberapa pertimbangan dalam memilih rumus t-test tersebut, yaitu [33]:

- Apakah dua rata-rata itu berasal dari dua sampel yang jumlahnya sama atau tidak
- Apakah varians data dari dua sampel itu homogen atau tidak. Untuk menjawab pertanyaan itu perlu dilakukan pengujian homogenitas varians.

BAB 5

HASIL PENGAMATAN DAN ANALISA DATA

5.1 Pelaksanaan dan Pengamatan Pendahuluan

Penelitian dilakukan pada pukul 15.30–17.30 pada hari Sabtu dan Minggu (16-17 Januari 2010) untuk data akhir pekan. Sedangkan data hari kerja diambil pada pukul 09.30–11.30 dan 13.00–15.00 di hari Selasa dan Rabu (19-20 Januari 2010). Hari Selasa dan Rabu dipilih sebagai sample hari kerja karena pada hari tersebut data transportasi yang ada cukup stabil bila dibandingkan hari kerja lainnya. Pengamatan yang dilakukan melingkupi polutan gas dengan parameter CO dan NO, mikrobiologi, *travel time*, volume kendaraan, dan kondisi suhu serta kelembaban ruangan.

Kondisi cuaca saat dilakukan penelitian lapangan sangat cerah, kecuali hari Selasa. Pada hari Selasa (19 Januari 2010) terjadi hujan yang cukup lebat dari pagi hingga siang hari. Hal ini mengakibatkan kondisi basement saat itu cukup lembab karena terdapat bekas ban-ban kendaraan yang basah pada lantai basement.

Keadaan lalu lintas yang terjadi di depan Mall X sangat padat, terutama pada jam makan siang di hari kerja (pukul 12.00-15.00). Sedangkan pada sore hari di akhir pekan (pukul 15.00-18.00) lalu lintas padat, namun tidak sepadat saat makan siang di hari kerja. Pagi hari pada hari kerja (pukul 08.00-11.00) lalu lintas ramai, tapi tidak terjadi kemacetan. Saat itu lalu lintas pada arah yang berlawanan lebih padat.

Jika diperhatikan keadaan parkir di parkir basemet Mall X saat dilakukan penelitian, maka parkir yang paling padat adalah saat sore hari akhir pekan. Saat itu kendaraan bisa membutuhkan waktu cukup lama untuk menunggu giliran parkir. Pada jam makan siang di hari kerja, kondisi parkir ramai dan setiap tempat parkir terisi. Namun tidak lebih padat saat akhir pekan. Biasanya menjadi lebih sepi jika hari hujan. Sedangkan pada pagi hari di hari kerja, parkir basement Mall X sangat sepi. Dalam satu lantai basement, hanya terdapat kurang dari sepuluh kendaraan terparkir.

Penelitian lapangan dilanjutkan dengan pengukuran parameter mikrobiologi di luar ruangan. Penelitian tersebut dilakukan pada hari Rabu tanggal 28 April 2010 pukul 12.00-13.00 dan diambil di tiga titik O1, O2, dan O3 (letak ketiga titik itu dapat dilihat pada lampiran 2). Data mikrobiologi di luar ruangan tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai perbandingan data mikrobiologi di dalam ruang. Pada saat penelitian dilakukan, Mall X berada dalam kondisi ramai, begitu pula dengan transportasi di depan Mall X. Keadaan cuaca saat penelitian berlangsung pun sangat cerah.



Gambar 5.1. Kondisi Saat Siang Hari Kerja



Gambar 5.2. Kondisi Mall X Saat Penelitian Mikrobiologi di Luar Ruangan

5.2 Pengukuran *Travel Time*

Travel Time merupakan waktu tempuh yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk mendapatkan parkir. *Travel Time* diukur dari kendaraan memasuki pintu masuk parkir basement hingga kendaraan berhenti saat mendapat parkir. Lamanya *travel time* akan sebanding dengan lamanya sebuah kendaraan mengeluarkan polutan di parkir basement karena semakin lama sebuah kendaraan berhenti dalam keadaan mesin yang menyala, maka akan semakin banyak polutan yang dikeluarkan. Data *travel time* yang lengkap dapat dilihat pada lampiran 3. Berikut ini merupakan ringkasan data *travel time*:

Tabel 5.1. Data *Travel Time*

Jenis Nilai	Nilai <i>Travel Time</i>	Waktu Terjadi Nilai Max/Min
Rata-rata	0:08:48	
Max	0:32:02	Hari Sabtu sekitar pukul 15.00
Min	0:00:14	Hari Selasa sekitar pukul 09.30

Sumber : Hasil Olahan (Lampiran 3)

Data di atas menunjukkan bahwa pada kondisi padat, sebuah kendaraan membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk mendapatkan parkir. Dari data di atas dapat dilihat bahwa Mall X mengalami puncak kepadatan pada sore hari di akhir pekan. Sedangkan pada saat parkir basement kosong, yaitu pada pagi hari di hari kerja sekitar pukul 09.00-10.30, kendaraan hanya membutuhkan waktu sekitar 14 detik.

Jika parkir basement padat, maka sebuah kendaraan akan membutuhkan waktu lebih lama untuk mendapatkan tempat parkir. Bahkan tidak menutup kemungkinan bahwa satu kendaraan dapat berkali-kali mengelilingi parkir basement untuk mencari tempat parkir. Sedangkan pada kondisi lengang, kendaraan tersebut dapat dengan mudah memilih tempat parkir yang diinginkan.

5.3 Pengukuran Polutan Gas

5.3.1 Hasil Pengukuran Polutan Gas

Pengambilan data polutan gas dilakukan secara bergantian antara satu titik dengan titik lainnya. Titik yang diambil sebanyak 3 titik, yaitu satu titik pengamatan di setiap satu lantai parkir basement. Titik penelitian polutan gas dapat dilihat pada lampiran 1. Pengambilan data hanya dilakukan sebanyak dua kali di setiap titik, dengan rentang waktu 10 menit antar pengukuran. Pengukuran dua kali tersebut dimaksudkan untuk pengukuran duplo. Hasil konsentrasi polutan CO dan NO yang didapatkan dari penelitian ini terdapat dalam lampiran 4. Data tersebut dapat dirangkum sebagai berikut:

Tabel 5.2. Data Pencemar Gas

Pencemar	Nilai (ppm)		Letak Titik Pengamatan
CO	Rata-rata	59	
	Max	107	Minggu jam 16.48 titik G1
	Min	31	Selasa jam 9.55 dan Rabu jam 9.53, titik G3
	Standar Deviasi	22.74	
	Baku Mutu	9	Bapedal
NO	Rata-rata	2	
	max	3	Sabtu-Minggu di semua titik
	min	1	Titik G2 dan G3, setiap pagi hari di hari kerja
	Standar Deviasi	0.62	
	Baku Mutu	0,05	Bapedal

Sumber: Hasil Olahan (Lampiran 4)

Nilai maksimum CO terjadi saat ada kendaraan yang melewati titik G1 tersebut ketika dilakukan pengukuran. Nilai minimum CO terjadi pada pagi hari saat jumlah kendaraan masih sedikit. Nilai maksimum NO terjadi saat volume kendaraan sedang meningkat. Sedangkan minimum NO terjadi saat volume kendaraan masih minim.

Berdasarkan pengukuran, diketahui bahwa titik G1 konsentrasi CO dan NO lebih tinggi daripada kedua titik lain. Sedangkan titik G3 merupakan titik dengan konsentrasi polutan gas paling rendah daripada kedua titik lain. Hal ini disebabkan karena titik G1 berada di lantai semi basement Mall X, yaitu merupakan lantai paling atas dari parkir basement. Sehingga titik G1 mendapatkan input polutan dari berbagai sumber, bukan hanya dari kendaraan yang parkir dalam parkir basement, melainkan juga polutan dari luar basement (outdoor). Titik G1 juga ditinjau di dekat mesin exhaust, sehingga polutan juga dapat berasal dari mesin yang tidak terawat. Untuk lebih jelasnya, letak titik G1, G2, dan G3 dapat dilihat pada peta titik pengamatan pada lampiran 1.

Keadaan lingkungan dalam ruangan parkir basement pun mempengaruhi konsentrasi polutan. Dalam penelitian ini, kondisi lingkungan yang ditinjau adalah suhu dan kelembaban. Dari data yang terdapat dalam lampiran 5, terlihat bahwa suhu tertinggi adalah 36°C terdapat di titik G1 dan sebagian besar pada hari Sabtu. Hal ini sebanding dengan konsentrasi polutan yang mencapai nilai maksimal di titik G1 dan waktu akhir pekan. Khususnya bagi polutan NO yang berasal dari reaksi antara nitrogen dan oksigen pada suhu tinggi. Sehingga polutan NO mencapai nilai maksimum pada titik dengan suhu tinggi.

Konsentrasi CO dan NO maksimal terjadi saat akhir pekan. Hal ini disebabkan karena volume kendaraan yang tinggi saat sore hari di akhir pekan. Pengukuran yang dilakukan pada saat sore hari juga mempengaruhi konsentrasi polutan. Pada sore hari, polutan sudah terakumulasi di dalam ruangan parkir basement, sehingga nilainya pun akan lebih besar.

Hal ini disebabkan karena parkir basement merupakan ruangan tertutup dengan ventilasi yang kurang. Bukaan yang terdapat pada parkir basement tersebut hanyalah dari pintu masuk dan keluar parkir pada lantai semi basement dan pintu-pintu yang menuju daerah pertokoan di lantai semi basement dan

basement 2. Besarnya polutan gas yang terbentuk menunjukkan bahwa ventilasi mekanis yang terdapat dalam parkir basement Mall X belum dapat mencukupi kebutuhan ventilasi yang baik. Kurangnya ventilasi tersebut menyebabkan udara tidak dapat bersirkulasi dengan baik. Udara kotor di dalam ruangan tidak dapat bertukar dengan udara bersih. Sehingga polutan terkurung di dalam ruangan dan menyebabkan akumulasi polutan dalam basement.

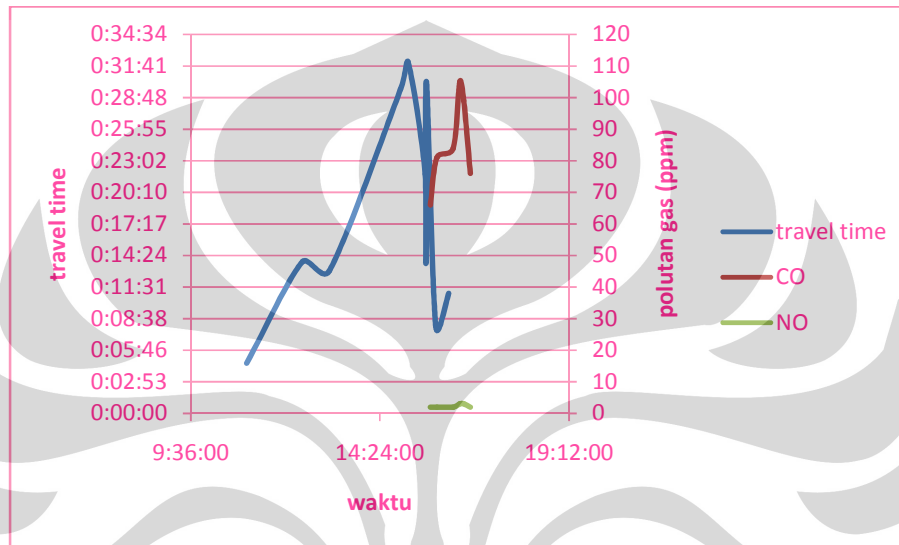
Bapedal menyatakan bahwa standar kesehatan untuk karbon monoksida (CO) adalah 10 mg/m^3 (9 ppm). Sedangkan standar kesehatan untuk nitrogen dioksida (NO_2) adalah 100 pg/m^3 (0.05 ppm) selama 1 jam. Dari KepMenkes No. 261 Tahun 1998, konsentrasi maksimum CO dalam ruang kerja adalah 29 mg/m^3 atau 25 ppm dan konsentrasi NO_2 adalah $5,6 \text{ mg/m}^3$ atau 3 ppm. Dari data di atas terlihat bahwa kadar CO dan NO yang terdapat dalam parkir basement Mall X melebihi baku mutu CO dan NO.

Menurut NIOSH, pekerja dengan waktu kerja 8 jam/hari, diperbolehkan terpapar CO maksimal 35 ppm, dimana dengan konsentrasi tersebut COHb yang terbentuk mencapai 5%. Data di atas menunjukkan bahwa pekerja yang terdapat dalam parkir basement tersebut terpapar CO melebihi batas maksimum yang diizinkan. Jika kadar COHb dalam darah lebih dari 10% akan menimbulkan gangguan kesehatan. Untuk mencapai kadar COHb 10%, dibutuhkan konsentrasi CO sebesar 50 ppm [34]. Jika melihat pada rata-rata konsentrasi CO pada parkir basement Mall X sebesar 59 ppm, maka seharusnya kadar COHb dalam darah pekerja tersebut sudah mencapai 10%.

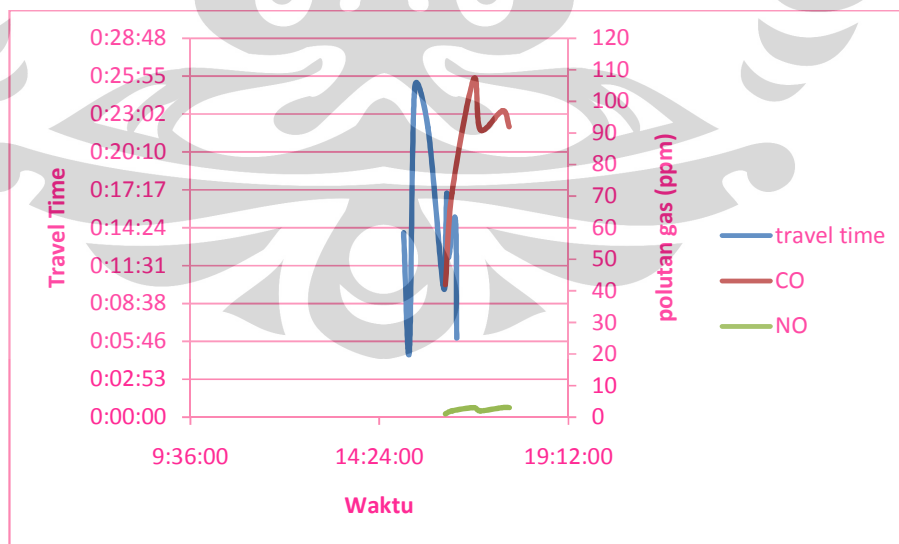
Menurut Departemen Kesehatan, kadar NO_x di udara perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm. Setelah aktifitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO meningkat dengan kadar NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm. Akan tetapi, kadar NO pada parkir basement Mall X mencapai angka 3 ppm. Dalam keadaan parkir kosong pun mencapai angka minimum 1 ppm. Parkir basement merupakan ruangan tertutup dengan ventilasi yang minim, sehingga polutan terkurung di dalam ruangan dan kadar polutan dalam parkir basement lebih tinggi daripada di luar ruangan.

5.3.2 Pengaruh *Travel Time* Terhadap Polutan Gas

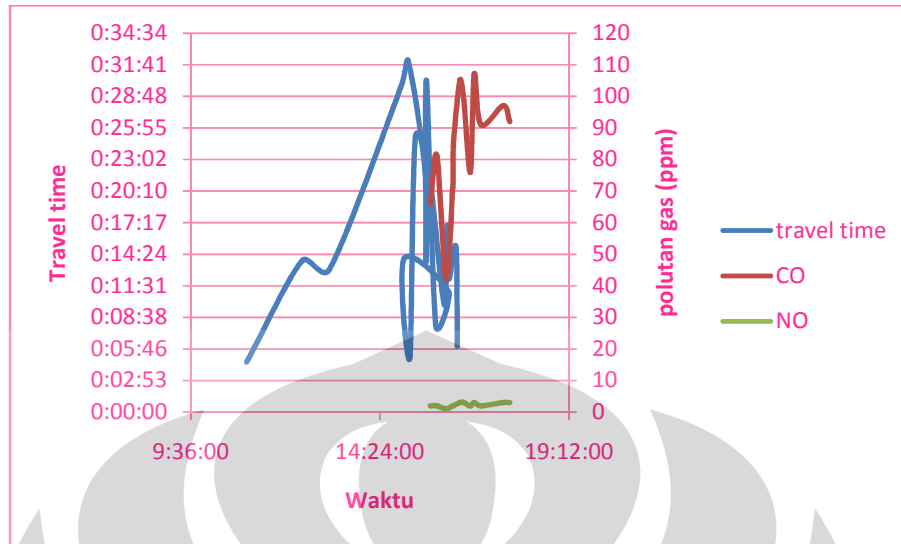
Berikut ini akan dijelaskan mengenai pengaruh *travel time* terhadap konsentrasi polutan gas yang ditimbulkan, baik dari tingginya konsentrasi maupun waktu terjadinya konsentrasi puncak. Pengaruhnya akan digambarkan dengan grafik-grafik di bawah ini :



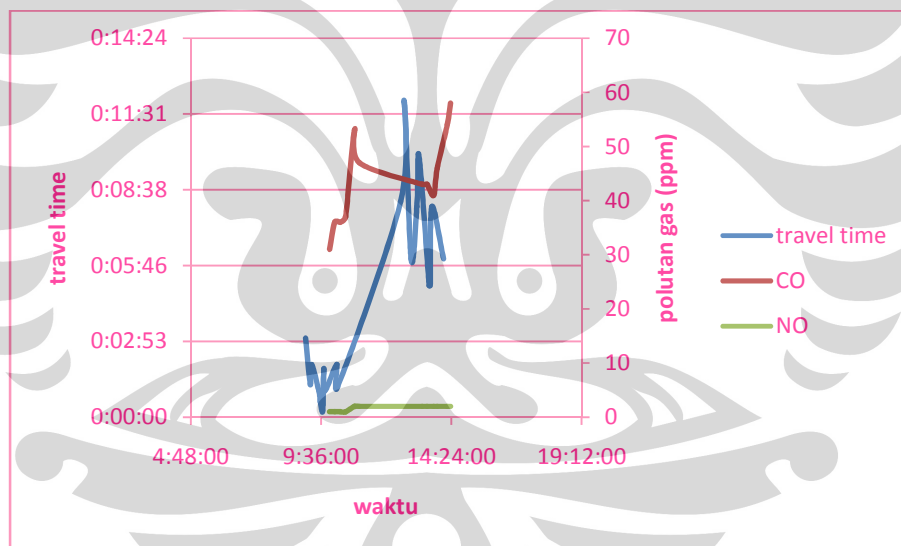
Gambar 5.3. Hubungan *Travel Time* dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Sabtu
Sumber : Hasil Olahan



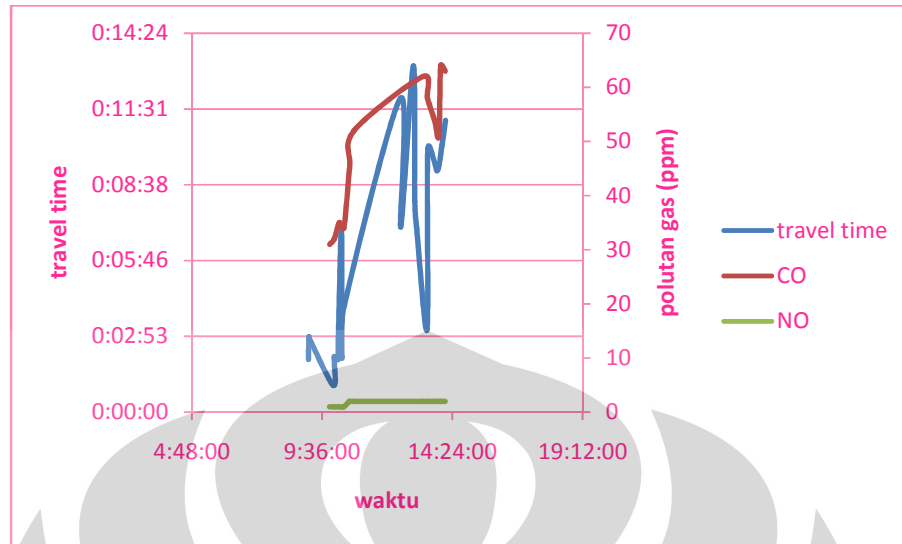
Gambar 5.4. Hubungan *Travel Time* dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Minggu
Sumber : Hasil Olahan



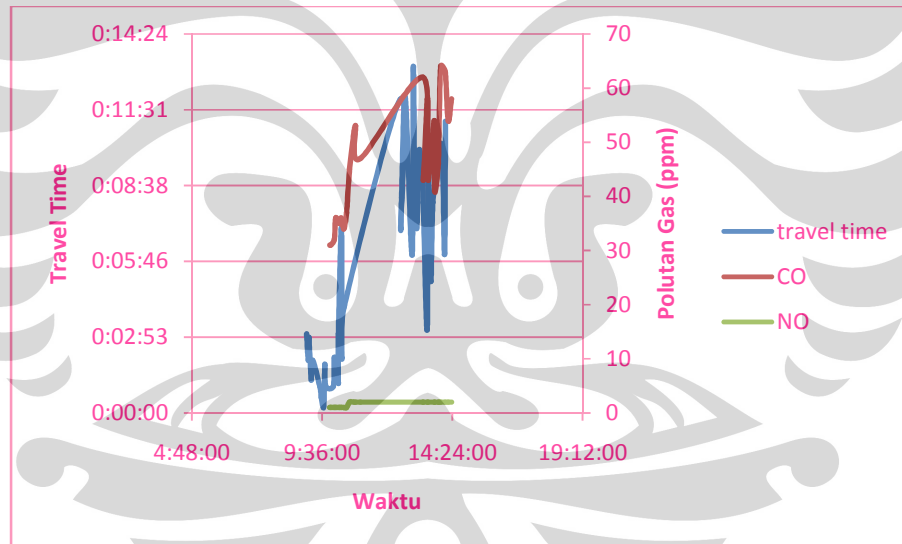
Gambar 5.5. Hubungan *Travel Time* dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Akhir Pekan
Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.6. Hubungan *Travel Time* dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Selasa
Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.7. Hubungan *Travel Time* dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Rabu
Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.8. Hubungan *Travel Time* dan Konsentrasi Polutan Gas Pada Hari Kerja
Sumber : Hasil Olahan

Dari grafik-grafik di atas menunjukkan bahwa *travel time* mempengaruhi konsentrasi polutan gas pada parkir basement. Pada hari kerja, *travel time* yang dibutuhkan oleh satu kendaraan untuk mendapatkan parkir mencapai 13 menit. 13 menit itu pun dicapai saat parkir basement dalam kondisi puncak kepadatan. Konsentrasi polutan gas yang terbentuk mencapai angka 60-70 ppm. Sedangkan pada akhir pekan dengan *travel time* mencapai 30 menit, maka konsentrasi

polutan gas yang terjadi juga meningkat sampai konsentrasi 110 ppm. Ini membuktikan bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan satu kendaraan untuk mendapatkan parkir, maka konsentrasi polutannya pun semakin meningkat.

Konsentrasi polutan gas dapat meningkat seiring dengan *travel time* yang dibutuhkan karena saat kendaraan bermotor mencapai tempat parkir, kendaraan tersebut mengeluarkan polutan gas dari knalpot kendaraannya. Ketika kendaraan bermotor tersebut mencari tempat parkir, maka kendaraan berada dalam kecepatan rendah. Bahkan terkadang kendaraan berhenti untuk menunggu kendaraan lain keluar. Hal inilah yang menyebabkan polutan semakin tinggi. Konsentrasi polutan gas akan lebih tinggi saat kendaraan melaju pada kecepatan rendah.

Hal lain yang harus diperhatikan selain tingginya konsentrasi polutan ialah waktu saat polutan mencapai konsentrasi maksimal. Jika diperhatikan pada grafik di atas, konsentrasi polutan mencapai nilai maksimal, bukan pada saat *travel time* juga mencapai nilai puncak. Terdapat faktor waktu untuk mencapai konsentrasi maksimal. Hal ini berarti saat *travel time* maksimal, maka konsentrasi polutan tidak mencapai nilai maksimal saat yang bersamaan. Dibutuhkan beberapa jam setelah *travel time* maksimal untuk mencapai konsentrasi maksimal.

Dari grafik di atas juga dapat dilihat bahwa jeda waktu yang dibutuhkan pada akhir pekan, untuk polutan mencapai konsentrasi maksimal setelah *travel time* maksimal, lebih lama daripada saat hari kerja. Hal ini disebabkan karena saat hari kerja lalu lintas dalam parkir basement lebih lancar dan pergantian kendaraan pun lebih cepat. Oleh karena itu, akumulasi polutan dalam parkir basement tidak membutuhkan waktu yang lama. Sehingga konsentrasi polutan maksimal pun akan terjadi tidak lama setelah *travel time* maksimal.

5.4 Pengukuran Polutan Mikrobiologi

5.4.1 Hasil Pengukuran Polutan Mikrobiologi

Pengukuran parameter mikrobiologi dibagi menjadi dua kali penelitian, yaitu mikrobiologi dalam ruang dan mikrobiologi luar ruang. Pengukuran mikrobiologi dalam ruang dilakukan terhadap 7 (tujuh) titik di tiga lantai parkir basement Mall X, dengan detail gambar dapat dilihat pada lampiran 1. Sedangkan

pengukuran mikrobiologi luar ruang dilakukan pada tiga titik di lantai dasar. Letak ketiga titik tersebut dapat dilihat pada lampiran 2.

Penelitian mikrobiologi yang dilakukan menggunakan dua medium agar, yaitu medium PDA dan TSA. Masing-masing medium dilakukan dengan pengukuran duplo. Medium PDA untuk menangkap jamur, sedangkan TSA untuk menangkap bakteri. Hasil penelitian mikrobiologi dapat dilihat pada lampiran 6. Berikut ini merupakan ringkasan hasilnya:

Tabel 5.3. Pencemar Mikrobiologi

Media	Nilai	Dalam Ruang		Luar Ruang	
		Nilai (koloni)	Letak Pada Titik Pengamatan	Nilai (koloni)	Letak Pada Titik Pengamatan
PDA	Rata-rata	24.085		28	
	Max	136	sabtu jam 16.42 titik M2	46	titik O2
	Min	2	titik M1 sabtu jam 16.34, titik M7 selasa jam 9.36, titik M6 rabu jam 13.16	17	titik O1
	Standar Deviasi	22.092		9.859	
TSA	Rata-rata	24.024		59.833	
	Max	75	titik M2 Selasa jam 13.20	87	titik O3
	Min	1	titik M7 Selasa jam 9.36	42	titik O2
	Standar Deviasi	16.225		17.679	

Sumber : Hasil Olahan (Lampiran 6)

Berdasarkan KepMenKes No. 261 Tahun 1998 standar mikrobiologi di ruang kerja dengan jumlah kuman kurang dari 700 koloni/m³ udara dan terbebas dari kuman patogen. Bila diperhatikan di atas, KepMenKes No. 261 Tahun 1998 menggunakan kata kuman untuk menetapkan standar mikrobiologi. Oleh karena itu, selanjutnya akan melihat perbedaan pengertian antara kuman, bakteri, jamur menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI).

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kuman adalah binatang yang amat kecil yang menyebabkan penyakit kudis; basil; bakteri; barang yang kecil sekali (debu dan sebagainya). Sedangkan bakteri merupakan makhluk hidup terkecil bersel tunggal, terdapat di mana-mana, dapat berkembang biak dengan

kecepatan luar biasa dengan jalan membelah diri, ada yang berbahaya dan ada yang tidak, dapat menyebabkan peragian, pembusukan, dan penyakit; benih penyakit. Jamur ialah jenis tumbuhan yang tidak berdaun dan tidak berbuah, berkembang biak dengan spora, biasanya berbentuk payung, tumbuh di daerah berair atau lembap atau batang busuk; cendawan; kulat.

Berdasarkan arti kuman, bakteri, dan jamur pada KBBI, maka dapat disimpulkan bahwa kata kuman dapat disamakan dengan bakteri. Sehingga standar mikrobiologi dalam KepMenKes No. 261 Tahun 1998 merupakan acuan dalam menentukan standar bakteri dalam ruang kerja. Namun, standar yang diberikan dari KepmenKes No. 261 Tahun 1998 itu tidak dapat dijadikan baku mutu pada penelitian ini. Hal ini disebabkan karena satuan yang dipakai pada standar adalah koloni/m³. Sedangkan pada penelitian ini hanya menggunakan satuan koloni saja, tidak dihitung berdasarkan volume udara dalam ruang. Oleh karena itu, antara standar dan hasil penelitian yang didapatkan tidak dapat dibandingkan. Sedangkan untuk jumlah jamur, tidak terdapat standar acuan yang jelas. Tidak ada peraturan yang menyebutkan standar pertumbuhan jamur dalam ruang.

Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian mikrobiologi luar ruang. Hal ini dimaksudkan agar data mikrobiologi luar ruang tersebut dapat dijadikan sebagai pembanding dari data mikrobiologi dalam ruang. Hasil pengukuran mikrobiologi dalam ruang dan mikrobiologi luar ruang selanjutnya dilakukan uji hipotesis komparatif dengan menggunakan uji t. Perhitungan dari uji t tersebut dapat dilihat pada lampiran 7. Dari hasil uji t tersebut, didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara mikrobiologi dalam ruang dan luar ruang.

Seharusnya, mikrobiologi dalam ruang lebih tinggi daripada luar ruang. Hal ini disebabkan karena kelembaban dalam ruang yang lebih tinggi dan udara yang tertutup. Akan tetapi hasil yang didapatkan terlihat bahwa mikrobiologi luar ruang lebih tinggi daripada dalam ruang. Ini menunjukkan bahwa di luar ruang terdapat lebih banyak polutan yang ikut serta membawa mikrobiologi. Selain itu, sirkulasi udara di luar ruangan lebih baik, ditambah dengan pengaruh angin dan polutan yang berasal dari kendaraan yang padat. Turbulensi udara yang terjadi di

luar ruangan menyebabkan mikrobiologi yang ada menjadi lebih bebas. Sehingga hal ini membuat lebih banyak mikrobiologi yang menempel pada medium.

Standar suhu udara ruang kerja dari KepMenKes No. 261 Tahun 1998 adalah 18-26⁰C dan kelembaban 40%-60%. Rata-rata kelembaban udara di dalam area parkir basement Mall X adalah sebesar 62,34%. Suhu rata-rata dalam parkir basement tersebut adalah 33,89%. Kelembaban dan suhu udara yang terdapat dalam parkir basement Mall X melebihi standar dari KepMenKes No. 261 Tahun 1998. Tingginya kelembaban dan suhu udara akan mempengaruhi konsentrasi pencemar dalam basement. Kelembaban yang tinggi juga akan meningkatkan pertumbuhan mikrobiologi dalam ruang. Hal ini karena bakteri dan jamur tumbuh dalam lingkungan yang lembab.

Rata-rata kelembaban udara di luar Mall X adalah 43,67% dengan rata-rata suhu udara 37,33⁰C. Bila dibandingkan dengan kondisi lingkungan dalam parkir basement, maka di dalam parkir basement memiliki suhu udara yang lebih rendah dan kelembaban yang lebih tinggi. Berdasarkan data kelembaban dan suhu udara ini, seharusnya mikrobiologi dalam parkir basement lebih tinggi daripada di luar parkir basement. Akan tetapi, ternyata ada faktor lain yang menyebabkan jumlah mikrobiologi di luar ruang yang lebih tinggi dari mikrobiologi dalam ruang. faktor tersebut antara lain adalah sirkulasi udara, turbulensi udara, angin, banyaknya kendaraan yang mengeluarkan polutan, dan kondisi lingkungan saat dilakukan pengukuran.

Saat dilakukan penelitian, ditemukan satu morfologi yang aneh dalam medium TSA pada pengukuran mikrobiologi dalam ruang. Setelah dilakukan pengamatan makroskopis dan membandingkan morfologi jamur yang ditemukan dengan berbagai referensi, maka diketahui bahwa jamur tersebut adalah jenis jamur *Penicillium italicum*. Padahal medium TSA dimaksudkan untuk menangkap bakteri. Hal ini dapat terjadi karena pada saat pelaksanaan penelitian dengan metode *open plate*, tidak menggunakan inhibitor jamur pada TSA. Penambahan inhibitor jamur pada medium TSA dimaksudkan agar TSA benar-benar hanya menangkap bakteri saja.

TSA merupakan medium yang kaya akan nutrisi, berbagai jenis suplemen tambahan dapat diberikan pada medium ini. Jika TSA ditambahkan dengan 5%

darah domba atau kelinci steril, maka akan menghasilkan medium non selektif yang sangat baik untuk menentukan reaksi hemolytic bakteri. TSA yang ditambahkan dengan lecithin banyak digunakan untuk pemantauan lingkungan. Sedangkan inhibitor bakteri dapat menambahkan antibiotik atau asam tartar dengan pH 3,5 pada medium PDA. Oleh karena itu, munculnya jamur dalam medium TSA ini merupakan faktor kesalahan pada saat pelaksanaan penelitian. Jamur *Penicillium italicum* tersebut hanya muncul di titik M5 dan M6 pada pagi dan sore hari saja. Berikut ini merupakan data medium TSA dalam ruang yang ditumbuhi oleh jamur tersebut:

Tabel 5.4. Data Kemunculan Jamur *Penicillium italicum* Dalam Medium TSA

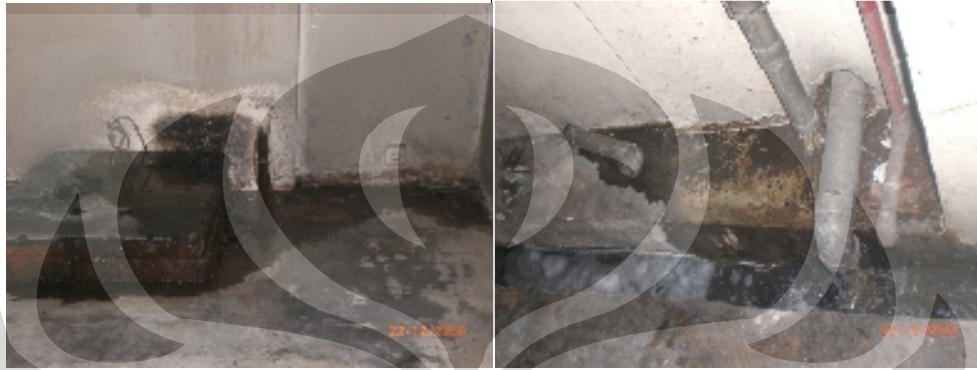
Titik	Bakteri (koloni)	Jamur (koloni)	Waktu Pengukuran Mikrobiologi	Kelembaban (%)	Suhu ($^{\circ}$ C)	Waktu Pengukuran Kondisi Ruang
M5	35	1	Sabtu, 15:41	64	35	Sabtu, 16:02
	8	7	Selasa, 10:03	68	33	Selasa, 10:03
	3	19	Selasa, 10:03	68	33	Selasa, 10:03
M6	38	1	Sabtu, 15:51	56	36	Sabtu, 15:58
	10	1	Rabu, 10:36	60	34	Rabu, 11:09

Sumber : Hasil Olahan

Jamur *Penicillium italicum* ini hidup pada bahan-bahan organik, seperti pada kulit jeruk. Maka jamur ini akan muncul jika tempat tersebut memiliki kadar organik yang tinggi [35]. Melihat kondisi ruangan pada titik M5 dan M6 ini merupakan tempat yang sangat tidak diperhatikan kebersihannya. Titik M5 merupakan sudut ruangan parkir basement, dimana terdapat saluran air kotor (limbah domestik) yang berasal dari mall dan WC. Kondisi WC pada titik ini pun merupakan WC yang paling kotor bila dibandingkan dengan WC lainnya dalam parkir basement.

Sedangkan titik M6 diambil di depan gudang yang di depannya terdapat pipa pembuangan limbah domestik ke dalam saluran air. Pada titik M6 ini pun terdapat material dari serat fiber sebagai penutup gudang dengan pintu tiang-tiang besi. Sedangkan material di titik lainnya berupa beton yang dilapisi dengan cat

tembok dan cat tahan air di bagian bawah dinding. Hal ini menyebabkan kedua titik itu memiliki kadar organik yang tinggi sebagai tempat hidup jamur *Penicillium italicum*. Titik tersebut, khususnya titik M5, juga memiliki kelembaban yang tinggi. Sehingga jamur tersebut dapat tumbuh dengan baik di titik M5 dan M6.

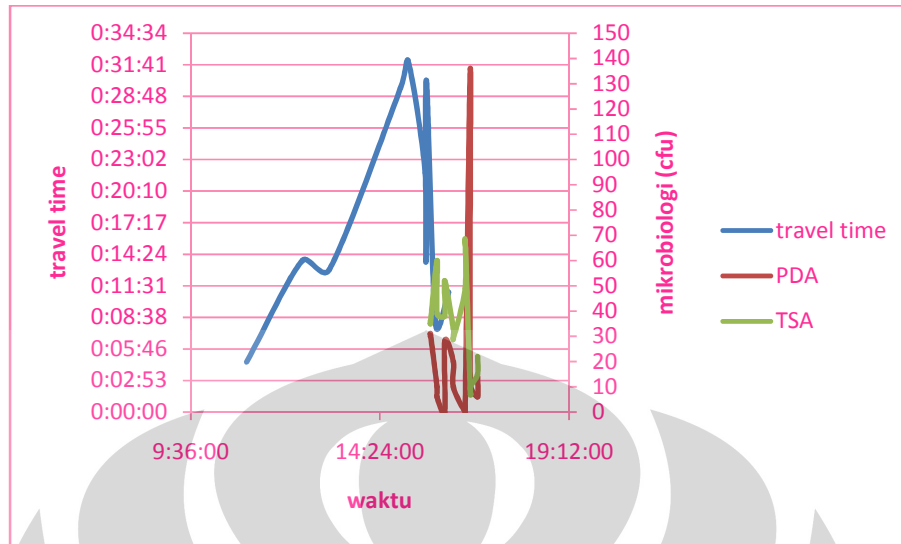


Gambar 5.9. Titik M5

Gambar 5.10. Titik M6

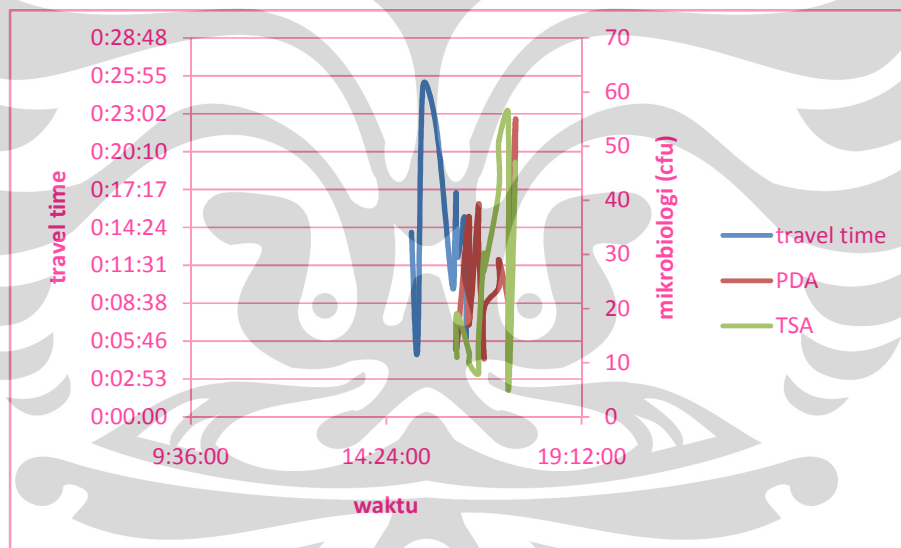
5.4.2 Pengaruh *Travel Time* Terhadap Polutan Mikrobiologi

Polutan mikrobiologi lebih banyak disebabkan oleh kondisi lingkungan sekitar di dalam ruang parkir basement, khususnya ialah suhu dan kelembaban. Hal ini disebabkan karena tumbuhnya bakteri dan jamur tergantung pada kondisi-kondisi tertentu. Bakteri dan jamur biasanya tumbuh pada keadaan dengan tingkat kelembaban tinggi. Namun pada sub bab ini juga akan dilihat apakah *travel time* memiliki pengaruh terhadap tumbuhnya mikrobiologi dalam parkir basement, melalui grafik di bawah ini :



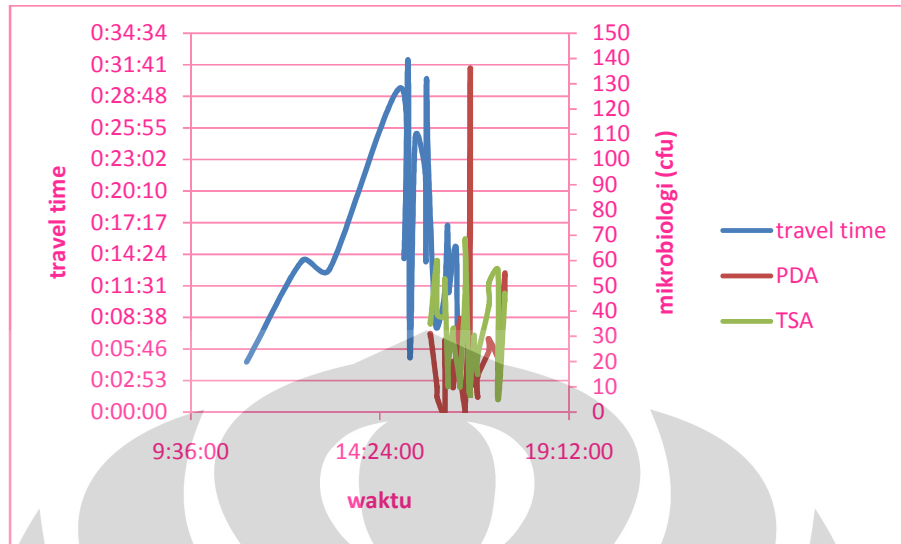
Gambar 5.11. Hubungan *Travel Time* dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Sabtu

Sumber : Hasil Olahan

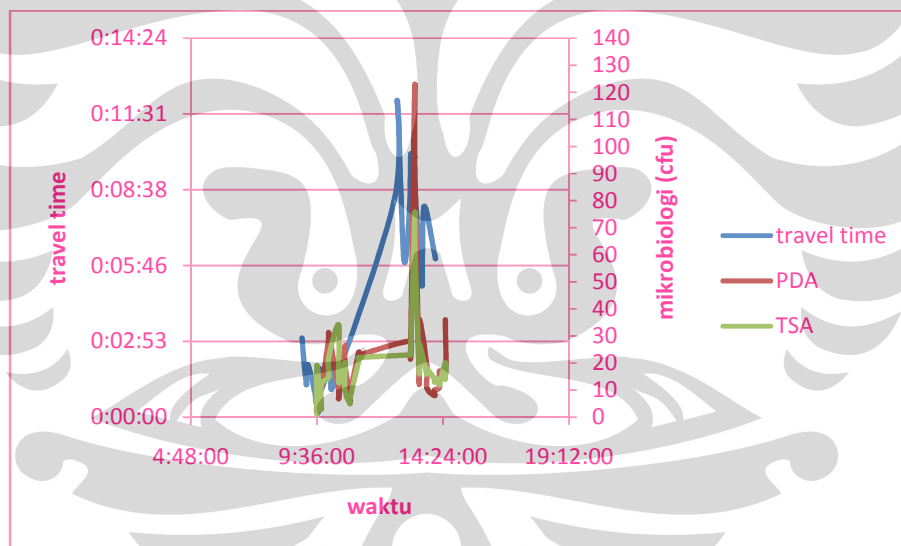


Gambar 5.12. Hubungan *Travel Time* dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Minggu

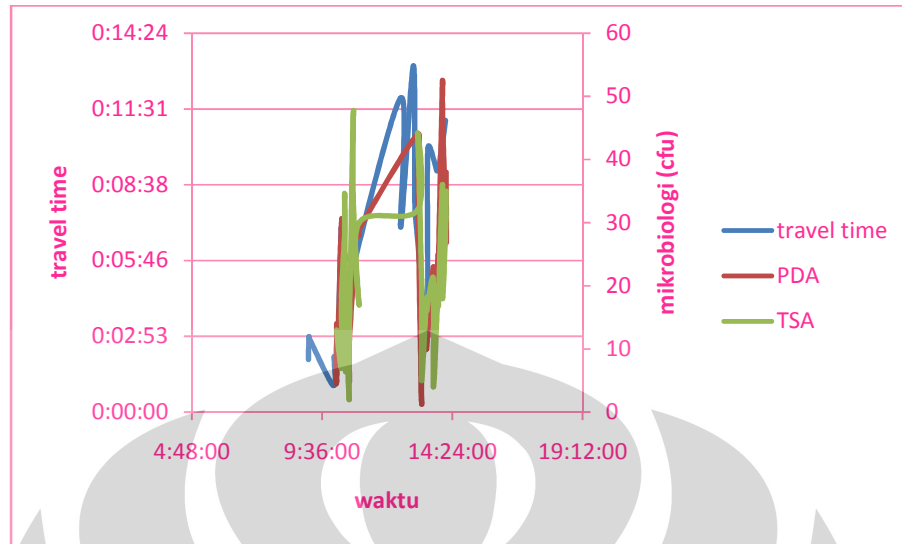
Sumber : Hasil Olahan



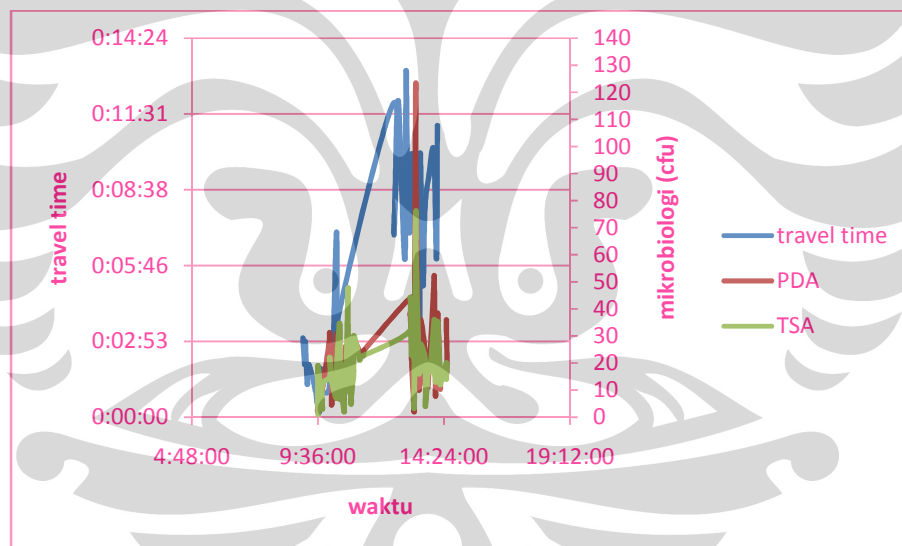
Gambar 5.13. Hubungan *Travel Time* dan Polutan Mikrobiologi Pada Akhir Pekan
Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.14. Hubungan *Travel Time* dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Selasa
Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.15. Hubungan *Travel Time* dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Rabu
Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.16. Hubungan *Travel Time* dan Polutan Mikrobiologi Pada Hari Kerja
Sumber : Hasil Olahan

Tumbuhnya polutan mikrobiologi dalam ruang parkir basement Mall X akan lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dalam ruang tersebut, khususnya kelembaban udara. Kelembaban yang tinggi akan membantu tumbuhnya bakteri dan jamur. Kondisi kelembaban berkebalikan dengan *travel time*. Saat pagi hari *travel time* yang dibutuhkan masih rendah, kelembaban udara dalam ruang tersebut tinggi. Di siang hari, kelembaban udara berkurang dan suhu

udara meningkat seiring dengan *travel time* yang tinggi. Ini disebabkan karena kendaraan yang melaju akan meningkatkan suhu udara.

Akan tetapi, jika diperhatikan melalui grafik-grafik di atas, maka pola pertumbuhan bakteri dan jamur mirip dengan pola *travel time* yang terjadi. Kemiripan pola ini terutama terjadi saat hari kerja. Saat pagi hari *travel time* masih rendah, pertumbuhan bakteri dan jamur juga masih rendah. Ketika siang hari *travel time* meningkat, pertumbuhan mikrobiologi pun meningkat. Untuk akhir pekan, terdapat pergeseran waktu beberapa jam setelah *travel time* maksimum untuk mencapai pertumbuhan mikrobiologi maksimum.

Travel time yang tinggi menunjukkan padatnya kendaraan bermotor di dalam parkir basement. Hal ini menyebabkan meningkatnya sirkulasi udara dalam ruang parkir basement. Turbulensi udara yang terjadi karena arus kendaraan saat parkir menyebabkan mikrobiologi yang awalnya menempel pada dinding atau lantai ruangan, menjadi lebih bebas di udara. Ini membuat lebih banyak mikrobiologi yang menempel pada medium saat dilakukan pengukuran.

Hal lain yang menyebabkan mempengaruhi mikrobiologi adalah karena timbulnya bahan organik yang tinggi saat siang hari. Bahan organik yang tinggi di siang hari karena bertepatan dengan waktu makan siang. Letak Mall X yang berada di kawasan perkantoran membuat Mall X ramai dikunjungi pengunjung saat jam istirahat kerja. Banyaknya pengunjung yang datang dan makan siang di Mall X menyebabkan kandungan organik di sekitar parkir basement pun meningkat. Hal ini disebabkan karena pada parkir basement terdapat saluran air kotor dari Mall X dan beberapa toilet. *Travel time* di sini akan menggambarkan banyaknya pengunjung yang datang ke Mall X ini.

Sedangkan pada akhir pekan mengalami pergeseran waktu beberapa jam antara *travel time* maksimum dengan pertumbuhan mikrobiologi maksimum. Hal ini disebabkan karena pengunjung melakukan aktivitas yang menghasilkan kadar organik tinggi pada sore menjelang malam hari. Aktivitas tersebut seperti makan malam dan buang air. Sehingga tingginya *travel time* di sore hari tidak seiring dengan zat organik yang timbul. Fenomena ini diperkuat dengan kelembaban yang kembali tinggi saat menjelang malam hari.

Uraian di atas membuktikan bahwa *travel time* tidak memiliki pengaruh langsung terhadap pertumbuhan mikrobiologi dalam ruang parkir basement. *Travel time* yang tinggi hanya menjadi indikator bagi banyaknya kendaraan bermotor maupun pengunjung yang hadir di Mall X tersebut. Banyaknya kendaraan bermotor akan meningkatkan turbulensi udara dalam ruang parkir basement. Selain dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, banyaknya pengunjung tersebut akan mempengaruhi jumlah nutrisi bagi bakteri dan jamur untuk tumbuh.

5.5 Kuesioner

5.5.1 Hasil Kuesioner

Kuesioner digunakan untuk mengamati dampak kesehatan yang terjadi pada manusia yang berada dalam parkir basement Mall X. Kuesioner ini digunakan untuk mengetahui apakah keberadaan seseorang dalam parkir basement dapat mempengaruhi kesehatan dan produktifitasnya. Dampak kesehatan yang diukur hanya merupakan dampak dari faktor kualitas udara pada parkir basement Mall X. Responden yang diambil sebanyak 50 orang dan diklasifikasikan berdasarkan maksud atau fungsi keberadaan responden dan lama *eksposure*.

Responden terdiri dari :

- a. Petugas parkir basement = 15 orang
- b. Supir yang menunggu pada parkir basement = 5 orang
- c. Pengunjung mall = 25 orang
- d. Penjaga toko pada lantai semi basement = 5 orang

Responden tersebut berumur antara 19-50 tahun. Dengan jumlah responden laki-laki sebanyak 31 orang (62%) dan perempuan 19 orang (38%). Sedangkan tingkat pendidikan dari responden adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5. Tingkat Pendidikan Responden

Pendidikan	Jumlah Responden	Persentase
SD	3 orang	6%
SMP	13 orang	26%
SMA	30 orang	60%
S1	4 orang	8%

Sumber : Hasil Olahan

Untuk mengidentifikasi dampak kesehatan yang ditimbulkan dari kualitas udara parkir basement, tidak hanya melihat parameter kualitas udara saja, tetapi juga memperhatikan faktor lainnya. Hal ini perlu diperhatikan untuk validitas data yang diambil karena ada kemungkinan bahwa kesehatan seseorang yang kurang baik bukan disebabkan oleh keberadaannya dalam parkir basement, tapi karena faktor-faktor lainnya tersebut. Faktor-faktor itu antara lain berupa kebiasaan hidup sehat, merokok, atau penyakit yang sudah dimiliki sebelum berada di parkir basement. Data dari faktor tersebut ditampilkan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 5.6. Data Responden

Parameter	Ya	Tidak	Keterangan
Merokok	49%	51%	Kurang dari 5 batang = 29% 5 sampai 10 batang = 18% Lebih dari 10 batang = 2%
Selalu sarapan sebelum beraktivitas	57%	43%	
Makan siang teratur	71%	29%	Pukul 12.00-13.00
Memiliki penyakit tertentu	6%	94%	Alergi
Memiliki penyakit alergi	8%	92%	
Mengalami gatal-gatal jika terkena udara dingin	12%	88%	10% responden menyatakan gejala gatal-gatal tersebut terjadi saat/setelah berada di parkir basement Mall X
Mengalami sakit keras akibat berada di parkir basement Mall X	0%	100%	

Sumber: Hasil Olahan

Seperti yang telah disebutkan di atas, responden yang diambil sebelumnya diklasifikasikan menurut maksud atau fungsi keberadaan responden dan waktu *eksposure* (paparan). Berikut ini merupakan data waktu paparan dari setiap kelas :

Tabel 5.7. Waktu *Exposure* Responden

Responden	Lokasi	Frekuensi Dalam Basement (hari/pekan)	Lama Dalam Basement (jam/hari)
Petugas parkir basement	dalam parkir basement	6	8
Supir	dalam parkir basement/ruang tunggu supir	1-4	1-3
Pengunjung mall	pertokoan sekitar parkir basement	1-4	1-3
Responden	Lokasi	Frekuensi Dalam Basement (hari/pekan)	Lama Dalam Basement (jam/hari)
Penjaga toko	pertokoan di lantai semi basement	7	12

Sumber: Hasil Olahan

Setelah mengidentifikasi responden yang diukur, berdasarkan maksud atau fungsi keberadaan responden dan lama paparan, maka selanjutnya akan terlihat efek kesehatan yang terjadi pada setiap responden. Posisi kerja atau fungsi keberadaan responden dan lama paparan tersebut akan menentukan besarnya resiko efek kesehatan yang ditimbulkan. Semakin dekat posisi responden dengan sumber polutan dan semakin lama responden terpapar, maka konsentrasi polutan yang terpapar akan semakin tinggi sehingga dampak kesehatannya pun akan semakin terlihat.

Hasil kuesioner berupa gejala kesehatan yang terjadi dibedakan menurut tipe pekerjaan dari responden, seperti pada tabel di atas. Petugas basement dan supir diambil menjadi responden karena posisi pekerjaan yang mengharuskan berada di dalam parkir basement, dimana hal ini berarti mendapat paparan langsung dari polutan yang ada di parkir basement. Namun, kedua jenis pekerjaan tersebut memiliki waktu paparan yang berbeda. Maka pengamatan dan pembahasan hasil kuesioner pun akan dilakukan terpisah. Sedangkan populasi penjaga toko dimasukkan ke dalam responden karena toko tersebut berada di lantai semi basement. Toko-toko yang diteliti berada satu lantai dengan parkir semi basement. Sehingga memungkinkan polutan yang berada di parkir basement

untuk masuk ke dalam daerah pertokoan. Pengunjung termasuk ke dalam populasi yang diteliti karena pengunjung juga berada di parkir basement, walaupun pada waktu yang tidak lama.

Hasil kuesioner yang menunjukkan gejala kesehatan yang dirasakan responden dapat dilihat pada lampiran 8. Dari data yang didapatkan, terlihat bahwa untuk populasi pengunjung adalah yang paling sedikit merasakan menurunnya kesehatan. populasi penjaga toko pun tidak menunjukkan efek yang signifikan. Hasil ini sesuai dengan teori perhitungan *risk assessment* yang menyatakan bahwa lama paparan mempengaruhi konsentrasi polutan yang masuk ke dalam tubuh. Paparan yang tidak langsung terhadap dua populasi responden ini juga menyebabkan dampak kesehatan yang ditimbulkan tidak terlalu besar. Hal ini terlihat dari gejala gangguan kesehatan yang tidak banyak terjadi.

Hasil pada populasi penjaga toko dan pengunjung sangat berbeda dengan petugas basement dan supir. Kedua populasi ini menunjukkan hasil yang cukup signifikan di beberapa gejala. Oleh karena itu, selanjutnya pembahasan akan lebih banyak dilakukan pada petugas basement dan supir. Di antara kedua populasi itu, maka populasi yang lebih banyak merasakan gangguan kesehatan saat berada di parkir basement adalah petugas basement. Ini disebabkan karena petugas basement terpapar polutan lebih lama daripada supir. Sehingga konsentrasi polutan yang terpapar lebih tinggi dan efek kesehatan yang ditimbulkan pun lebih besar.

Pada lampiran 8 dapat dilihat bahwa gejala yang lebih banyak dirasakan oleh petugas di dalam basement, antara lain :

- a. Mata pedih/gatal/berair/sakit mata
- b. Tenggorokan gatal/kering/sakit/suara payau
- c. Kelelahan/lemas/lesu/badan gemetar
- d. Sesak napas/batuk/bersin/flu/pilek

Sedangkan supir lebih banyak merasakan gejala nomor 1 dan 2 saja. Sedangkan gejala no 3 dan 4 tidak banyak yang menyatakan sering merasakan gejala tersebut.

Pernyataan di atas sesuai dengan rute paparan yang terjadi pada polutan, terutama oleh CO. Rute paparan CO adalah melalui pernapasan dan kontak mata. Karena mata dan tenggorokan merupakan organ pertama yang terkena paparan,

maka gejala pertama yang akan dirasakan adalah mata pedih berair dan tenggorokan sakit. Oleh karena itu, populasi supir dengan waktu paparan yang tidak terlalu lama, hanya sekitar 1-3 jam, hanya merasakan kedua gejala ini.

Sedangkan petugas basement dengan waktu paparan mencapai 8 jam/hari, maka gejala gangguan kesehatan yang dirasakan pun lebih banyak. Selanjutnya CO akan masuk ke dalam paru-paru dan terabsorpsi dalam darah melalui alveolus. Kemudian CO akan berikatan dengan darah dan membentuk karboksihaemoglobin (COHb). Hal ini menyebabkan manusia yang terpapar CO dalam konsentrasi yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama, seperti petugas di parkir basement, akan merasakan kelelahan dan sesak napas. Ini disebabkan karena oksigen dalam darah digantikan oleh CO, sehingga manusia tersebut akan kekurangan oksigen.

Uraian di atas menunjukkan bahwa untuk resiko kesehatan jangka pendek, maka petugas parkir basement memiliki tingkat resiko yang paling besar. Akan tetapi, populasi pengunjung, supir, dan penjaga toko di sekitar parkir basement juga harus diperhatikan tingkat resiko kesehatan jangka panjangnya. Hal ini disebabkan karena populasi tersebut juga memiliki resiko terpapar polutan dalam parkir basement.

35% dari seluruh populasi responden menyatakan bahwa gejala gangguan kesehatan tersebut terjadi beberapa saat setelah berada dalam parkir basement, sedangkan 32% menyatakan bahwa gejala tersebut terjadi begitu sampai dalam parkir basement. 90% responden mengatakan gejala tersebut hilang setelah keluar dari parkir basement dan tidak dirasakan saat berada di rumah.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah imunitas dari responden, khususnya pekerja dalam parkir basement. Lamanya seorang pekerja berada dalam parkir basement, mencapai 8x6 jam setiap pekan, membuat pekerja tersebut memiliki sistem kekebalan tubuh yang terbentuk karena kebiasaan. Pekerja yang terbiasa berada dalam waktu lama dalam parkir basement akan membuat tubuhnya terbiasa dengan keadaan dalam parkir basement tersebut, sehingga mereka tidak lagi merasakan gejala-gejala seperti di atas.

Namun, melalui kuesioner ini tetap menunjukkan bahwa kualitas udara memiliki pengaruh pada kesehatan manusia. Apalagi, responden sendiri

menyebutkan bahwa gejala-gejala yang mereka rasakan dalam parkir basement tidak dirasakan lagi ketika berada di rumah atau di luar parkir basement. Ini berarti bahwa gejala tersebut memang terjadi akibat kualitas udara yang tidak baik dalam parkir basement. Sedangkan untuk mengukur sejauh mana kualitas udara mempengaruhi tingkat kesehatan, salah satu faktor yang mempengaruhi adalah lamanya paparan (*eksposure*).

5.5.2 Pengaruh *Travel Time* Terhadap Tingkat Kesehatan

Travel time tidak memiliki pengaruh langsung terhadap tingkat kesehatan manusia. *Travel time* akan mempengaruhi konsentrasi polutan yang terdapat dalam parkir basement. Tingginya konsentrasi polutan itulah yang akan mempengaruhi kesehatan manusia yang berada dalam parkir basement. Dari bahasan sebelumnya diketahui bahwa semakin lama *travel time* yang dibutuhkan, maka kadar polutan dalam parkir basement juga semakin tinggi. Ini berarti bahwa gejala menurunnya kesehatan akan semakin banyak dirasakan oleh pekerja dalam parkir basement tersebut. Sehingga *travel time* yang tinggi akan menyebabkan resiko kesehatan yang semakin tinggi juga.

Hal lain yang dapat mempengaruhi resiko kesehatan manusia adalah lamanya *eksposure* terhadap polutan. Semakin lama paparan manusia terhadap polutan, maka resiko kesehatannya pun juga akan semakin tinggi. Faktor lainnya yang mempengaruhi resiko menurunnya tingkat kesehatan manusia akibat paparan dari polutan, antara lain konsentrasi polutan, frekuensi *eksposure*, dan berat badan. Sedangkan *travel time* mempengaruhi faktor konsentrasi polutan yang terbentuk. Resiko kesehatan ini dapat terlihat jelas jika dilakukan perhitungan tinjauan resiko (*risk assessment*) terhadap manusia dalam parkir basement.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian ini, antara lain :

- a. Kualitas udara untuk parameter polutan udara CO dan NO di parkir basement Mall X sudah melebihi baku mutu untuk kualitas udara dalam ruang kerja. Rata-rata konsentrasi CO mencapai 59 ppm dan NO 2 ppm. Sedangkan baku mutu kualitas udara dari Bapedal menyatakan bahwa maksimal CO sebesar 9 ppm dan NO sebesar 0,05 ppm. Parameter mikrobiologi dalam parkir basement lebih rendah daripada di luar parkir basement.
- b. Populasi manusia yang paling rawan terkena dampak kesehatan jangka pendek akibat buruknya kualitas udara dalam parkir basement ialah pekerja parkir. Pekerja parkir dalam parkir basement terpapar langsung dengan waktu paparan yang paling lama daripada populasi lainnya. Namun populasi supir, pengunjung, dan penjaga toko di sekitar parkir basement juga memiliki resiko terkena dampak kesehatan jangka panjang. Gejala yang paling banyak terjadi ialah mata pedih, tenggorokan gatal, kelelahan/lemas, dan sesak napas.
- c. Semakin lama *travel time* yang dibutuhkan, maka kadar polutan dalam parkir basement juga semakin tinggi. Pergerakan kendaraan pada parkir basement yang tinggi akan semakin beresiko daripada pergerakan kendaraan yang sedikit. Gejala menurunnya kesehatan akan semakin banyak dirasakan oleh pekerja dalam parkir basement. Sehingga *travel time* yang tinggi akan menyebabkan resiko kesehatan yang semakin tinggi juga.

6.2 Rekomendasi dan Saran

Dari kesimpulan di atas, didapatkan bahwa jumlah polutan dalam parkir basement Mall X melebihi baku mutu udara dalam ruang, sehingga menimbulkan efek kesehatan pada pekerja di dalamnya. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut, dapat dilakukan berbagai cara, diantaranya adalah dengan ventilasi, material yang terdapat dalam parkir basement, pengaturan parkir yang lebih baik, hingga pengaturan jam kerja karyawan parkir basement.

Jika melihat peraturan pemerintah tentang bangunan dan tempat parkir dari dinas tata kota DKI Jakarta, maka tidak ditemukan standar parkir basement yang sehat. Peraturan yang saat ini sudah ada hanya menyangkut teknis struktur bangunan untuk keselamatan dan kekuatan parkir basement. Akan tetapi tidak terdapat aturan yang menyebutkan tentang ventilasi yang baik, bukannya minimum yang seharusnya ada dalam parkir basement, hingga pengaturan material yang diperbolehkan ada di dalamnya. Sehingga, DKI Jakarta sendiri tidak memiliki profil standar parkir basement yang sehat.

Sebenarnya, parkir basement Mall X ini sudah memiliki ventilasi mekanik berupa exhaust dan blower fresh air. Kapasitas *exhaust* sebesar 15.100 m³/jam dan *air fresh* sebesar 9.000 m³/jam. Akan tetapi, melihat besarnya polutan gas yang berada dalam parkir basement tersebut, menunjukkan bahwa kapasitas ventilasi mekanik tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan udara bersih di dalamnya.

Kebutuhan aliran udara dalam ruangan adalah 6-9 kali volume ruangan per jam [36]. Berikut ini akan ditampilkan kebutuhan aliran udara di dalam parkir basement Mall X untuk setiap lantai :

Semibasement = 148.476 sampai 222.714 m³/jam

Basement 1 = 227.484 sampai 341.226 m³/jam

Basement 2 = 227.484 sampai 341.226 m³/jam

Sistem ventilasi mekanik yang ada dalam parkir basement harus memiliki kapasitas di atas untuk memenuhi kebutuhan aliran udara dalam parkir basement tersebut. Rekomendasi lainnya yang dapat dilakukan adalah pemasangan alat detector pencemar udara. Alat detector tersebut berguna untuk mendeteksi saat konsentrasi pencemar udara sudah melebihi ambang batas. Sehingga selanjutnya dapat dilakukan tindakan penyelamatan jika hal itu terjadi.

Pengaturan parkir yang lebih baik juga dapat dilakukan untuk mempersingkat *travel time* yang dibutuhkan. Dengan mempersingkat *travel time*, maka paparan polutan yang dihasilkan pun akan semakin kecil konsentrasinya. Pengaturan parkir dapat dilakukan dengan memberikan informasi di pintu masuk parkir basement tentang ketersediaan parkir setiap lantainya. Hal ini akan memudahkan kendaraan untuk menemukan tempat parkir tanpa harus berputar-putar lebih lama di dalam ruang parkir basement. Pengaturan jumlah kendaraan

yang masuk ke dalam parkir basement disesuaikan dengan kapasitas dari parkir itu sendiri. Sehingga tidak menghambat jalan dan keluar masuknya kendaraan ketika berada dalam basement.

Sedangkan untuk polutan mikrobiologi dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara, material yang terdapat di dalamnya, dan kebersihan dari ruangan. Dalam parkir basement, seharusnya tidak ada material yang terbuat dari bahan organik. Hal ini disebabkan karena material organik dapat menjadi tempat hidup yang baik bagi mikroorganisme. Oleh karena itu, bahan-bahan seperti serat fiber yang terdapat dalam salah satu sisi parkir basement mall X, sebaiknya diganti dengan material lain.

Dalam parkir basement, tidak disarankan untuk terdapat saluran air kotor yang terbuka. Demikian pula untuk pembuangan/limpasan air kotor dari dalam mall sebaiknya tidak dilakukan ke dalam parkir basement. Pembuangan air kotor tersebut seharusnya memiliki saluran tertutup sendiri yang masuk ke dalam unit pengolahan. Saluran terbuka yang terdapat dalam basement 2 Mall X akan memicu pertumbuhan mikroorganisme.

Rekomendasi terakhir yang dapat diberikan adalah pengaturan jam kerja karyawan parkir basement. Dengan memperbanyak jumlah shift pergantian karyawan akan mempersingkat lama kerja dari karyawan tersebut. Hal ini menyebabkan waktu paparan karyawan terhadap polutan semakin sedikit. Sehingga efek kesehatan yang ditimbulkan pun tidak akan terlalu besar. Seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya, bahwa lama paparan polutan dapat mempengaruhi resiko kesehatan yang ditimbulkan. Oleh karena itu, perubahan lama jam kerja dari 8 jam menjadi 6 jam dapat mengurangi gejala menurunnya kesehatan seperti yang dirasakan oleh karyawan parkir basement saat ini. Sebaiknya, petugas parkir basement tersebut dilengkapi dengan alat perlindungan diri saat melakukan aktivitas dalam parkir basement, misalnya dilengkapi dengan masker.

Intervensi sosial dan pendidikan masyarakat juga diperlukan untuk mengurangi resiko kesehatan. masyarakat perlu mengetahui bahaya pencemaran udara dan usaha yang harus dilakukan untuk menguranginya. Usaha tersebut yaitu dengan menggunakan alat perlindungan diri dan sarana transportasi umum.

DAFTAR ACUAN

- [1] Kuliah pengendalian pencemaran udara
- [2] Kuliah Pengendalian pencemaran udara
- [3] <http://www.okezone.com>
- [4] Tate, Nicholas. The Sick Building Syndrom. New Jersey : New Horizon Press. 1994. Page ix
- [5] Tate, Nicholas. Opcit. Page viii
- [6] Nevers, 1995
- [7] Kuliah pengendalian pencemaran udara
- [8] Urban Air Quality Improvement Sector Development Program
- [9] Nevers, Noel de. Air Pollution Control Engineering. Singapore : Mc Graw Hill. 2000. 2nd edition. Page 542
- [10] Nevers, Noel de. Air Pollution Control Engineering. Singapore : Mc Graw Hill. 2000. 2nd edition. Page 542
- [11] WHO. Air Quality Guidelines. Denmark : WHO Europe. 2006. Page 190
- [12] Tempo Interaktif, 2005, Metromini Penyebab Pencemaran Udara Terbesar di Jakarta, Januari 2005.
- [13] Laporan WHO. 1992.
- [14] <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>
- [15] <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>
- [16] <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>
- [17] Nishida Osami, 2001, Actual State and Prevention of Marine Air Pollution from Ships, Review of Kobe University of Mercantile Marine No. 49, Kobe-Japan.
- [18] <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>
- [19] <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>
- [20] Kuliah pengendalian pencemaran udara
- [21] Kuliah pengendalian pencemaran udara
- [22] Pedoman Detail Teknis Ketatakotaan Tentang Bangunan Tipe Tunggal, Dinas Tata Kota Dki Jakarta, Maret 1995

- [23] Pedoman Detail Teknis Ketatakotaan Tentang Bangunan Tipe Tunggal, Dinas Tata Kota Dki Jakarta, Maret 1995
- [24] Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No.7 tahun 1991 tentang Bangunan Dalam Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta
- [25] C.C.Crawford, The Technique of Research in Education. Houghton Mifflin Co. Boston. 1928
- [26] Moh. Nazir, Ph.D. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Bogor. 2005. Page 45
- [27] Moh. Nazir, Ph.D. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Bogor. 2005. Page 47
- [28] Moh. Nazir, Ph.D. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Bogor. 2005. Page 61-62
- [29] Moh. Nazir, Ph.D. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Bogor. 2005. Page 277
- [30] Sugiono. 2006. Statistika untuk Penelitian, Bandung: Alfabeta. Page 117
- [31] Sugiono. 2006. Statistika untuk Penelitian, Bandung: Alfabeta. Page 117
- [32] Dwi Priyatno. *Mandiri Belajar SPSS (Statistical Product and Service Solution) untuk Analisis Data & Uji Statistik*. (Jakarta:Mediakom, 2008) hal 16
- [33] Sugiono. 2006. Statistika untuk Penelitian, Bandung: Alfabeta. Page 138
- [34] <http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/carbonmonoxide>
- [35] Pimenta, Raphael S. Journal of Microbiology : Biological Control Of *Penicillium Italicum*, *P. Digitatum* And *P. Expansum* By The Predacious Yeast *Saccharomycopsis Schoenii* On Oranges. (Brasil : 3 Juli 2007).
- [36] Nevers, Noel de. Air Pollution Control Engineering. Singapore : Mc Graw Hill. 2000. 2nd edition. Page 548.

DAFTAR REFERENSI

- Bappenas. 2006. *Atlas Kualitas Udara Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta*. UAQ-i, Urban Air Quality Improvement Sector Development Program.
- Dinas Tata Kota DKI Jakarta. 1995. *Pedoman Detail Teknis Ketatakotaan Tentang Bangunan Tipe Tunggal*.
- Drijejana. *Pemantauan dan Pengelolaan Kualitas Udara*. UAQ-i, Urban Air Quality Improvement Sector Development Program.
- EPA. 1992. *Guidelines For Exposure Assessment*. Washington, DC : EPA.
- Godish, Thad. 2004. *Air Quality*. Washington DC : Lewis Publishers. 4th edition.
- <http://www.asmakmalaiikat.com/go/artikel/sains/sains6.htm>. Akses tanggal 16 Oktober 2009.
- <http://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi>. Akses tanggal 16 Maret 2010.
- <http://www.cdc.gov/niosh>. Akses tanggal 5 Mei 2010.
- <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>. Akses tanggal 16 Oktober 2009.
- <http://www.environment-agency.gov.uk>. Akses tanggal 5 Mei 2010.
- <http://www.okezone.com>. Akses tanggal 25 September 2009.
- <http://www.osha.gov>. Akses tanggal 5 Mei 2010.
- <http://staff.undip.ac.id/env/semestergenap/files/2009/09/Buku-Ajar-Pencemaran-Udara.pdf>. Akses tanggal 16 Oktober 2009.
- <http://www.statsosft.com/textbook/stnonpar.html>. Akses tanggal 25 September 2009.
- http://www.tempointeraktif.com/hg/jakarta/2005/01/18/brk_20050118-10.id.html. Akses tanggal 16 Oktober 2009.
- International Chemical Safety Card NIOSH
- Kuliah Pengendalian pencemaran udara
- Material Safety Data Sheet Carbon monoxide
- Moh. Nazir, Ph.D. 2005. *Metode Penelitian*. Bogor : Ghalia Indonesia.

- National Academic Press. 2002. *The Ongoing Challenge of Managing Carbon Monoxide Pollution in Fairbanks, Alaska*. Washington : National Academic of Sciences.
- Nevers, Noel de. *Air Pollution Control Engineering*. Singapore : Mc Graw Hill. 2000. 2nd edition.
- Pimenta, Raphael S. *Journal of Microbiology : Biological Control Of Penicillium Italicum, P. Digitatum And P. Expansum By The Predacious Yeast Saccharomycopsis Schoenii On Oranges*. (Brasil : 3 Juli 2007).
- Priyatno, Dwi. 2008. *Mandiri Belajar SPSS (Statistical Product and Service Solution) untuk Analisis Data & Uji Statistik*. Jakarta: Mediakom.
- Spengler, John D. 2001. *Indoor Air Quality Handbook*. United States of America : McGraw-Hill.
- Sugiono. 2006. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- WHO. 2006. *Air Quality Guidelines*. Denmark : WHO Europe
- WHO. 2005. *Health Effects of Transport-Related Air Pollution*. Denmark : WHO Regional Office for Europe.



Data Hasil Penelitian *Travel Time*

Hari	Mobil	Jam Masuk	Jam Tiba	Durasi
Sabtu	1	11:01:00	11:05:00	0:04:35
	2	13:07:00	13:20:00	0:13:00
	3	14:55:28	15:25:01	0:29:33
	4	15:06:58	15:39:00	0:32:02
	5	15:34:08	15:48:00	0:13:52
	6	12:26:11	12:40:01	0:13:50
	7	15:49:05	15:57:00	0:07:55
	8	15:33:18	15:55:07	0:21:49
	9	15:34:51	16:05:03	0:30:12
	10	16:09:05	16:20:01	0:10:56
Minggu	11	15:18:00	15:43:00	0:25:00
	12	15:38:00	16:00:00	0:22:00
	13	16:05:00	16:18:11	0:13:11
	14	16:20:00	16:35:02	0:15:02
	15	15:10:00	15:15:00	0:05:00
	16	16:01:00	16:11:04	0:10:04
	17	16:22:00	16:28:00	0:06:00
	18	16:09:00	16:21:08	0:12:08
	19	15:01:00	15:15:00	0:14:00
	20	16:07:00	16:24:00	0:17:00
Selasa Pagi	21	9:02:00	9:05:00	0:03:00
	22	9:34:25	9:35:00	0:00:35
	23	9:31:00	9:32:00	0:01:00
	24	9:39:52	9:40:06	0:00:14
	25	9:15:00	9:17:00	0:02:00
	26	9:42:00	9:43:50	0:01:50
	27	9:44:00	9:45:00	0:01:00
	28	10:11:00	10:13:00	0:02:00
	29	10:12:00	10:13:08	0:01:08
	30	9:12:00	9:13:15	0:01:15
Rabu Pagi	31	9:06:00	9:08:00	0:02:00
	32	9:07:08	9:10:00	0:02:52
	33	9:07:15	9:10:05	0:02:50
	34	10:01:00	10:02:01	0:01:01
	35	10:03:00	10:05:06	0:02:06
	36	10:12:00	10:15:00	0:03:00
	37	10:11:00	10:13:00	0:02:00
	38	10:20:00	10:22:05	0:02:05
	39	10:19:00	10:26:01	0:07:01
	40	10:25:00	10:29:01	0:04:01

Hari	Mobil	Jam Masuk	Jam Tiba	Durasi
Rabu Siang	41	12:30:00	12:37:02	0:07:02
	42	12:32:00	12:40:11	0:08:11
	43	12:29:10	12:41:05	0:11:55
	44	12:55:00	13:01:00	0:06:00
	45	12:40:00	12:52:00	0:12:00
	46	13:01:00	13:09:00	0:08:00
	47	13:11:00	13:21:00	0:10:00
	48	13:08:00	13:16:00	0:08:00
	49	12:58:00	13:11:09	0:13:09
	50	13:18:00	13:27:00	0:09:00
	51	13:28:00	13:31:09	0:03:09
	52	13:30:00	13:40:01	0:10:01
	53	13:05:00	13:12:00	0:07:00
	54	13:35:00	13:40:00	0:05:00
	55	13:37:00	13:42:00	0:05:00
	56	13:41:00	13:49:00	0:08:00
	57	13:50:00	13:59:10	0:09:10
	58	14:01:08	14:11:15	0:10:07
	59	14:07:00	14:13:01	0:06:01
	60	14:09:00	14:20:05	0:11:05

Lampiran 4 : Data Hasil Penelitian Polutan Gas

Data Hasil Penelitian Polutan Gas

Hari	Titik G1						Titik G2						Titik G3					
	Jam	CO (ppm)	NO (ppm)	Jam	CO (ppm)	NO (ppm)	Jam	CO (ppm)	NO (ppm)	Jam	CO (ppm)	NO (ppm)	Jam	CO (ppm)	NO (ppm)	Jam	CO (ppm)	NO (ppm)
Sabtu	16.32	99	3	16.42	76	2	16.16	84	2	16.26	105	3	15.41	66	2	15.51	81	2
Minggu	16.48	107	3	16.58	91	2	16.05	42	1	16.15	71	2	17.32	97	3	17.42	92	3
Selasa Pagi	10.50	53	2	11.01	47	2	10.18	36	1	10.30	37	1	9.55	31	1	10.06	36	1
Selasa Siang	13.20	43	2	13.30	43	2	13.45	41	2	13.53	46	2	14.15	54	2	14.22	58	2
Rabu Pagi	10.37	45	2	10.47	52	2	10.14	35	1	10.24	34	1	9.53	31	1	10.03	32	1
Rabu Siang	13.58	64	2	14.08	63	2	13.44	54	2	13.54	51	2	13.19	62	2	13.29	58	2

Lampiran 5 : Data Kelembaban dan Suhu Udara Parkir Basement

Data Kelembaban dan Suhu Udara Parkir Basement

Hari	Titik G1			Titik G2			Titik G3											
	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo						
Sabtu	16.34	56	36	16.44	59	34	16.18	60	34	16.28	58	35	15.41	80	30	15.51	58	34
Minggu	16.48	60	35	16.58	65	34	16.05	69	31	16.15	64	33	17.32	61	35	17.42	57	35
Selasa Pagi	10.50	76	33	11.01	72	33	10.18	65	33	10.30	66	33	9.55	68	33	10.06	69	33
Selasa Siang	13.20	68	33	13.30	66	34	13.45	62	33	13.53	60	34	14.15	63	34	14.22	62	34
Rabu Pagi	10.37	64	36	10.47	58	35	10.14	63	35	10.24	66	34	9.53	65	33	10.03	64	34
Rabu Siang	13.58	60	34	14.08	60	34	13.44	60	34	13.54	56	35	13.19	68	35	13.29	60	34

Hari	Titik M1			Titik M2			Titik M3			Titik M4		
	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo
Sabtu	16.39	50	35	16.47	59	35	16.53	62	34	16.23	60	36
Minggu	16.30	60	34	16.40	64	34	16.53	60	34	16.23	64	34
Selasa Pagi	10.42	73	32	10.58	69	33	11.12	68	33	10.25	70	33
Selasa Siang	13.10	69	31	13.24	63	33	13.37	64	33	13.49	62	34
Rabu Pagi	11.22	62	34	11.20	60	34	11.26	64	33	11.01	59	34
Rabu Siang	14.17	62	34	14.12	62	34	14.20	63	33	13.41	66	34

Hari	Titik M5			Titik M6			Titik M7		
	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo	Jam	Higro	Termo
Sabtu	16.02	64	35	15.58	56	36	16.10	47	34
Minggu	17.10	60	35	17.28	54	35	18.06	52	33
Selasa Pagi	10.03	68	33	9.47	68	33	9.37	71	31
Selasa Siang	14.06	66	34	14.19	60	34	14.30	59	35
Rabu Pagi	11.06	60	34	11.09	60	34	11.13	54	34
Rabu Siang	13.15	62	35	13.12	60	34	13.09	56	34

Lampiran 6 : Data Hasil Penelitian Mikrobiologi

Data Hasil Penelitian Mikrobiologi**Dalam Ruang**

Titik	Pengukuran	Hari					
		Sabtu	Minggu	Selasa Pagi	Selasa Siang	Rabu Pagi	Rabu Siang
M1	Jam	16.34	16.26	10.40	13.10	10.19	13.53
	PDA 1	>300	37	26	28	30	25
	PDA 2	2	17	20	22	24	23
	TSA 1	49	12	20	23	7	20
	TSA 2	67	10	10	23	18	17
M2	Jam	16.42	16.40	10.52	13.20	10.08	14.02
	PDA 1	136	39	6	121	14	52
	PDA 2	11	32	9	96	5	48
	TSA 1	7	8	5	75	13	36
	TSA 2	10	14	7	66	13	18
M3	Jam	16.53	16.48	11.12	13.30	10.28	14.10
	PDA 1	6	11	24	14	15	27
	PDA 2	14	20	23	36	17	38
	TSA 1	15	30	21	17	7	31
	TSA 2	22	27	22	27	14	35
M4	Jam	16.16	16.08	10.26	13.47	10.58	13.42
	PDA 1	20	19	10	19	28	23
	PDA 2	10	13	7	11	29	12
	TSA 1	33	11	34	16	17	21
	TSA 2	29	19	13	18	30	4
M5	Jam	15.41	17.10	10.03	14.05	10.45	13.27
	PDA 1	30	24	29	8	21	10
	PDA 2	31	29	31	10	27	10
	TSA 1	36	42	15	14	47	18
	TSA 2	35	51	22	13	34	16
M6	Jam	15.51	17.24	9.46	14.16	10.36	13.16
	PDA 1	10	21	11	11	5	2
	PDA 2	6	17	10	17	11	9
	TSA 1	60	56	3	14	2	21
	TSA 2	39	5	12	12	11	5
M7	Jam	16.03	17.34	9.36	14.30	10.26	13.07
	PDA 1	>300	54	6	16	25	44
	PDA 2	28	44	2	36	23	38
	TSA 1	38	44	1	20	29	32
	TSA 2	52	47	19	14	34	44

Luar Ruang

Titik	Pengukuran	Rabu
O1	Jam	11.43
	PDA 1	17
	PDA 2	29
	TSA 1	47
	TSA 2	74
	Higro	45%
	Termo	36.3
O2	Jam	12.03
	PDA 1	28
	PDA 2	46
	TSA 1	48
	TSA 2	42
	Higro	42%
	Termo	38.5
O3	Jam	12.22
	PDA 1	22
	PDA 2	26
	TSA 1	61
	TSA 2	87
	Higro	44%
	Termo	37.2

Lampiran 7 : Perhitungan Uji t Parameter Mikrobiologi

T-Test Parameter Mikrobiologi

Dalam Ruang :

PDA

Rata2	24.08537		Varians	488.0544
Max	136		s	22.0919
Min	2		n	82
St dev	22.09195			

TSA

Rata2	24.02381		varians	263.2524
Max	75		s	16.225
Min	1		n	84
St dev	16.22506			

Luar Ruang :

PDA

TSA

Rata2	28	Rata2	59.83333
Max	46	Max	87
Min	17	Min	42
St Dev	9.859006	St dev	17.67956
varians	97.2	varians	312.5667
s	9.859	s	17.6795

Korelasi :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

Independent :

$$F = \frac{\text{Varians terbesar}}{\text{Varians terkecil}}$$

Separated Varians :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Polled Varians :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

PDA

$$F = \frac{\text{Varians terbesar}}{\text{Varians terkecil}} = \frac{488.0544}{97.2} = 5.0211$$

Dk pembilang = 81

Dk penyebut = 5

F tabel = 4.4152 → F tabel < F hitung → Varians homogen → Polled varians

$$t = \frac{24,085 - 28}{\sqrt{\frac{(82 - 6)488.0544 + (6 - 1)97.2}{82 + 6 - 2} \left(\frac{1}{82} + \frac{1}{6}\right)}} = -0,4428$$

Dk = $n_1 + n_2 - 2 = 82 + 6 - 2 = 86$ → t tabel = **1,9913**

T hitung < t tabel → H0 ditolak, H1 diterima → perbedaan signifikan PDA indoor dan outdoor

TSA

$$F = \frac{\text{Varians terbesar}}{\text{Varians terkecil}} = \frac{312.5667}{263.2524} = 1.1873$$

Dk pembilang = 83

Dk penyebut = 5

F tabel = 4.4136 → F tabel > F hitung → varians tidak homogen → Separated varians

$$t = \frac{24,024 - 59,833}{\sqrt{\frac{263.2524}{84} + \frac{312.5667}{6}}} = -4,8185$$

$Dk = n_1 - 1 = 84 - 1 = 83 \rightarrow t \text{ tabel} = 1,9923$

$Dk = n_2 - 1 = 6 - 1 = 5 \rightarrow t \text{ tabel} = 2,571$

$$t \text{ tabel} = \left(\frac{2,571 - 1,9923}{2} \right) + 1,9923 = \mathbf{2,28165}$$

$T \text{ hitung} < t \text{ tabel} \rightarrow H_0 \text{ ditolak, } H_1 \text{ diterima} \rightarrow \text{perbedaan signifikan TSA indoor dan outdoor}$



Lampiran 8 : Data Hasil Kuesioner

Tabel Data Hasil Kuesioner

Gejala	Petugas Basement				Supir			Penjaga Toko				Pengunjung				
	Selalu Terjadi	Terjadi > 50%	Terjadi < 50%	Tidak Pernah	Selalu Terjadi	Terjadi > 50%	Terjadi < 50%	Tidak Pernah	Selalu Terjadi	Terjadi > 50%	Terjadi < 50%	Tidak Pernah	Selalu Terjadi	Terjadi > 50%	Terjadi < 50%	Tidak Pernah
Mata pedih/gatal/berair/sakit mata	87%	7%	7%	0%	80%	20%	0%	0%	0%	40%	0%	60%	21%	75%	0%	4%
Sesak napas/batuk/bersin/flu/pilek	20%	7%	20%	53%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	4%	4%	92%
Tenggorokan gatal/kering/sakit/suara payau	53%	7%	7%	33%	40%	0%	0%	60%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	4%	96%
Kulit gatal/kering/merah/iritasi	7%	7%	0%	87%	20%	20%	0%	60%	0%	0%	0%	100%	0%	4%	8%	88%
Badan terasa dingin atau demam	0%	0%	7%	93%	0%	0%	0%	100%	40%	0%	0%	60%	0%	0%	4%	96%
Kelelahan/lemas/lesu/badan gemetar	53%	13%	20%	13%	0%	40%	0%	60%	20%	0%	0%	80%	0%	4%	0%	96%
Gejala atau penyakit lainnya	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	20%	20%	0%	60%	0%	0%	0%	100%

Sumber : Hasil Olahan

Kuesioner Penelitian

Data Umum :

Pekerjaan / Jabatan :

Umur :

Jenis Kelamin :

Pendidikan : 1. SD 2. SMP 3. SMA 4.S1 5.S2 6.S3

7.D3

Data Khusus :

a. Berapa kali Anda berada di parkir basement Mall ini dalam seminggu ? kali

b. Berapa lama Anda berada dalam parkir basement Mall ini dalam satu hari ? jam

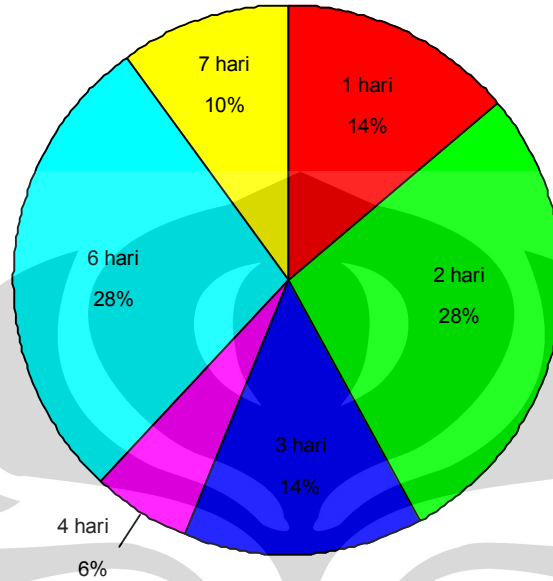
3.	Apakah Anda terbiasa merokok setiap hari ?	a. Ya b. Tidak
4.	Jika ya, berapa batangkah yang dihabiskan setiap harinya ?	a. Kurang dari 5 batang b. 5 sampai 10 batang c. Lebih dari 10 batang
5.	Apakah Anda selalu sarapan sebelum beraktivitas ?	a. Ya b. Tidak
6.	Apakah Anda selalu makan siang teratur ? Jam Berapa ?	a. Ya, jam b. Tidak
7.	Apakah Anda mempunyai penyakit tertentu menurut dokter ? Jika ya, sebutkan	a. Ya, b. Tidak
8.	Apakah Anda memiliki penyakit alergi ?	a. Ya b. Tidak
9.	Apakah penyakit alergi tersebut terjadi saat/setelah Anda berada di parkir basement ini ?	Ya Tidak
10.	Apakah Anda pernah mengalami gatal-gatal jika terkena udara dingin?	a. Ya b. Tidak
11.	Apakah gejala gatal-gatal tersebut terjadi	Ya

	saat/setelah Anda berada di parkir basement ini?	Tidak
12.	Pernahkah Anda mengalami sakit keras akibat berada di parkir basement ini ? Sebutkan penyakitnya	a. Ya, b. Tidak
13.	Apakah Anda pernah mengalami gejala mata pedih/gatal/ berair/sakit mata selama berada di parkir basement ini?	a. Selalu b. Lebih dari 50% c. Kurang dari 50% d. Tidak pernah
14.	Apakah Anda pernah mengalami gejala sesak napas/batuk/ bersin/flu/pilek selama berada di parkir basement ini?	a. Selalu b. Lebih dari 50% c. Kurang dari 50% d. Tidak pernah
15.	Apakah Anda pernah mengalami gejala tenggorokan gatal/ kering/sakit/suara payau selama berada di parkir basement ini?	a. Selalu b. Lebih dari 50% c. Kurang dari 50% d. Tidak pernah
16.	Apakah Anda pernah mengalami gejala kulit gatal/kering/ merah/iritasi selama berada di parkir basement ini?	a. Selalu b. Lebih dari 50% c. Kurang dari 50% d. Tidak pernah
17.	Apakah Anda pernah mengalami gejala badan terasa dingin atau demam selama berada di parkir basement ini?	a. Selalu b. Lebih dari 50% c. Kurang dari 50% d. Tidak pernah
18.	Apakah Anda pernah mengalami gejala kelelahan/lemas/ lesu/badan gemetar selama berada di parkir basement ini?	a. Selalu b. Lebih dari 50% c. Kurang dari 50% d. Tidak pernah
19.	Apakah Anda pernah mengalami gejala atau penyakit lainnya selama berada di parkir basement ini? Sebutkan	1. Selalu, 2. Lebih dari 50%, 3. Kurang dari 50%,

	 4. Tidak pernah
20.	Jika pada pertanyaan No 13 – 19 Anda menjawab pilihan a/b/c, kapankah gejala tersebut terjadi ?	Sebelum memasuki parkir basement Begitu sampai dalam parkir basement Beberapa saat setelah berada dalam parkir basement Sebelum keluar dari parkir basement Setelah keluar dari parkir basement
21.	Apakah gejala tersebut hilang setelah keluar dari parkir basement ini?	Ya Tidak
22.	Apakah di rumah, Anda mengalami gejala tersebut ?	Ya Tidak

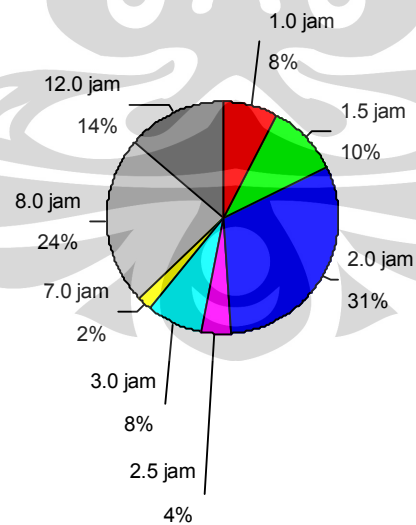
1. Berapa kali Anda berada di parkir basement Mall ini dalam seminggu ?

frekuensi berada dalam basement setiap pekan



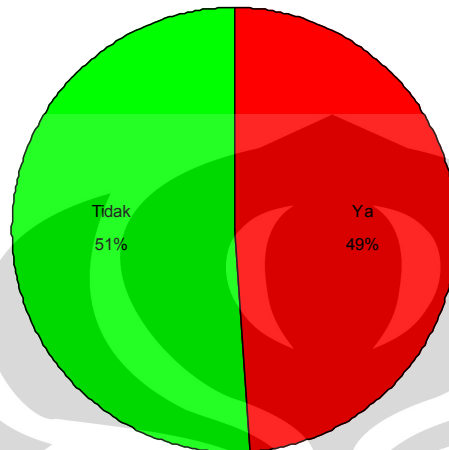
2. Berapa lama Anda berada dalam parkir basement Mall ini dalam satu hari ?

Lama dalam basement dalam sehari



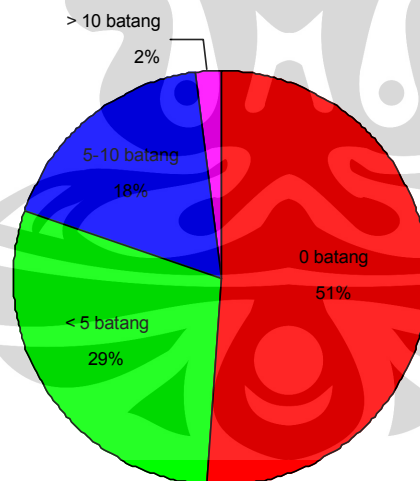
3. Apakah Anda terbiasa merokok setiap hari ?

Merokok



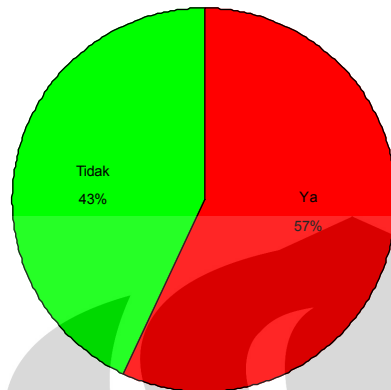
4. Jika ya, berapa batangkah yang dihabiskan setiap harinya ?

Jumlah rokok yang dihabiskan setiap hari



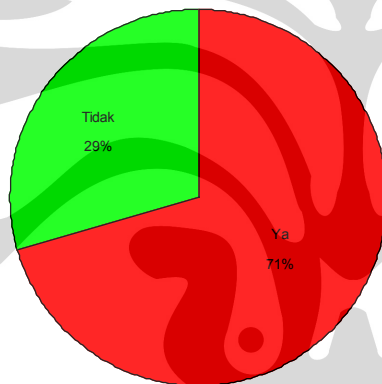
5. Apakah Anda selalu sarapan sebelum beraktivitas ?

Selalu sarapan



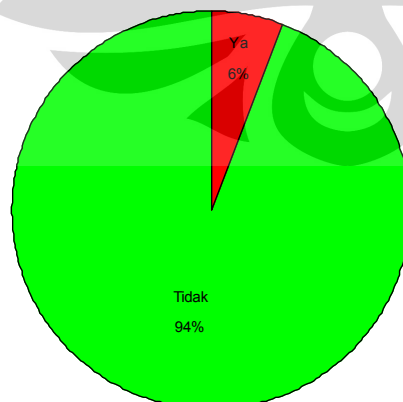
6. Apakah Anda selalu makan siang teratur ? Jam Berapa ?

Makan siang teratur



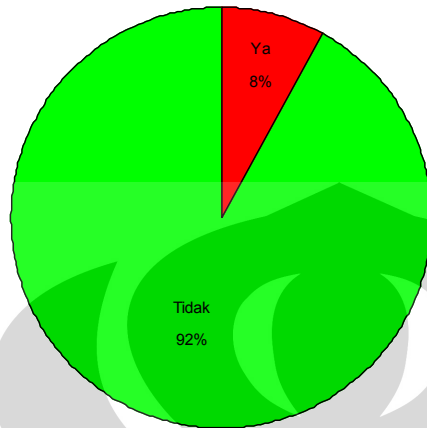
7. Apakah Anda mempunyai penyakit tertentu menurut dokter ? Jika ya, sebutkan

Memiliki penyakit tertentu



8. Apakah Anda memiliki penyakit alergi ?

Memiliki penyakit alergi

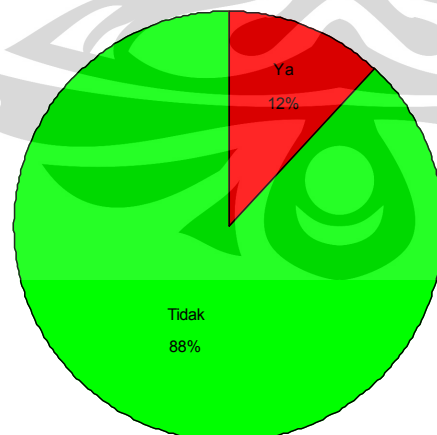


9. Apakah penyakit alergi tersebut terjadi saat/setelah Anda berada di parkir basement ini ?

100% jawaban B

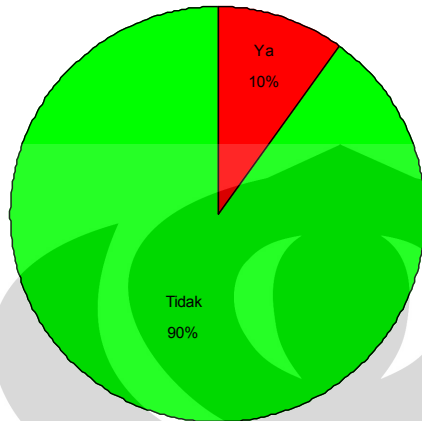
10. Apakah Anda pernah mengalami gatal-gatal jika terkena udara dingin?

Mengalami gatal-gatal jika terkena udara dingin



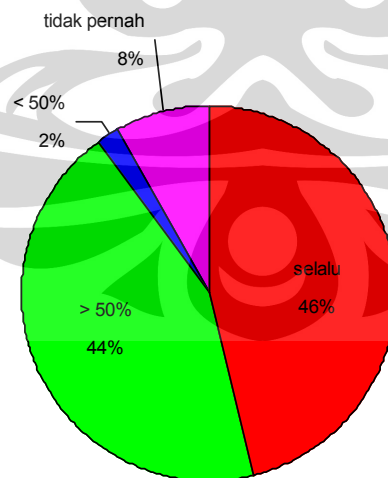
11. Apakah gejala gatal-gatal tersebut terjadi saat/setelah Anda berada di parkir basement ini?

Gatal-gatal terjadi saat/setelah berada di basement



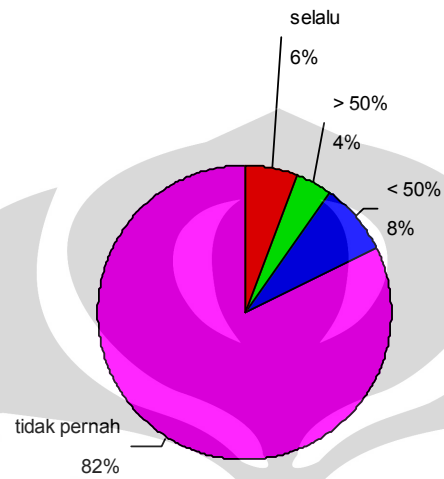
12. Pernahkah Anda mengalami sakit keras akibat berada di parkir basement ini ?
Sebutkan penyakitnya
100% jawaban B
13. Apakah Anda pernah mengalami gejala mata pedih/gatal/ berair/sakit mata selama berada di parkir basement ini?

Mengalami mata pedih/gatal/berair/sakit mata



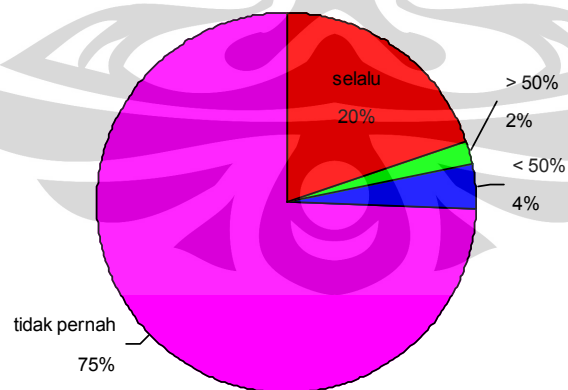
14. Apakah Anda pernah mengalami gejala sesak napas/batuk/ bersin/flu/pilek selama berada di parkir basement ini?

Mengalami sesak napas/batuk/bersin/flu/pilek



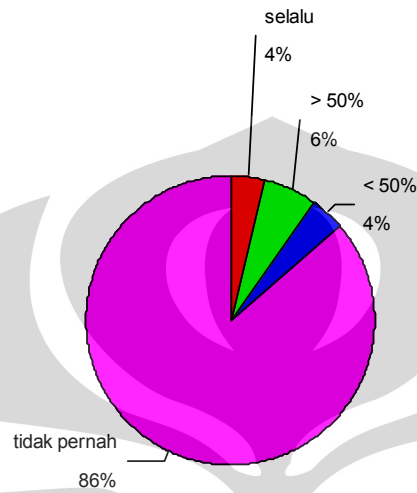
15. Apakah Anda pernah mengalami gejala tenggorokan gatal/ kering/sakit/suara payau selama berada di parkir basement ini?

Mengalami tenggorokan gatal/kering/sakit/suara payau



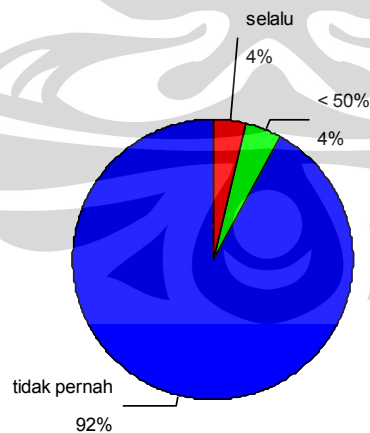
16. Apakah Anda pernah mengalami gejala kulit gatal/kering/ merah/iritasi selama berada di parkir basement ini?

Mengalami kulit gatal/kering/merah/iritasi



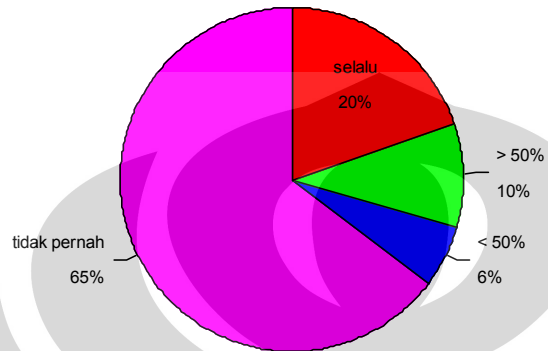
17. Apakah Anda pernah mengalami gejala badan terasa dingin atau demam selama berada di parkir basement ini?

Mengalami badan terasa dingin/demam



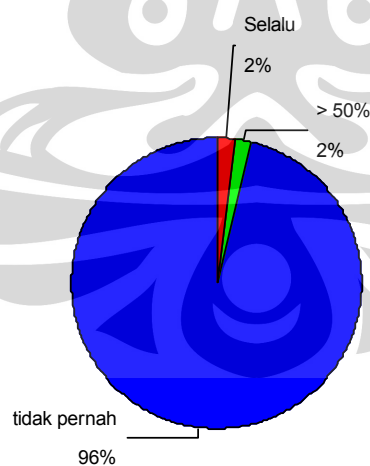
18. Apakah Anda pernah mengalami gejala kelelahan/lemas/lesu/badan gemetar selama berada di parkir basement ini?

Mengalami kelelahan/lemas/lesu/badan gemetar



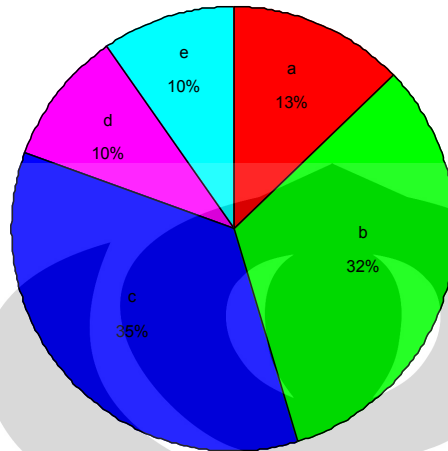
19. Apakah Anda pernah mengalami gejala atau penyakit lainnya selama berada di parkir basement ini? Sebutkan

Mengalami gejala/penyakit lain



20. Jika pada pertanyaan No 13 – 19 Anda menjawab pilihan a/b/c, kapankah gejala tersebut terjadi?

Waktu saat terjadinya gejala

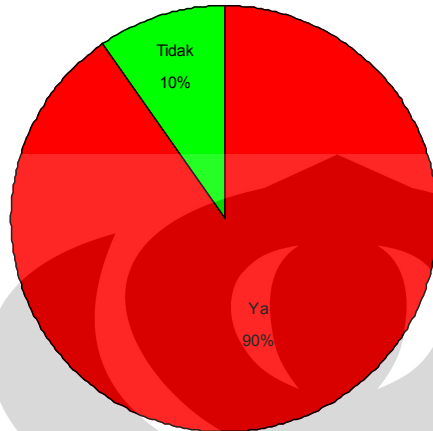


Keterangan :

21. Sebelum memasuki parkir basement
22. Begitu sampai dalam parkir basement
23. Beberapa saat setelah berada dalam parkir basement
24. Sebelum keluar dari parkir basement
25. Setelah keluar dari parkir basement

26. Apakah gejala tersebut hilang setelah keluar dari parkir basement ini?

Hilangnya gejala saat keluar dari basement



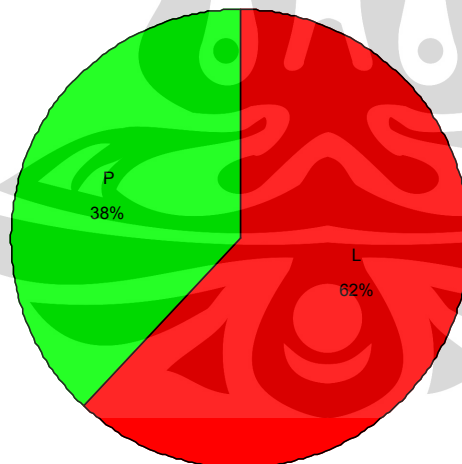
27. Apakah di rumah, Anda mengalami gejala tersebut ?

100% jawaban B

Data Responden :

Jenis Kelamin

Jenis Kelamin



Pendidikan

Pendidikan

