

**HUBUNGAN ANTARA KADAR *PARTICULATE MATTER 2,5* DAN  
FAKTOR INDIVIDU DENGAN *SICK BUILDING SYNDROME*  
PADA PEKERJA DI PT SEMEN BATURAJA TBK  
PADA TAHUN 2025**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ASYIFA DINDA PUTRI  
2258011016**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

**HUBUNGAN ANTARA KADAR *PARTICULATE MATTER 2,5* DAN  
FAKTOR INDIVIDU DENGAN *SICK BUILDING SYNDROME*  
PADA PEKERJA DI PT SEMEN BATURAJA TBK  
PADA TAHUN 2025**

**Oleh**

**ASYIFA DINDA PUTRI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA KEDOKTERAN**

**Pada**

**Program Studi Pendidikan Dokter  
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul Skripsi

: HUBUNGAN ANTARA KADAR PARTICULATE MATTER 2,5 DAN FAKTOR INDIVIDU DENGAN SICK BUILDING SYNDROME PADA PEKERJA DI PT SEMEN BATURAJA TBK PADA TAHUN 2025

Nama Mahasiswa

: Asyifa Dinda Putri

No. Pokok Mahasiswa

: 2258011016

Program Studi

: Pendidikan Dokter

Fakultas

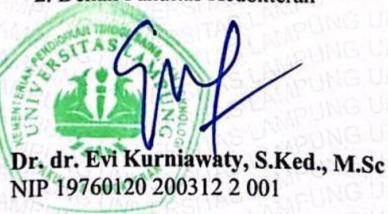
: Kedokteran



dr. Winda Trijayanthy Utama, S.H., MKK  
NIP 19870108 201404 2 002

dr. Nanda Fitri Wardani M.PH  
NIP 19930423204062002

2. Dekan Fakultas Kedokteran



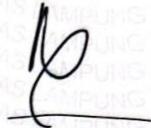
Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc  
NIP 19760120 200312 2 001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua

: dr. Winda Trijayanthy Utama, S.H., M.K.K.



Sekretaris

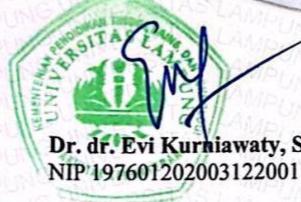
: dr. Nanda Fitri Wardani M.PH



Pengaji

Bukan Pembimbing : Dr. Sutarto, SKM., M. Epid

2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc.

NIP 197601202003122001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Oktober 2025

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Asyifa Dinda Putri

NPM : 2258011016

Program Studi : Pendidikan Dokter

Judul Skripsi : Hubungan Antara Kadar Particulate Matter 2,5 Dan Faktor Individu Dengan Sick Building Syndrome Pada Pekerja Di PT Semen Baturaja Tbk Pada Tahun 2025

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Skripsi ini merupakan **HASIL KARYA SAYA SENDIRI**. Apabila di kemudian hari terbukti adanya plagiarisme dan kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia diberi sanksi.

Bandar Lampung, 30 Oktober 2025

Pembuat Pernyataan,



Asyifa Dinda Putri

NPM. 2258011016

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Sungailiat pada tanggal 4 September 2004 sebagai anak kedua dari empat bersaudara dengan orang tua Bapak Hendra Tris Tomy dan Ibu Dian Rachmasari.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Pembina Sungailiat Bangka pada tahun 2010. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 3 Sekayu pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPN 1 Sekayu pada tahun 2019 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Plus Negeri 17 Palembang pada tahun 2022. Penulis melanjutkan Pendidikan kejenjang selanjutnya yaitu sebagai mahasiswa baru di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung Program Studi Pendidikan Dokter.

Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung sejak tahun 2022 melalui jalur penerimaan Seleksi Masuk Mandiri Perguruan Tinggi Negeri-Barat (SMMPTN-Barat). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi. Penulis aktif di organisasi mahasiswa di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yaitu Lampung *University Medical Research Community* (LUNAR-MRC) dan *Center for Indonesian Medical Students' Activities* (CIMSA).

*“So, surely with hardship comes ease.  
Surely with hardship comes ease.  
So when you have finished, then strive.  
And to Allah, direct your longing.”*

– QS Al-Insyirah 94:5-8 –

## SANWACANA

Alhamdulillahirrabil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Hubungan Antara Kadar Particulate Matter 2,5 dan Faktor Individu dengan Sick Building Syndrome pada Pekerja di PT Semen Baturaja Tbk pada Tahun 2025**" disusun sebagai pemenuh syarat guna mencapai gelar sarjana Kedokteran di Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Dengan ini penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas limpahan rahmat, kesehatan, kekuatan, serta kemudahan yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini;
2. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
3. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. dr. Winda Trijayanthi Utama, S.Ked., S.H., M.K.K., selaku Pembimbing Pertama yang tidak hanya membimbing, tetapi juga menjadi sosok panutan sekaligus seperti orang tua kedua bagi penulis. Terima kasih atas ketulusan dalam membimbing sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
5. dr. Nanda Fitri Wardani, S.Ked., M.P.H., selaku Pembimbing Kedua, yang dengan tulus meluangkan waktu dan tenaga. Terima kasih atas bimbingan, dukungan, dan saran yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini;
6. Dr. Sutarto, SKM., M. Epid., selaku Pembahas, yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta dorongan kepada penulis. Terima kasih arahan dan nasihat yang diberikan selama proses penyusunan skripsi;
7. dr. Rasmi Zakiah Oktarlina, M.Farm., selaku pembimbing akademik yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis selama menjalankan studi di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;

8. Segenap jajaran dosen dan civitas Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang telah mendidik dan membantu penulis selama perkuliahan;
9. Pimpinan dan seluruh jajaran PT Semen Baturaja Tbk, Lampung, yang telah memberikan izin serta mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama proses pengumpulan data;
10. Kepada kedua orang tua penulis Mama dan Papa. Meskipun kita bukan keluarga yang terbiasa berbicara dari hati ke hati, penulis tahu bahwa dibalik keheningan itu tersimpan doa dan harapan yang tak pernah putus untuk penulis. Setiap langkah dan pencapaian yang penulis raih, termasuk selesainya skripsi ini adalah bagian dari doa dan harapan kalian. Terima kasih atas segala pengorbanan dan kebahagiaan yang telah kalian berikan;
11. Saudara kandung tercinta, Alviandra Afwa pratama, Almira Nawal Sevgi, Athar Erabbani Manggala, dan Lexy anabulku. Terima kasih atas kasih sayang, perhatian, dan dukungan yang tiada henti. Kehadiran kalian menjadi semangat tersendiri yang menguatkan penulis di setiap prosesnya;
12. Seluruh keluarga besar tercinta nenek, kakek, dan lainnya yang mungkin tidak bisa penulisucapkan satu persatu, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis selama masa studi. Terlebih kepada nenek, karena pencapaian ini adalah salah satu harapannya untuk penulis;
13. Sahabat seperjuanganku “OTW SKED”, Khansa, Tne, dan Pipit yang telah berjuang bersama sejak masa SMA hingga kini. Meskipun kini menempuh di tempat yang berbeda, dukungan kalian tidak pernah terasa jauh. Jarak  $\geq 300$  km tidak menjadi penghalang. Semoga kelak kita dapat mengenang perjuangan ini dengan bangga karena cerita itu akhirnya menjadi nyata;
14. Kepada manusia favorit penulis “Calista Putri Maharani”, terima kasih telah menjadi rumah kedua bagi penulis selama menempuh kehidupan di perantauan. Perjumpaan kita dibangku perkuliahan memberikan banyak warna dan kebahagiaan dalam setiap langkah, serta pelajaran hidup yang membuat penulis tumbuh menjadi pribadi yang lebih baik. Semoga Allah SWT melimpahkan kebahagiaan dan kesuksesan dalam setiap langkahmu;
15. Sahabat “Laut”, Qinthora, Acha, Karin, Fitri, Pina, Fio, dan Faalih yang telah menemani penulis sejak awal menjadi mahasiswa baru di Fakultas

Kedokteran, yang senantiasa hadir dalam suka, duka, hingga canda tawa. Terima kasih atas kebersamaan, kerja sama, dan dorongan yang tak ternilai;

16. Sahabat sukabangun “Laiqa Adriaansz”, terima kasih telah selalu menemani penulis sejak masa asrama hingga kini. Tawa, dukungan, dan hiburan yang selalu hadir di tengah masa-masa berat dan proses pendewasaan hidup ini;

17. Teman-teman “Kloter Akhir”, Zahira, Tiara, Ratu, Naya, Ocha dan semua yang tidak dapat penulis sebutkan. Terima kasih telah banyak berkontribusi di balik padatnya praktikum dan responsi, CBT yang sulit, OSCE yang penuh tekanan, serta seluruh perjalanan akademik yang melelahkan ini;

18. Para “Bleki”, Azira, Dipa, Syira, dan Bila, terima kasih atas kebersamaan yang selalu menghibur dan meringankan langkah penulis selama proses ini;

19. dr. Aminah Zahra, terima kasih atas ketulusan dalam berbagi ilmu yang sangat membantu penulis memahami materi selama proses perkuliahan;

20. Teman-teman seerbimbingan, Calista, Fitri, Bulan, Febi, Rani, Bima, dan Ruchpy. Terima kasih atas bantuan selama proses penelitian ini selesai;

21. Teman-teman sejawat angkatan 2022 (Troponin-Tropomiosin), terimakasih untuk tahun-tahun sulit yang sudah kita lewati bersama;

22. Terakhir, kepada penulis sendiri, yang mungkin tidak pandai menunjukkan perasaan, tapi tetap memilih untuk bertahan, berjalan, dan menyelesaikan apa yang sudah dimulai. Terima kasih selalu berpegang teguh pada prinsip "Sesungguhnya, bersama kesulitan ada kemudahan". Perjalanan belum usai, akan ada tantangan lain di depan sana. Semoga Allah meridhoi setiap langkah yang telah dan akan ditempuh.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akan tetapi, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 30 Oktober 2025  
Penulis

**Asyifa Dinda Putri**

## **ABSTRACT**

### **THE RELATIONSHIP BETWEEN PARTULATE MATTER 2.5 LEVELS AND INDIVIDUAL FACTORS WITH SICK BUILDING SYNDROME AMONG WORKERS AT PT SEMEN BATURAJA TBK IN 2025**

**By**

**Asyifa Dinda Putri**

**Background:** Indoor Air Quality (IAQ) plays an important role in maintaining workers' health. One of the main components affecting IAQ is Particulate Matter 2.5 (PM<sub>2.5</sub>), which is fine particles measuring  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  that can penetrate the respiratory system down to the alveoli. Long-term exposure to PM<sub>2.5</sub> has the potential to cause Sick Building Syndrome (SBS), a collection of nonspecific symptoms such as headache, eye irritation, fatigue, and respiratory disorders. This study aims to determine the relationship between PM<sub>2.5</sub> levels and individual factors with the incidence of SBS among workers at PT Semen Baturaja Tbk in 2025.

**Methods:** This research is an analytical observational study with a cross-sectional approach. The study population consisted of all workers at PT Semen Baturaja Tbk who met the inclusion criteria, and a total of 65 respondents were included using the total sampling technique. PM<sub>2.5</sub> levels were measured at 65 work area points using an Air Quality Monitor (AQM), while SBS data were collected using a standardized questionnaire. Data were analyzed using the Chi-Square test with a significance level of  $p < 0.05$ .

**Results:** The results showed that 50 out of 65 workers (76.9%) experienced SBS. The Chi-Square test indicated no significant relationship between PM<sub>2.5</sub> levels ( $p = 0.802$ ), age ( $p = 0.821$ ), gender ( $p = 0.961$ ), and working period ( $p = 0.531$ ) with the incidence of SBS. However, there was a significant relationship between smoking habits and SBS ( $p = 0.031$ ), indicating that smokers had approximately five times higher risk of experiencing SBS compared to non-smokers.

**Conclusions:** There is a significant relationship between smoking habits and the incidence of Sick Building Syndrome among workers at PT Semen Baturaja Tbk, where smokers have approximately five times higher risk of experiencing SBS compared to non-smokers.

**Keywords:** individual factors, Particulate Matter 2.5, Sick Building Syndrome, smoking habits, workers

## ABSTRAK

### HUBUNGAN ANTARA KADAR PARTICULATE MATTER 2,5 DAN FAKTOR INDIVIDU DENGAN SICK BUILDING SYNDROME PADA PEKERJA DI PT SEMEN BATURAJA TBK PADA TAHUN 2025

Oleh

Asyifa Dinda Putri

**Latar Belakang:** *Indoor Air Quality* (IAQ) berperan penting dalam menjaga kesehatan pekerja. Salah satu komponen utama yang memengaruhi IAQ adalah *Particulate Matter 2,5* (PM<sub>2,5</sub>), yaitu partikel halus berukuran  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  yang dapat menembus sistem pernapasan hingga alveoli. Paparan PM<sub>2,5</sub> dalam jangka panjang dapat memicu berbagai keluhan yang dikenal sebagai Sick Building Syndrome (SBS), seperti sakit kepala, iritasi mata, rasa lelah, hingga gangguan pernapasan. Penelitian ini bertujuan mengetahui hubungan antara kadar PM<sub>2,5</sub> dan faktor individu dengan kejadian SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk tahun 2025.

**Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional dengan pendekatan *cross sectional*. Populasi penelitian melibatkan seluruh pekerja di PT Semen Baturaja Tbk yang memenuhi kriteria inklusi, dan sebanyak 65 responden diikutsertakan dengan teknik *total sampling*. Pengukuran kadar PM<sub>2,5</sub> dilakukan di 65 titik area kerja menggunakan *Air Quality Monitor* (AQM), sedangkan data SBS dikumpulkan menggunakan kuesioner terstandar. Analisis data dilakukan dengan uji *Chi-Square* dengan ( $p < 0,05$ ).

**Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa 50 dari 65 pekerja (76,9%) mengalami SBS. Hasil uji *Chi-Square* menunjukkan tidak terdapat hubungan signifikan antara kadar PM<sub>2,5</sub> ( $p=0,802$ ), usia ( $p=0,821$ ), jenis kelamin ( $p=0,961$ ), dan masa kerja ( $p=0,531$ ) dengan kejadian SBS. Namun, terdapat hubungan signifikan antara kebiasaan merokok dan SBS ( $p=0,031$ ), yang berarti pekerja yang merokok memiliki kemungkinan sekitar lima kali lebih besar untuk mengalami SBS dibanding mereka yang tidak merokok.

**Kesimpulan:** Terdapat hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dengan kejadian *Sick Building Syndrome* pada pekerja PT Semen Baturaja Tbk, di mana pekerja perokok memiliki risiko sekitar 5 kali lebih tinggi mengalami SBS dibandingkan dengan pekerja yang tidak merokok.

**Kata Kunci:** faktor individu, kebiasaan merokok, pekerja, *Particulate matter 2,5*, *Sick Building Syndrome*.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	iv
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	vi
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	vii
 <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.3.1 Tujuan Umum.....	4
1.3.2 Tujuan Khusus .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti .....	4
1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat.....	4
1.4.3 Manfaat Bagi Institusi.....	4
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	 5
2.1 <i>Hazard</i> .....	5
2.1.1 Pengertian <i>Hazard</i> .....	5
2.1.2 Jenis <i>Hazard</i> .....	6
2.2 Penyakit Akibat Kerja .....	7
2.2.1 Pengertian Penyakit Akibat Kerja .....	7
2.2.2 Faktor Risiko Penyakit Akibat Kerja.....	8
2.2.3 Pencegahan Penyakit Akibat Kerja .....	9
2.3 <i>Indoor Air Quality</i> dan <i>Particulate Matter</i> .....	12
2.3.1 Pengertian <i>Indoor Air Quality</i> .....	12
2.3.2 <i>Particulate Matter</i> .....	12
2.3.3 Parameter <i>Indoor Air Quality</i> .....	15
2.3.4 Alat Pengukur <i>Indoor Air Quality</i> .....	15
2.3.5 Faktor – faktor yang mempengaruhi <i>Indoor Air Quality</i> .....	16
2.4 <i>Sick Building Syndrome</i> .....	25
2.4.1 Pengertian <i>Sick Building Syndrome</i> .....	25
2.4.2 <i>Sick Building Syndrome</i> .....	26
2.4.3 Penyebab <i>Sick Building Syndrome</i> .....	28

2.4.4 Faktor Risiko <i>Sick Building Syndrome</i> .....	29
2.4.5 Dampak <i>Sick Building Syndrome</i> .....	31
2.4.6 Cara Penanggulangan <i>Sick Building Syndrome</i> .....	32
2.5 Profil PT Semen Baturaja Tbk ....	33
2.6 Kerangka Teori .....	34
2.7 Kerangka Konsep .....	35
2.8 Hipotesis Penelitian.....	35
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
3.1 Metode Penelitian .....	36
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian .....	36
3.3.1 Populasi Penelitian.....	36
3.3.2 Sampel Penelitian .....	36
3.3.3 Besar Sampel .....	37
3.4 Identifikasi Variabel Penelitian.....	38
3.4.1 Variabel Bebas ( <i>independent variable</i> ) .....	38
3.4.2 Variabel Terikat ( <i>dependent variable</i> ).....	38
3.5 Kriteria Sampel .....	39
3.5.1 Kriteria Inklusi.....	39
3.5.2 Kriteria Eksklusi .....	39
3.6 Definisi Operasional .....	40
3.7 Instrumen, dan Bahan Penelitian .....	42
3.7.1 Instrumen Penelitian .....	42
3.8 Prosedur dan Alur Penelitian .....	43
3.8.1 Prosedur Penelitian .....	43
3.8.2 Alur Penelitian .....	44
3.9 Sumber Data.....	44
3.9.2 Analisis Data.....	45
3.10 Etika Penelitian .....	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Gambaran Lokasi Penelitian .....	47
4.2 Hasil Penelitian .....	48
4.2.1 Analisis Univariat .....	48
4.2.2 Analisis Bivariat .....	49
4.3 Pembahasan.....	52
4.3.1 Analisis Univariat .....	52
4.3.2 Analisis Bivariat .....	55
4.4 Keterbatasan Penelitian .....	61
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>62</b>
5.1 Simpulan .....	62
5.2 Saran.....	63
5.2.1 Bagi Perusahaan.....	63
5.2.2 Bagi Pekerja.....	63
5.2.3 Bagi Peneliti.....	63

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Table</b>	<b>Halaman</b>
2.1. Nilai normal parameter <i>Indoor Air Quality</i> .....	15
3.1. Definisi Operasional .....	40
4.1. Distribusi Frekuensi SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk. ....	48
4.2. Distribusi Kadar PM <sub>2,5</sub> di ruang kerja dan paparan pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.....	48
4.3. Distribusi Frekuensi Karakteristik Individu Pekerja di PT Semen Baturaja Tbk. ....	49
4.4. Hubungan <i>Particulate Matter 2,5</i> dengan <i>Sick Building Syndrome</i> pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk. ....	50
4.5. Hubungan <i>Particulate Matter 2,5</i> dengan usia pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.....	50
4.6. Hubungan <i>Particulate Matter 2,5</i> dengan jenis kelamin pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.....	51
4.7. Hubungan <i>Particulate Matter 2,5</i> dengan masa kerja pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.....	51
4.8. Hubungan <i>Particulate Matter 2,5</i> dengan merokok pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.....	52

## **DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1. <i>Air Quality Monitor</i> .....	16
2.2. PT Semen Baturaja Tbk .....	33
2.3. Kerangka Teori .....	34
2.4. Kerangka Konsep .....	35
3.1. Alur Penelitian .....	44

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
1. Penjelasan sebelum persetujuan (psp) .....	74
2. Lembar persetujuan.....	75
3. Kuesioner penelitian .....	76
4. Kuesioner Indeks Brinkman .....	77
5. Surat Izin Penelitian PT Semen Baturaja Tbk.....	77
6. <i>Ethical Clearence</i> Fakultas Kedokteran.....	79
7. Dokumentasi .....	80
8. Output Univariat .....	81
9. Output Bivariat.....	82
10. Titik Pengambilan Sampel .....	85

## **DAFTAR SINGKATAN**

- APD : Alat Pelindung Diri
- CO : Karbon Monoksida
- ETS : *Environmental Tobacco Smoke*
- HEPA : *High Efficiency Particulate Air*
- IAQ : *Indoor Air Quality*
- IAP : *Indoor Air Pollution*
- NIHL : *Noise Induced Hearing Loss*
- NO : Nitrogen Monoksida
- PAHs : *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*
- PAK : Penyakit Akibat Kerja
- PM : *Particulate Matter*
- SBS : *Sick Building Syndrome*
- SO<sub>2</sub> : Sulfur Dioksida
- TSP : *Total Suspended Particles*
- VOC : *Volatile Organic Compounds*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Udara dibutuhkan untuk kegiatan harian kita, tetapi seiring pembangunan kota dan pusat industri, kualitas udara mulai menurun. Atmosfer bumi terdiri atas tiga komponen dominan, yaitu udara yang tidak mengandung uap air, molekul air dalam bentuk gas, serta partikel halus yang dapat mempengaruhi *Indoor Air Quality* (IAQ). Salah satu komponen dari IAQ adalah *Partikulat Matter* (PM). *Partikulat Matter* merupakan salah satu polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia. *Partikulat Matter* terdiri dari partikel-partikel halus yang tersuspensi di udara dengan ukuran yang bervariasi, khususnya PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> (EPA, 2023).

Menurut *World Health Organization (WHO)*, dalam Panduan Kualitas Udara Global tahun 2021, paparan terhadap PM<sub>2,5</sub> telah terbukti menyebabkan jutaan kematian setiap tahun dan hilangnya tahun hidup yang sehat. WHO menetapkan pedoman baru untuk PM<sub>2,5</sub> sebesar 5 µg/m<sup>3</sup> dan PM<sub>10</sub> sebesar 15 µg/m<sup>3</sup> untuk rata-rata tahunan. Sekitar 30% properti dan bangunan secara global dilaporkan memiliki masalah IAQ terutama PM<sub>2,5</sub>, dengan 10-30% penghuni mengalami *Sick Building Syndrome* (SBS) (WHO, 2022). Studi dari *International Labour Organization (ILO)* melaporkan bahwa sekitar 40% pekerja industri di negara berkembang mengalami minimal satu SBS dalam setahun terakhir (ILO, 2023). Riset yang dilakukan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (2023) pada 1.250 pekerja di 15 gedung perkantoran di 5 kota besar Indonesia menemukan bahwa 63% pekerja

mengalami SBS, dengan 42% di antaranya mengalami penurunan produktivitas yang signifikan akibat PM yang melebihi standar (Kementerian Kesehatan Republik, 2022). Menurut data dari IQAir, konsentrasi IAQ PM<sub>2,5</sub> di Bandar Lampung saat ini adalah 15,8 g/m<sup>3</sup>, yang merupakan 3,2 kali lipat dari nilai panduan tahunan PM<sub>2,5</sub> mengacu pada ketentuan WHO sebagai otoritas kesehatan dunia, saran yang diajukan ialah 5 µg/m<sup>3</sup> pertahun (Iqbal *et al.*, 2019).

Pemahaman tentang dampak PM<sub>2,5</sub> yang memengaruhi kesehatan pekerja sangat penting, terutama bagi pekerja yang bekerja di dalam gedung untuk waktu yang lama (Rasyid, 2023). Sistem ventilasi yang kurang memadai dan penggunaan bahan bangunan yang dapat mengeluarkan polutan sering terjadi di berbagai faktor, seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, dan tingkat polutan, memengaruhi PM<sub>2,5</sub>. Studi menunjukkan bahwa lingkungan kerja yang buruk dapat mengurangi produktivitas dan kesehatan karyawan (Findhiawati, Yuniastuti and Joegijantoro, 2022).

*Sick Building Syndrome* merupakan gejala yang dirasakan oleh penghuni sebuah bangunan dan sering kali berhubungan dengan PM<sub>2,5</sub> yang buruk (Findhiawati, Yuniastuti and Joegijantoro, 2022). Menurut survei, kebanyakan orang menggunakan kurang lebih 70-80% waktu mereka dalam ruang tertutup, yang berisiko mengakibatkan gangguan kesehatan dampak dari PM<sub>2,5</sub> yang buruk. Apabila berada di dalam ruangan tertentu, kumpulan gejala non spesifik SBS seperti gangguan pada indera penglihatan, penciuman, dan saluran napas, nyeri kepala, kelelahan, serta gejala konsentrasi. Imunologi, infeksius, racun, dan iritan adalah empat mekanisme utama penyebab SBS di lingkungan ruangan (Hefnita, Budiyono and Suhartono, 2023).

SBS terjadi ketika berada di dalam ruangan, seseorang mengalami minimal dua gejala sekaligus dan saat mereka meninggalkan ruangan, gejalanya berangsurg-angsur hilang. SBS yang signifikan ditunjukkan oleh fakta bahwa antara 20-50% populasi penghuni gedung mengajukan aduan. SBS dapat

menyebabkan masalah pernapasan yang parah, tetapi masalah ini akan hilang setelah pekerja meninggalkan ruangan atau bangunan tersebut (Hefnita, Budiyono and Suhartono, 2023).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Ullhaque, 2025) didapatkan hasil 85 dari 91 pekerja mengalami SBS dikarenakan kualitas udara dalam perusahaan cukup buruk karena kurangnya ventilasi. Masih sangat sedikit penelitian yang memperhatikan karakteristik partikulat unik industri semen lokal, yang terdiri dari komposisi material baku dan proses produksi khas yang dapat menghasilkan berbagai jenis partikulat. Selain itu, belum ada penelitian yang secara khusus memeriksa hubungan antara paparan partikulat dan manifestasi SBS pada pekerja industri semen.

PT Semen Baturaja Tbk adalah salah satu pelaku industri yang bergerak pada bidang semen yang berada pada kawasan Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Paparan debu di lingkungan kerja PT Semen Baturaja Tbk relatif tinggi dan lebih dominan dibandingkan *hazard* lain, seperti kebisingan maupun pencahayaan. Berdasarkan hasil presurvey pada Mei 2025 didapatkan data, dari 10 orang responden, 7 di antaranya, yaitu 70%, memiliki SBS. Hal ini menunjukkan bahwa 70% persen responden berisiko terkena SBS. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa partikulat halus, khususnya PM<sub>2,5</sub>, merupakan faktor risiko utama yang perlu diperhatikan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan menganalisis “Pengaruh Kadar PM<sub>2,5</sub> terhadap SBS Pada Pekerja di PT Semen Baturaja Tbk Pada tahun 2025, serta merumuskan solusi sehingga berguna untuk perseroan tentang cara membuat lingkungan kerja karyawan PT Semen Baturaja Tbk lebih nyaman dan sehat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berlandaskan uraian latar belakang yang sudah diterangkan, rumusan masalah pada studi ini adalah “Bagaimana hubungan antara kadar PM<sub>2,5</sub> dengan SBS pada pekerja PT Semen Baturaja Tbk di tahun 2025? ”.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Umum**

Mengetahui keterkaitan paparan variabel PM<sub>2,5</sub> melalui SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.

#### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Menggambarkan kondisi SBS pada karyawan PT Semen Baturaja Tbk serta PM<sub>2,5</sub> pada PT Semen Baturaja Tbk.
2. Menggambarkan faktor-faktor individu yang berhubungan dengan *Sick Building Syndrome* pada karyawan PT Semen Baturaja Tbk.
3. Menentukan hubungan antar variabel dengan SBS pada pekerja PT Semen Baturaja Tbk tahun 2025.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

#### **1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti**

*Output* riset ini bisa memperkaya perspektif, pemahaman teoritis serta keterampilan praktis. Selain itu, pengetahuan mengenai Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang diperoleh selama perkuliahan dapat diaplikasikan secara nyata.

#### **1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat**

Hasil riset ini diantisipasi mampu digunakan sebagai referensi sehingga mampu memberikan kontribusi positif untuk penelitian selanjutnya dalam pengembangan teori terkait SBS khususnya mengenai korelasi terhadap PM<sub>2,5</sub> dengan kejadian SBS pada pekerja PT Semen Baturaja Tbk.

#### **1.4.3 Manfaat Bagi Institusi**

Hasil dari studi ini diharapkan mampu menambah pengetahuan tentang PM<sub>2,5</sub> dan faktor individu terhadap SBS pada pekerja PT Semen Baturaja Tbk dan dapat dilakukan langkah-langkah pencegahan terkait SBS pada pekerja PT Semen Baturaja Tbk.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *Hazard***

##### **2.1.1 Pengertian *Hazard***

*Hazard* merupakan kondisi atau sumber potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan atau membahayakan kesehatan dan keselamatan seseorang (Upy *et al.*, 2021). *Hazard* adalah suatu peristiwa, kejadian, atau aktivitas manusia yang berpotensi mengakibatkan kerusakan lingkungan, kerusakan properti, gangguan sosial dan ekonomi, kematian, atau dampak kesehatan lainnya (“*a process, phenomenon or human activity that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, social and economic disruption or environmental degradation*”) (UNDR, 2020).

*Hazard* adalah kecelakaan atau penyakit pada manusia, kerusakan peralatan, serta dampak negatif pada lingkungan dapat ditimbulkan oleh sumber atau keadaan berbahaya. Kondisi-kondisi berbahaya ini berpotensi mengancam kesehatan manusia, integritas peralatan, dan kelestarian lingkungan secara bersamaan. *Hazard* didefinisikan sebagai kemungkinan bahwa sekelompok kejadian akan terjadi dan menyebabkan kerusakan atau kerugian. Sebuah peristiwa tidak akan terjadi jika salah satu elemen dalam rangkaian kejadian tersebut tidak ada. Risiko dapat ditemukan di mana saja, baik di tempat kerja maupun di lingkungan sekitar, namun risiko tersebut hanya akan berdampak jika terjadi kontak atau paparan (Masri, Umar Abidin and Brontowiyono, 2022).

### 2.1.2 Jenis *Hazard*

Dalam terminologi keselamatan dan kesehatan kerja, ada dua jenis *Hazard* :

A. *Hazard* keselamatan kerja (*safety hazard*) risiko yang dapat menyebabkan kecelakaan yang berpotensi membahayakan nyawa seseorang bahkan mengakibatkan kematian, serta dapat merugikan aset bisnis (Wahyudi, Priyana and Jufriyanto, 2022).

Jenis-jenis *safety hazard* yaitu (Wahyudi, Priyana and Jufriyanto, 2022) :

- a. *Hazard* mekanik: cedera yang disebabkan oleh penggunaan mesin atau alat kerja, seperti terpotong, tersayat, terjatuh, atau tertindih.
- b. *Hazard* elektrik: potensi sengatan listrik akibat penggunaan peralatan berarus listrik.
- c. *Hazard* kebakaran: insiden kebakaran yang terjadi karena bahan kimia mudah terbakar.
- d. *Hazard* peledakan: ledakan yang diakibatkan oleh bahan kimia yang memiliki sifat eksplosif.

B. *Hazard* kesehatan kerja (*Health Hazard*) adalah jenis risiko kesehatan yang mengakibatkan penyakit dan masalah kesehatan yang terkait dengan tempat kerja (Wahyudi, Priyana and Jufriyanto, 2022).

Jenis – jenis *health hazard* yaitu (Wahyudi, Priyana and Jufriyanto, 2022):

- a. *Hazard* fisik: paparan terhadap faktor lingkungan seperti kebisingan, radiasi, getaran, pencahayaan yang tidak memadai, udara yang kurang baik atau kondisi suhu ekstrem.
- b. *Hazard* kimia: dampak dari bahan kimia berbahaya yang dapat menyebabkan keracunan atau gangguan kesehatan kronis.

- c. *Hazard* biologis: risiko tertular penyakit akibat paparan mikroorganisme seperti virus, bakteri, dan jamur.
- d. *Hazard* ergonomis: gangguan yang disebabkan oleh ruang kerja atau pekerjaan yang dirancang buruk dan tidak sesuai dengan kondisi fisik karyawan, misalnya posisi kerja yang tidak nyaman atau mengangkat beban berat secara berulang.
- e. *Hazard* psikososial: faktor yang berhubungan dengan kondisi psikologis dan sosial di tempat kerja, seperti tekanan kerja, pelecehan, atau konflik interpersonal.

## 2.2 Penyakit Akibat Kerja

### 2.2.1 Pengertian Penyakit Akibat Kerja

Penyakit Akibat Kerja (PAK) adalah penyakit medis yang dapat menyebabkan ketidakmampuan sebagian atau total dan disebabkan oleh aktivitas yang berhubungan dengan pekerjaan atau variabel lingkungan. Seorang pekerja yang tidak dapat bekerja penuh waktu secara permanen dikatakan mengalami kecacatan sebagian. Cacat total adalah ketika seorang pekerja tidak dapat bekerja sepenuhnya (Kemenkes RI, 2016).

Penyakit Akibat Kerja (PAK) adalah penyakit yang disebabkan oleh kegiatan yang berhubungan dengan pekerjaan atau faktor lingkungan, karena pekerjaan itu sendiri merupakan penyebab timbulnya penyakit tersebut, penyakit ini dianggap sebagai penyakit buatan dan sering disebut sebagai "penyakit buatan manusia" (*manmade disease*) (Widyawati, 2020).

Tiga istilah yang digunakan untuk menggambarkan kondisi ini adalah penyakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja, penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan, dan penyakit yang diakibatkan oleh pekerjaan. Ketiga istilah tersebut memiliki makna yang sama dan

masing-masing didukung oleh dasar hukum serta peraturan yang relevan (Widyawati, 2020).

### **2.2.2 Faktor Risiko Penyakit Akibat Kerja**

Faktor risiko PAK di tempat kerja dapat berupa faktor fisik, kimiawi, biologis, atau psikososial. PAK juga dikenal sebagai penyakit buatan manusia atau artifisial. PAK adalah masalah kesehatan yang signifikan dan sering kali kompleks yang mempengaruhi pekerja di berbagai industri dan profesi. Faktor-faktor yang ada di lingkungan kerja adalah penyebab utama yang berperan dalam terjadinya PAK. Masalah ini muncul ketika paparan terhadap elemen yang terkait dengan pekerjaan, seperti jenis pekerjaan, alat yang digunakan, bahan yang terlibat, atau kondisi lingkungan kerja yang menyebabkan gangguan kesehatan (Wimpy *et al.*, 2024).

Faktor risiko berikut dapat menyebabkan PAK (Hanani, 2023) :

1. Golongan Fisik
  - a. Gangguan pendengaran hingga *Noise Induced Hearing Loss (NIHL)* dapat terjadi akibat paparan kebisingan.
  - b. Kelainan darah dan kulit merupakan dampak yang dapat ditimbulkan oleh paparan radiasi (sinar radioaktif).
  - c. Paparan suhu udara ekstrem dapat menimbulkan gangguan kesehatan: suhu tinggi berisiko menyebabkan *heat stroke*, *heat cramps*, atau *hyperpyrexia*, sementara suhu rendah dapat menyebabkan *frostbite*, *trenchfoot*, atau *hypothermia*.
  - d. Penyakit *caisson* dapat muncul sebagai akibat dari tekanan udara yang berlebihan.
  - e. Dampak pencahayaan terhadap kesehatan bervariasi: pencahayaan yang kurang memadai dapat menyebabkan kelelahan mata, sementara pencahayaan yang terlalu terang dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan.

f. Partikulat udara yang tidak sesuai standar sehingga menyebabkan gangguan pernafasan.

2. Golongan Kimia

- a. Debu dapat menimbulkan *pneumoconiosis*
- b. Flukes metal, dermatitis, dan keracunan merupakan kondisi kesehatan yang dapat timbul akibat paparan uap.
- c. Keracunan CO dan H<sub>2</sub>S dapat terjadi sebagai konsekuensi dari paparan gas berbahaya.
- d. Paparan terhadap berbagai larutan kimia berisiko menyebabkan dermatitis pada kulit.
- e. Keracunan pada tubuh dapat diakibatkan oleh paparan insektisida yang tidak terkendali.

3. Golongan Infeksi

- a. *Anthrax*
- b. *Brucell*
- c. *Human Immunodeficiency Virus (HIV)/Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS)*

4. Golongan Fisiologis

Cedera fisik pada tubuh pekerja dapat disebabkan oleh kesalahan dalam konstruksi, mesin, serta posisi tubuh yang tidak tepat atau teknik pekerjaan yang salah, yang lambat laun dapat menyebabkan kelelahan fisik.

5. Golongan Mental

Hal ini disebabkan oleh hubungan kerja yang kurang baik atau kondisi pekerjaan yang monoton, yang dapat menimbulkan rasa bosan.

### **2.2.3 Pencegahan Penyakit Akibat Kerja**

Berikut ini adalah "lima tingkat pencegahan penyakit" diterapkan pada PAK dalam proses di bawah ini, yakni (Widyawati, 2020) :

**a. Peningkatan Kesehatan (*Health Promotion*)**

Upaya ini mencakup berbagai kegiatan seperti edukasi K3, pemberian informasi nutrisi seimbang, pengembangan diri,

penciptaan lingkungan kerja yang sehat, penyediaan fasilitas rekreasi, pembentukan lingkungan yang sehat, pemberian konseling pernikahan dan seksualitas, serta pemeriksaan kesehatan berkala.

b. Perlindungan khusus (*Specific Protection*)

Langkah ini meliputi pemberian pengobatan, menjaga *personal hygiene*, memelihara sanitasi lingkungan, serta menerapkan pencegahan terhadap risiko dan kecelakaan di tempat kerja melalui penggunaan APD.

c. Diagnosis

penerapan deteksi awal diikuti dengan intervensi pengobatan segera.

d. Membatasi Kemungkinan Cacat (*Disability Limitation*)

Tindakan tahap ini meliputi pelaksanaan pemeriksaan dan penanganan pekerja secara komprehensif, pemberian layanan pengobatan yang optimal, serta pelaksanaan program edukasi kesehatan.

e. Pemulihan Kesehatan (*Rehabilitation*)

Tingkatan terakhir mencakup upaya pemulihan dan reintegrasi pekerja yang mengalami disabilitas ke dalam lingkungan kerja. Perusahaan diharapkan mengupayakan penempatan pekerja dengan kondisi disabilitas pada posisi yang sesuai dengan kemampuannya.

Penerapan upaya kesehatan kerja merupakan langkah efektif untuk mencegah munculnya penyakit yang berhubungan dengan aktivitas pekerjaan. Penciptaan lingkungan kerja yang sehat dan minim dampak negatif akibat aktivitas profesional menjadi tanggung jawab bersama antara tiga pihak utama: entitas pemerintahan, pihak pemberi pekerjaan, dan para tenaga kerja itu sendiri. Hal ini dapat diwujudkan

melalui implementasi berbagai tindakan yang bersifat promotif untuk meningkatkan kesehatan serta preventif untuk menghindarkan timbulnya gangguan kesehatan (Kementerian Ketenagakerjaan, 2022).

a. Kegiatan Promotif (Promosi Kesehatan)

Promosi kesehatan di tempat kerja terdiri dari penerapan kebijakan, peraturan, dan prosedur di tempat kerja yang mendorong semua karyawan untuk menerapkan perilaku hidup sehat sehingga mereka dapat secara mandiri menjaga, meningkatkan, dan melindungi kesehatan mereka sehingga orang yang sehat tetap sehat, mencegah orang yang sehat menjadi sakit, dan meningkatkan produktivitas.

b. Kegiatan Preventif

Penerapan standar kesehatan kerja dan deteksi dini PAK dapat mencegah PAK. Penanganan dini penyakit akibat kerja dapat mengurangi keparahan penyakit dan mencegah kecacatan. Selain itu, pekerja lainnya harus dilibatkan dalam upaya pencegahan tertier dengan memberikan masukan tentang cara memperbaiki lingkungan kerja.

Selain mendapatkan perawatan medis, tenaga kerja yang terdiagnosa dengan kondisi medis terkait pekerjaan perlu memperoleh intervensi okupasional yang adekuat guna menghambat progresivitas dan membatasi tingkat disabilitas yang timbul. Selain itu, penting dilaksanakan penilaian sistematis terhadap kapasitas fungsional pekerja dengan gangguan kesehatan okupasional sebagai dasar untuk menyesuaikan beban dan jenis tugas dengan keterbatasan dan kapabilitas individual. Pendekatan ini untuk mencapai optimalisasi produktivitas tanpa memberikan dampak merugikan pada status kesehatannya (Kementerian Ketenagakerjaan, 2022).

## **2.3 Indoor Air Quality dan Particulate Matter**

### **2.3.1 Pengertian Indoor Air Quality**

*Indoor Air Quality* (IAQ) adalah salah satu elemen penting yang mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan manusia. Saat ini, masih kurangnya kesadaran di kalangan masyarakat mengenai kuantifikasi, identifikasi, dan kemungkinan efek kesehatan dari IAQ. Polutan udara seperti senyawa organik volatil (VOCs), partikel (PM), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), nitrous oxide (NO), hidrokarbon aromatik polisiklik (PAHs), spora mikroba, serbuk sari, alergen, dan lain-lain, berkontribusi utama terhadap penurunan kualitas IAQ (Kumar *et al.*, 2023).

Penurunan udara dalam ruangan dikenal sebagai *Indoor Air Pollution* (IAP) yang disebabkan oleh bahan kimia berbahaya dan zat lainnya yang dapat mencapai sepuluh kali lipat lebih buruk daripada polusi di luar. IAQ mencakup kualitas udara di dalam rumah, gedung, apartemen, kantor, dan sebagainya, yang secara khusus mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan manusia (EPA 2020).

Lingkungan dalam ruangan terdiri dari berbagai polutan luar yang sering kali terkait dengan lalu lintas kendaraan dan aktivitas industri (misalnya, merokok, pengecatan, dll.). Polutan dapat terakumulasi di lingkungan dalam ruangan jika tidak ada cukup udara luar yang masuk (Kumar *et al.*, 2023).

### **2.3.2 Particulate Matter**

*Particulate Matter* (PM) adalah partikel debu yang tersuspensi di udara untuk waktu yang lama atau partikel debu yang ditemukan di udara, termasuk debu, kotoran, jelaga, dan asap. *Particulate Matter* merupakan sumber emisi terbesar di udara ambient. Komponen-

komponen PM terdiri dari sulfat, nitrat, ammonia, sodium klorida, karbon, debu mineral dan air (Ridayanti, 2022).

Menurut (Nurhidayat, 2020) partikel udara secara umum dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu:

- a. Partikel halus (*fine particle*) adalah partikel yang lebih kecil dari 2,5  $\mu\text{m}$ .
- b. Partikel kasar (*coarse particle*) adalah partikel yang berukuran lebih besar dari 2,5  $\mu\text{m}$ .

Terdapat tiga kelompok partikulat debu dibedakan berdasarkan ukurannya yakni (Suwanto and Kusuma, 2023) :

- a. Partikulat debu *inhalable*

Partikulat debu yang dapat terhirup melalui mulut atau hidung. Jika terakumulasi di dalam saluran pernapasan, partikulat ini dapat menjadi sangat berbahaya.

- b. Partikulat debu *thoracic*

Ini adalah jenis debu partikulat yang dapat masuk ke saluran pernapasan bagian atas dan kemudian mencapai saluran udara di paru-paru.

- c. Partikulat debu *respirable*

Debu partikulat yang dapat terhirup dan masuk ke dalam sistem pernapasan melalui bronkiolus, lalu mencapai alveoli, tempat terjadinya pertukaran gas.

Ukuran dan distribusi adalah karakteristik fisik utama partikulat. Partikulat biasanya dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan ukurannya: partikel halus (dengan ukuran kurang dari 2,5  $\mu\text{m}$ ) dan partikel kasar (dengan ukuran lebih dari 2,5  $\mu\text{m}$ ) memiliki perbedaan dalam hal sumber, cara pembentukan, mekanisme penghilangan, sifat optik, dan komposisi kimia. Kedua jenis partikel ini termasuk dalam

kategori partikel tersuspensi yang dikenal sebagai *Total Suspended Particles (TSP)*. Partikulat ini dapat terdiri dari bahan organik maupun anorganik (Suwanto and Kusuma, 2023).

#### **2.3.2.1 *Particulate Matter 2.5***

PM<sub>2.5</sub> adalah partikel halus yang berukuran kurang dari 2,5 mikrometer. Karena ukurannya yang sangat kecil, PM<sub>2.5</sub> dapat masuk lebih dalam ke paru-paru, bahkan mencapai alveoli, tempat terjadinya pertukaran oksigen dan karbon dioksida, serta dapat masuk ke dalam aliran darah dan menyebar ke organ tubuh lainnya. Oleh karena itu, PM<sub>2.5</sub> dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan yang lebih serius (De Oliveira and Khatimi, 2022).

#### **2.3.2.2 *Particulate Matter 10***

PM<sub>10</sub> adalah partikel udara yang terdiri dari debu, serbuk sari, dan asap dengan diameter kurang dari 10 mikrometer. PM<sub>10</sub> dapat merusak saluran pernapasan dan memperburuk kondisi asma serta Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK). Paparan jangka panjang terhadap PM<sub>10</sub> juga dapat meningkatkan risiko kematian akibat masalah pernapasan (De Oliveira and Khatimi, 2022).

### 2.3.3 Parameter *Indoor Air Quality*

**Tabel 2.1.** Nilai normal parameter *Indoor Air Quality*

No	Parameter	Nilai Normal
1	Suhu	20°C - 24°C (68°F - 75°F)
2	Kelembapan	30% - 50%
3	Karbon Dioksida (CO2)	< 1000 ppm
4	Karbon Monoksida (CO)	< 9 ppm (dalam 8 jam)
5	Senyawa Organik Volatil (VOCs)	< 0.5 mg/m³
6	Formaldehid	< 0.1 ppm
7	PM 10	< 50 µg/m³
8	PM 2,5	< 25 µg/m³
9	Ozon (O3)	< 0.1 ppm
10	Nitrogen Dioksida (NO2)	< 0.05 ppm
11	Sulfur Dioksida (SO2)	< 0.03 ppm
12	Amonia (NH3)	< 0.5 ppm
13	Radon	< 4 pCi/L
14	Hidrogen Sulfida (H2S)	< 0.01 ppm
15	Partikel Debu Halus (PM1)	< 15 µg/m³
16	Klorin (Cl2)	< 0.5 ppm
17	Total Volatile Organic Compounds (TVOCs)	< 0.3 mg/m³

(WHO, 2018)

### 2.3.4 Alat Pengukur *Indoor Air Quality*

#### A. *Air Quality Monitor* (AQM)

*Air Quality Monitor* (AQM) merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur IAQ dengan mengidentifikasi berbagai polutan berbahaya, termasuk partikel halus (PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub>), CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, dan VOCs. Alat ini memiliki beberapa komponen. Mereka termasuk sensor yang dapat mengukur konsentrasi polutan, *data*

*logger* untuk menyimpan catatan tentang data yang dikumpulkan, dan antarmuka pengguna yang memungkinkan pemantauan dalam waktu nyata (Saliba, 2022).

Pengguna dapat mengurangi risiko penyakit pernapasan seperti asma dan penyakit pernapasan lainnya dengan memantau kualitas udara untuk meningkatkan ventilasi, mengurangi sumber polusi, dan menggunakan pembersih udara jika diperlukan. Alat ini penting untuk menjaga kesehatan dan kenyamanan penghuni adalah monitor udara di dalam rumah. Memberikan informasi yang diperlukan untuk membuat keputusan yang lebih baik tentang kualitas udara di dalam rumah atau kantor (Saliba, 2022).



**Gambar 2.1. Air Quality Monitor.**

(Temtop, 2021)

### 2.3.5 Faktor – faktor yang mempengaruhi *Indoor Air Quality*

#### 1. Faktor fisika

##### a. Kelembapan

Kelembapan udara adalah kadar uap air di udara sangat dipengaruhi oleh suhu. Saat suhu udara rendah, jumlah uap air yang diperlukan untuk menjenuhkan udara berkurang. Menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2018, kelembapan udara yang nyaman berkisar antara 40% hingga 60%. Kelembapan yang sangat rendah (di bawah 20%) dapat

menyebabkan kekeringan pada selaput lendir, sedangkan kelembapan yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme (Tenggara *et al.*, 2024).

Kelembapan udara yang tinggi menyebabkan partikel PM<sub>2,5</sub> menyerap uap air (bersifat higroskopis) sehingga ukurannya membesar dan lebih mudah mengendap. Sementara pada kelembapan rendah, partikel cenderung tetap berukuran kecil dan ringan sehingga lebih mudah melayang dan tersebar di udara dalam waktu yang lama. Perubahan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> akibat kelembapan berpotensi memengaruhi kualitas udara dalam ruangan dan berdampak pada munculnya keluhan SBS pada pekerja (Damayanti, Fadly and Fitria, 2023).

#### b. Pencahayaan

Pencahayaan adalah komponen yang memungkinkan pekerja untuk melihat objek yang sedang dikerjakan dengan jelas, cepat, nyaman, dan aman. Dengan demikian, tujuan pencahayaan di lingkungan kerja adalah untuk memastikan objek terlihat dengan jelas, baik melalui pantulan cahaya dari sumber lain maupun dari objek itu sendiri (Dany and Andini, 2024).

Kualitas pencahayaan yang optimal secara tidak langsung berhubungan dengan kadar PM<sub>2,5</sub> di udara. Ventilasi alami yang tercipta dari pencahayaan yang baik dapat membantu mengurangi konsentrasi PM<sub>2,5</sub> di ruangan melalui proses pertukaran udara. Sebaliknya, ruangan dengan pencahayaan minim dan ventilasi tertutup cenderung memiliki akumulasi partikel halus yang lebih tinggi, yang dapat memicu keluhan SBS (Mutmainnah, Larosa and H, 2023).

#### c. Kebisingan

Kebisingan adalah suara yang tidak menyenangkan dan dapat mengganggu manusia baik secara fisik maupun fisiologis, serta

mencemari lingkungan dengan merusak sifat alami lingkungan tersebut. Pada tingkat tertentu, kebisingan dapat menyebabkan gangguan pendengaran, meningkatkan stres, mengganggu kualitas tidur, dan berdampak negatif pada kesehatan secara keseluruhan (Rahmadhani and Nugroho, 2023).

Kebisingan juga dapat memengaruhi kondisi fisik lingkungan, misalnya dengan meningkatkan getaran udara dan menurunkan kenyamanan termal di ruang kerja. Kondisi tersebut berpotensi memperburuk kualitas udara dalam ruangan, karena sirkulasi udara yang terganggu dapat menyebabkan partikel halus seperti PM<sub>2,5</sub> lebih lama berada di udara. (Saputra and Diza, 2020).

#### d. Partikulat

Partikulat adalah sistem aerosol yang terdiri dari partikel solid terdispersi, yang terbentuk melalui proses mekanis berupa fragmentasi material (aktivitas destruksi), pemrosesan halus (proses pengolahan permukaan), atau aktivitas abrasi (pengikisan secara bertahap). Keberadaan partikulat padat di udara berperan besar dalam menurunkan IAQ, terutama bila ventilasi dan sistem filtrasi udara tidak berfungsi optimal (Suwanto and Kusuma, 2023).

### 2. Faktor kimia

#### a. Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, serta dapat membahayakan kesehatan jika terhirup dalam jumlah besar. Proses pembakaran menghasilkan emisi gas karbon dioksida. Karbon monoksida memiliki afinitas yang sangat tinggi terhadap hemoglobin sekitar 200–250 kali lebih kuat dibandingkan oksigen, sehingga membentuk karboksihemoglobin (COHb) yang menghambat kemampuan darah dalam mengangkut oksigen ke jaringan tubuh (Rambing *et al.*, 2022).

b. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa yang terdiri dari satu atom karbon dan dua atom oksigen. CO<sub>2</sub>, produk sampingan dari proses respirasi makhluk hidup dan pembakaran bahan bakar fosil, adalah bagian alami dari atmosfer Bumi. Selama beberapa dekade, konsentrasi CO<sub>2</sub> di dalam ruangan telah menjadi subjek utama percakapan tentang ventilasi dan IAQ. CO<sub>2</sub> diproduksi oleh penghuni bangunan melalui metabolisme dan aktivitas fisik (Gamatara and Kusumawardani, 2024).

c. Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)

Gas SO<sub>2</sub> memiliki sifat mudah larut dalam air dan tidak mudah terbakar. Pencemaran sekunder SO<sub>2</sub> seperti partikel sulfat dan minyak sulfat dapat berpindah dari sumbernya. Sulfur dioksida menjadi salah satu utama di area industri yang menggunakan proses pembakaran sebagai bagian dari aktivitas operasional. Konsentrasi SO<sub>2</sub> yang tinggi di ruang tertutup menandakan sirkulasi udara yang tidak optimal dan ventilasi yang buruk (Tampa, Maddusa and Pinontoan, 2020).

d. Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)

Nitrogen Dioksida adalah salah satu polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia. Ini dapat menyebabkan infeksi saluran pernapasan dan iritasi pada paru-paru (Safira, Fauzan and Adhiwibawa, 2021). Nitrogen Dioksida berkontribusi terhadap penurunan IAQ, terutama di ruang tertutup yang berdekatan dengan sumber emisi atau memiliki ventilasi yang buruk. Nitrogen Dioksida dapat terbentuk dari penggunaan alat pemanas berbahan bakar gas, kompor, atau proses pembakaran tidak sempurna. Paparan gas ini dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, penurunan fungsi paru, serta meningkatkan kepekaan terhadap alergen (Australian Building Codes Board, 2021).

e. VOC (*Volatile Organic Compounds*)

VOC adalah sekelompok senyawa organik yang mudah menguap ke atmosfer dan memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. VOC memainkan peran penting dalam pembentukan ozon troposfer dan aerosol organik sekunder, dua komponen utama polusi udara. VOC dapat ditemukan di udara sisa pernapasan manusia dalam konsentrasi yang berbeda-beda, (Alhadawiah *et al.*, 2025).

f. *Environmental Tobacco Smoke* (ETS)

Asap rokok pasif atau *Environmental Tobacco Smoke* (ETS) merupakan kombinasi antara asap utama yang dikeluarkan perokok dan asap samping hasil pembakaran produk tembakau. Individu non-perokok yang menghirup campuran asap ini disebut perokok pasif. Paparan tersebut dapat menyebabkan beragam gangguan Kesehatan. Secara keseluruhan, peningkatan kesadaran tentang bahaya polusi asap rokok dalam ruangan menjadi sangat krusial (Suryoadji *et al.*, 2024).

*Environmental tobacco smoke* (ETS) terdiri dari dua jenis: *mainstream* dan *sidestream*. Semua senyawa yang ditemukan di *mainstream* ditemukan juga di *sidestream*, bahkan dalam konsentrasi yang lebih tinggi daripada di *mainstream* (Rifai *et al.*, 2022).

g. Ozon (O<sub>3</sub>)

Ozon merupakan bentuk triatomik dari oksigen. Gas oksigen yang biasa kita hirup sehari-hari hanya terdiri dari dua atom oksigen. Ozon dianggap memiliki kemampuan untuk menghilangkan zat berbahaya di dalam udara dan air karena sifatnya yang mampu mengoksidasi bahan organik dengan cepat (Rahmawaty *et al.*, 2022). Ozon biasanya digunakan dalam industri untuk berbagai tujuan, seperti menghilangkan warna, bau, dan disinfektan. Ozon pertama

kali digunakan sebagai disinfektan dalam pengolahan air di Instalasi Pengolahan Air Bon Voyage di Nice, Prancis, pada tahun 1906. Salah satu keunggulan utama dari proses disinfeksi menggunakan ozon adalah waktu kontak yang relatif singkat. Dengan nilai potensial redoks standar ( $E^\circ$ ) sebesar 2,07 volt, ozon merupakan oksidator kuat dan dianggap lebih efektif sebagai disinfektan dibandingkan dengan klorin (Jannah *et al.*, 2021).

### 3. Faktor biologi

#### a. Bakteri

Penyebaran berbagai jenis bakteri di lingkungan dalam ruangan disebabkan oleh manusia. Bakteri *Legionella pneumophilia* berasal dari perairan dan tanah, serta aerosol dari pendingin udara dan pancuran air, debu dari campuran pot, dan sisa bangunan. Infeksi dapat menyebabkan apa saja, mulai dari demam dan batuk hingga pneumonia yang parah dan kematian (Australian Building Codes Board, 2021).

Bakteri adalah mikroorganisme prokariotik yang dapat ditemukan di berbagai lingkungan, termasuk di dalam ruangan. Mereka dapat berfungsi sebagai pengurai dalam ekosistem, tetapi jumlah yang berlebihan di lingkungan tertutup juga dapat menyebabkan masalah Kesehatan. Studi menunjukkan bahwa beberapa jenis bakteri, seperti *Staphylococcus*, sering ditemukan di ruang perkantoran dan dapat menyebabkan gejala kesehatan seperti SBS (Jusuf, Nurfadillah and Debu, 2025).

#### b. Jamur

Jamur adalah organisme eukariotik dari kingdom fungi yang hidup di berbagai lingkungan, termasuk di dalam ruangan. Mereka menyebar melalui spora yang tersebar di udara dan dapat menginfeksi orang, terutama Ketika IAQ buruk. Menurut penelitian, jamur seperti *Aspergillus* dan *Candida* sering ditemukan di udara

ruangan, dan keberadaan mereka dapat menunjukkan kualitas udara yang buruk. Ini karena jamur tumbuh dengan baik di lingkungan yang lembab dan hangat, sehingga kelembaban yang tinggi dan suhu yang tidak terjaga dapat meningkatkan pertumbuhan jamur di dalam ruangan (Hartina, Solikah and Putri, 2024). Studi menunjukkan bahwa SBS dapat diperburuk dengan paparan spora jamur dan mikroorganisme lainnya di udara (Purnowo, Setiawan and Yusmaniar, 2024).

#### c. Virus

Virus adalah mikroorganisme ini dapat menyebabkan infeksi pada manusia dan hewan. Virus tersebut dapat menyebar melalui udara dalam bentuk aerosol, yaitu partikel kecil yang dapat bertahan di udara dalam waktu yang lama dan dihirup oleh orang lain. Kualitas udara dalam ruangan yang buruk, seperti ventilasi yang tidak memadai dan kelembaban yang tinggi, dapat meningkatkan konsentrasi virus di udara serta memperpanjang masa hidupnya. Kondisi ini secara langsung meningkatkan risiko penularan infeksi virus di lingkungan tersebut (Dewi, Raharjo and Wahyuningsih, 2021).

### 4. Faktor Individu

Jenis kelamin, usia, masa kerja, dan kebiasaan merokok seseorang sangat memengaruhi IAQ dan dampaknya terhadap Kesehatan (Tri *et al.*, 2025). Perokok aktif mencemari udara dengan zat berbahaya, meningkatkan risiko masalah kesehatan bagi perokok pasif juga. Faktor usia juga berpengaruh. Orang yang lebih tua cenderung mengalami gejala yang disebabkan oleh polusi udara, sementara orang yang lebih muda dapat mengalami efek buruk dari udara yang tidak sehat. (Larasati and Wahyuningsih, 2023).

a. Jenis Kelamin

Faktor individu seperti jenis kelamin dapat memengaruhi respons seseorang terhadap udara dalam ruangan dan dampaknya terhadap kesehatan mereka. Menurut penelitian, perempuan lebih sensitif terhadap polutan udara dibandingkan laki-laki. Ini mungkin karena perbedaan fisiologis, seperti ukuran paru-paru, metabolisme, dan respons imun yang berbeda antara laki-laki dan perempuan (Larasati and Wahyuningsih, 2023).

Faktor - faktor lain, seperti hormon dan kondisi kesehatan dasar, dapat memperburuk sensitivitas ini. Selain itu, perbedaan perilaku dan kebiasaan antara jenis kelamin dapat berdampak pada udara di dalam ruangan. Misalnya, laki-laki mungkin lebih cenderung merokok, yang juga dapat mencemari udara dalam ruangan, dan perempuan mungkin lebih sering mengambil bagian dalam pekerjaan kebersihan yang memerlukan penggunaan produk pembersih yang mengandung bahan kimia berbahaya (Larasati and Wahyuningsih, 2023).

b. Usia

Usia adalah faktor individual yang dapat mempengaruhi kerentanan seseorang terhadap masalah kesehatan yang berkaitan dengan udara dalam ruangan. Studi menunjukkan bahwa daya tahan tubuh dan sistem imun lebih kuat pada orang yang lebih muda daripada orang yang lebih tua. Hal ini meningkatkan risiko gejala yang disebabkan oleh polusi udara dalam ruangan, seperti iritasi saluran pernapasan, alergi, dan SBS. Selain itu, dengan bertambahnya usia, fungsi beberapa organ tubuh, termasuk paru-paru dan jantung, dapat menurun, meningkatkan risiko penyakit akibat paparan polutan udara (Wibisono *et al.*, 2022).

c. Masa Kerja

Masa kerja merupakan lamanya seseorang bekerja di suatu lingkungan atau instansi tertentu yang dapat memengaruhi tingkat pajanan terhadap faktor-faktor risiko di tempat kerja. Semakin lama seseorang bekerja, semakin tinggi pula kemungkinan terpapar berbagai faktor fisik, kimia, maupun biologi yang dapat menurunkan kondisi kesehatan dan meningkatkan risiko terjadinya SBS. Pajanan polutan dalam jangka panjang, terutama pada lingkungan kerja tertutup dengan ventilasi terbatas, dapat menyebabkan gangguan seperti kelelahan, penurunan konsentrasi, serta keluhan pada saluran pernapasan dan kulit (Suryadi, Hidayat and Wulandari, 2024).

d. Kebiasaan Merokok

Perokok aktif tidak hanya berisiko mengalami berbagai masalah kesehatan akibat paparan asap rokok, tetapi mereka juga dapat memasukkan zat-zat berbahaya ke udara di sekitar mereka. Asap rokok mengandung sejumlah polutan, seperti karbon monoksida, tar, dan nikotin, yang dapat menurunkan kualitas udara dan menyebabkan gangguan pernapasan, iritasi mata, dan gejala lain yang terkait dengan SBS. Perokok pasif, atau orang yang tidak merokok tetapi terpapar asap rokok, juga berisiko mengalami masalah kesehatan yang serupa. Penelitian menunjukkan bahwa lingkungan dengan banyak perokok cenderung memiliki kualitas udara yang lebih buruk, yang dapat menyebabkan gejala kesehatan yang lebih parah pada penghuni ruangan (Wibisono *et al.*, 2022).

## 2.4 Sick Building Syndrome

### 2.4.1 Pengertian Sick Building Syndrome

*Sick Building Syndrome* adalah suatu kondisi di mana penghuni sebuah ruangan atau gedung mengalami masalah kesehatan akut yang berhubungan dengan lamanya tinggal di sana (Aurora, 2021). Ketika seseorang menghabiskan jumlah waktu atau durasi waktu tertentu di dalam gedung, efek kesehatan dan kenyamanan akut dari SBS akan muncul, tetapi penyebab SBS sulit untuk diidentifikasi. Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa SBS adalah kondisi di mana sekelompok keluhan dan gejala yang muncul, tidak ada penyebab atau penyakit yang dapat diidentifikasi. Faktor-faktor seperti durasi seseorang berada dalam ruangan, kualitas udara yang buruk, dan hubungan antara faktor individu tidak dapat dijadikan penyebab (Boity, Kaur and Varshney, 2022).

Menurut *United States Environmental Protection Agency (US EPA)*, salah satu dari lima masalah kesehatan yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak sehat adalah IAQ yang buruk. Sekitar tiga juta orang meninggal karena polusi udara setiap tahun, dan sekitar 400-500 juta orang mengalami masalah polusi udara dalam ruangan, terutama di negara berkembang. 80-90% pekerja yang bekerja di gedung kantor bertingkat atau tidak bertingkat terpapar polusi. Oleh karena itu, udara dalam gedung yang buruk meningkatkan risiko gangguan atau gejala kesehatan bagi karyawan. Jika gangguan kesehatan ini tidak ditangani segera, hal itu akan menyebabkan kerugian keuangan, ketidaknyamanan, dan penurunan produktivitas kerja (Mawarni *et al.*, 2021).

Studi yang dilakukan oleh Laksyana Utami (2019) terhadap 40 responden yang bekerja di sektor minyak dan gas menemukan bahwa 10 kasus, atau 25% dari orang yang mengalami SBS. Sebanyak 80% dari responden melaporkan gangguan kesehatan seperti mata merah,

kepala pusing, dan hidung gatal; 60% melaporkan batuk, tenggorokan, dan masalah pencernaan; dan 40 % melaporkan kelelahan di kilang gas minyak. Studi tambahan yang dilakukan pada pusat perbelanjaan bawah tanah di Korea Selatan menunjukkan bahwa untuk kelompok SBS, SBS adalah 43,6 % untuk gejala kulit, 62,4% untuk gejala iritasi mata, 65,6% untuk gejala pernapasan, dan 64,7 % untuk gejala umum (Kim *et al.*, 2019).

#### **2.4.2 Sick Building Syndrome**

*Sick Building Syndrome* dapat diidentifikasi ketika penghuni gedung mengalami kumpulan gejala yang menyebabkan ketidaknyamanan dan perasaan tidak sehat. SBS cenderung menjadi lebih parah seiring waktu seseorang tinggal di dalam gedung dan membaik seiring waktu mereka pergi. Nyeri kepala, iritasi membran mukosa, mata dan nasofaring, batuk, sesak, rinitis, dan gejala lainnya merupakan SBS yang tidak spesifik dan tidak dapat dipastikan penyebabnya (Boity, Kaur and Varshney, 2022).

Menurut (Iskandar, 2019), gejala dan penyebab terjadinya SBS dapat diklasifikasikan ke dalam tujuh kategori utama, yaitu:

- a. Sakit kepala
- b. Bersin - bersin, pilek, dan hidung tersumbat
- c. Iritasi mata, hidung, dan tenggorokan
- d. Batuk dan suara serak
- e. Mata berkunang – kunang
- f. Gatal – gatal dan bintik merah pada kulit
- g. Mual

Menurut (Salvaraji *et al.*, 2022), ada tiga kategori SBS :

- a. Gejala umum termasuk sakit kepala, pusing, kelelahan atau kelesuan, serta mual atau muntah.

- b. Gejala mukosa termasuk iritasi pada mata, kelopak mata Bengkak, pilek atau radang selaput lendir hidung, hidung tersumbat, tenggorokan kering, sakit tenggorokan, dan batuk.
- c. Gejala kulit: ruam di tangan atau lengan bawah, ruam di wajah atau tenggorokan, eksim, gatal-gatal di wajah atau tenggorokan, dan gatal-gatal di tangan atau lengan bawah.

Menurut (Karlina, Maharani and Utari, 2021) kumpulan gejala pada penyakit SBS dikelompokan menjadi 7 kelompok, yaitu :

- a. Kelelahan: ketika anda merasa terlalu lelah saat bekerja di dalam ruangan.
- b. Mengantuk: sulit untuk bangun dan fokus.
- c. Kesulitan berkonsentrasi: sulit untuk fokus pada tugas yang sedang dikerjakan.
- d. Gangguan pernapasan: masalah pernapasan yang dapat terjadi karena kualitas udara yang buruk.
- e. Iritasi mata: rasa tidak nyaman atau gatal pada mata.
- f. Iritasi kulit: reaksi kulit yang mungkin disebabkan oleh lingkungan di gedung.
- g. Stres psikologis: kecemasan, depresi, dan ketidaknyamanan saat bekerja

Menurut *WHO-CEPIS* (2008), beberapa gejala ini dapat muncul secara bersamaan dan seringkali disertai dengan keluhan tentang pengap, udara yang buruk, udara kering, kebisingan, cahaya, atau suhu yang terlalu panas atau terlalu dingin. Seseorang dikatakan menderita SBS jika mereka menunjukkan gejala atau kelelahan pada waktu yang sama setidaknya dua kali selama berada di dalam bangunan dan gejala tersebut hilang setelah keluar dari bangunan (Adiningsih and Hairuddin, 2021).

### 2.4.3 Penyebab *Sick Building Syndrome*

Penyebab SBS menurut (Pant, 2024) :

- a. Terdapat berbagai sumber polutan udara di dalam bangunan. Polutan-polutan ini dapat berasal dari asap rokok, formaldehida, pestisida, cat atau karpet baru, debu dari langit-langit, serta berbagai bahan kimia lainnya. Salah satu gas berbahaya adalah CO, ketika CO terhirup, gas ini akan menggantikan oksigen dalam ikatan dengan Hb, sehingga mengurangi pasokan oksigen ke tubuh dan berpotensi menyebabkan kematian.
- b. Sistem ventilasi dan sirkulasi udara yang buruk dalam gedung dapat memperburuk kualitas udara di dalam ruangan. Sistem ventilasi yang tidak memadai hanya akan mengedarkan udara buruk di dalam gedung, menghambat proses sirkulasi udara yang sehat, dan menyebabkan udara di dalam ruangan tetap tercemar.
- c. Pengaturan tata letak dan penggunaan ruangan juga dapat berpengaruh terhadap timbulnya SBS, terutama jika sistem ventilasi di gedung tidak memadai. Sebagai contoh, gas buangan seperti karbon monoksida dan gas berbahaya lainnya dapat memasuki ruang kantor yang terletak di atas ruang parkir melalui tangga atau ventilasi, meningkatkan potensi paparan terhadap polutan tersebut.
- d. Kontaminan biologis, seperti bakteri, jamur, dan virus, cenderung berkembang biak di lingkungan yang lembab, seperti pada saluran pendingin udara yang jarang dibersihkan.

Karena keempat penyebab SBS ini tersebar dan dipelihara oleh sistem sirkulasi udara dan ventilasi yang buruk, dapat disimpulkan bahwa kondisi sirkulasi udara dan ventilasi adalah komponen utama yang mempengaruhi tingkat kesehatan gedung atau bangunan (Pant, 2024).

#### **2.4.4 Faktor Risiko Sick Building Syndrome**

##### **a. Indoor Air Quality (IAQ)**

Salah satu penyebab utama SBS adalah IAQ yang buruk. Di dalam bangunan, polutan seperti gas berbahaya, partikel debu, dan VOC dapat terakumulasi, yang dapat menyebabkan berbagai gejala kesehatan yang berbahaya. Iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan serta sakit kepala, kelelahan, dan gangguan konsentrasi adalah beberapa gejala ini. Penghuni sering mengabaikan penurunan kualitas udara yang dapat memengaruhi kesehatan mereka dalam jangka panjang. Menurut penelitian, paparan jangka panjang terhadap polutan dapat menyebabkan masalah pernapasan yang serius dan bahkan meningkatkan risiko penyakit kronis (Syafei, Budiyanto and Mohamed, 2024).

##### **b. Sistem Ventilasi yang Tidak Memadai**

Sistem ventilasi yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan sirkulasi udara yang buruk di dalam gedung, sehingga polutan tidak dapat dikeluarkan dengan baik. Ventilasi yang tidak memadai juga dapat meningkatkan konsentrasi polutan di dalam ruangan, yang dapat memperburuk kondisi kesehatan pekerja (Suryadi, Hidayat and Wulandari, 2024).

##### **c. Faktor Demografi (Usia dan Jenis Kelamin)**

Penelitian menunjukkan bahwa elemen demografi, seperti usia dan jenis kelamin, dapat mempengaruhi risiko terkena SBS. Misalnya, orang yang lebih tua dan wanita cenderung lebih rentan terhadap SBS dan lebih rentan terhadap polutan tertentu karena perbedaan hormonal dan fisiologis. Selain itu, orang yang lebih tua mungkin memiliki sistem kekebalan tubuh yang lebih lemah dan lebih rentan terhadap efek negatif dari polusi udara (Karlina, Maharani and Utari, 2021).

d. Kebersihan dan Pemeliharaan Bangunan yang Buruk

Pemeliharaan dan kebersihan gedung yang buruk dapat menyebabkan akumulasi debu dan polutan lainnya, yang menyebabkan SBS. Lingkungan yang kotor tidak hanya mengganggu, tetapi juga dapat menyebabkan alergi dan masalah pernapasan. Penghuni gedung dapat sangat teriritasi oleh debu, jamur, dan kotoran (*Wibisono et al.*, 2022).

e. Faktor Lingkungan (Suhu dan Kelembapan)

Suhu dan kelembapan yang tidak sesuai dapat mengganggu kenyamanan dan kesehatan. Kelembapan yang tinggi juga dapat meningkatkan risiko infeksi pernapasan, sementara lingkungan yang terlalu kering dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan saluran pernapasan, sedangkan lingkungan yang terlalu lembab dapat menyebabkan perkembangan jamur dan bakteri (*Saffannah and Rafiah*, 2019).

f. Faktor Psikososial

Faktor psikososial seperti stres dan kurangnya kontrol terhadap lingkungan kerja dapat memperburuk SBS. Sistem kekebalan tubuh terpengaruh oleh stres yang berkepanjangan dan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit. Upaya mengurangi efek negatif dari komponen psikososial ini dengan menciptakan lingkungan kerja yang mendukung, melatih karyawan dalam manajemen stres, dan memberikan kontrol atas situasi kerja mereka (*Fadillah et al.*, 2024).

g. Penggunaan Bahan Bangunan yang Mengeluarkan Polutan

Bahan bangunan tertentu dapat melepaskan formaldehid dan senyawa organik volatil lainnya ke udara. Dalam konstruksi atau renovasi gedung, penggunaan bahan-bahan ini dapat meningkatkan risiko SBS, terutama jika ventilasi tidak memadai. Senyawa ini mungkin berasal dari cat, pelapis, dan bahan bangunan lainnya yang digunakan di dalam bangunan (*Mawarni et al.*, 2021).

#### h. Lokasi Bangunan

Lokasi gedung di dekat sumber polusi eksternal, seperti jalan raya, dapat meningkatkan risiko terjadinya SBS karena paparan polutan eksternal, seperti asap kendaraan dan debu, dapat masuk ke dalam gedung dan mempengaruhi kualitas udara. Untuk menjaga kesehatan penghuni gedung, pemilihan lokasi yang tepat dan penerapan metode mitigasi polusi sangat penting. Perusahaan dapat mempertimbangkan untuk menggunakan tanaman di dalam ruangan untuk menyaring polutan dan menerapkan sistem filtrasi udara yang baik untuk mengurangi dampak polusi dari luar (Mawarni *et al.*, 2021).

#### 2.4.5 Dampak *Sick Building Syndrome*

*Sick Building Syndrome* dapat berdampak besar pada ketidakhadiran karyawan dan produktivitas di tempat kerja. SBS adalah istilah yang mengacu pada berbagai gejala yang dialami oleh orang yang tinggal atau bekerja di dalam gedung, yang sering dikaitkan dengan kondisi udara dalam ruangan yang buruk. Dampak SBS pada perusahaan dan karyawan termasuk:

##### a. Tingkat *sickness absence* tinggi

Pekerja yang mengalami SBS akan menerima cuti sakit untuk mendapatkan perawatan. Masalah kesehatan yang berulang dapat menyebabkan absensi yang lebih sering dan lebih lama karena paparan udara dalam ruangan yang buruk secara terus menerus.

##### b. Produktivitas menurun

Penurunan fungsi kognitif, fokus, dan konsentrasi dapat terjadi pada pekerja yang menderita SBS. Masalah kesehatan dan ketidaknyamanan dapat mengurangi produktivitas dan efisiensi. Gejala seperti sakit kepala dan masalah pernapasan juga dapat meningkatkan stres, yang berdampak pada kinerja kerja (Larasati and Wahyuningsih, 2023).

#### 2.4.6 Cara Penanggulangan *Sick Building Syndrome*

Langkah awal yang dapat dilakukan untuk menanggulangi SBS menurut (Laila, 2023) :

- a. Mengurangi polutan di dalam gedung, termasuk dengan memperbaiki desain tata ruang dan sistem pendingin udara. Desain pemanas, ventilasi, dan pendingin ruangan harus memenuhi standar dasar untuk menciptakan sistem tata udara yang efektif.
- b. Mengidentifikasi dan mengendalikan sumber polutan di dalam gedung, seperti asap rokok, bahan kimia berbahaya, jamur, dan kelembaban yang berlebihan.
- c. Melibatkan penghapusan atau perbaikan sumber polutan tersebut, misalnya dengan melakukan perawatan rutin pada sistem pendingin udara dan membersihkan area yang rentan tergenang air.
- d. Memasang penyaring udara dapat membantu mengurangi jumlah polutan yang masuk ke dalam gedung, meskipun tidak akan menghilangkan semua polutan dari udara.
- e. Melibatkan penggunaan pendekatan administratif untuk mengontrol paparan, Misalnya, dengan memindahkan individu yang rentan dari area yang terpapar polutan dan mendorong mereka untuk menghindari sumber kontaminasi.
- f. Menilai desain dan tata letak ruangan untuk memastikan bahwa posisi ruang memberikan kenyamanan dan mendukung kesehatan. Ini melibatkan penggunaan material yang aman, pemanfaatan pencahayaan alami, dan memastikan tata letak yang optimal.

Penanganan SBS membutuhkan pendekatan yang menyeluruh, mencakup perbaikan fisik, pengendalian polutan, serta peningkatan kesadaran dan partisipasi dari penghuni gedung.

## 2.5 Profil PT Semen Baturaja Tbk

PT Semen Baturaja Tbk adalah perusahaan nasional yang bergerak di bidang produksi dan distribusi semen, dengan jaringan operasi yang tersebar di wilayah Sumatera Bagian Selatan. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 1970-an dan menjadi salah satu pemasok utama bahan bangunan di Indonesia, khususnya di wilayah Sumatera. Salah satu unit operasional penting PT Semen Baturaja Tbk berada di Panjang, Bandar Lampung, tepatnya di Jl. Yos Sudarso Km. 7, Panjang. Fasilitas ini dikenal sebagai *Unit Finish Mill & Packing*, yang berfungsi sebagai pusat penggilingan akhir dan pengantongan semen. Kapasitas produksinya mencapai 350.000 ton per tahun, menjadikannya salah satu penopang utama distribusi semen di wilayah Lampung dan sekitarnya (PT Semen Baturaja Tbk, 2025).

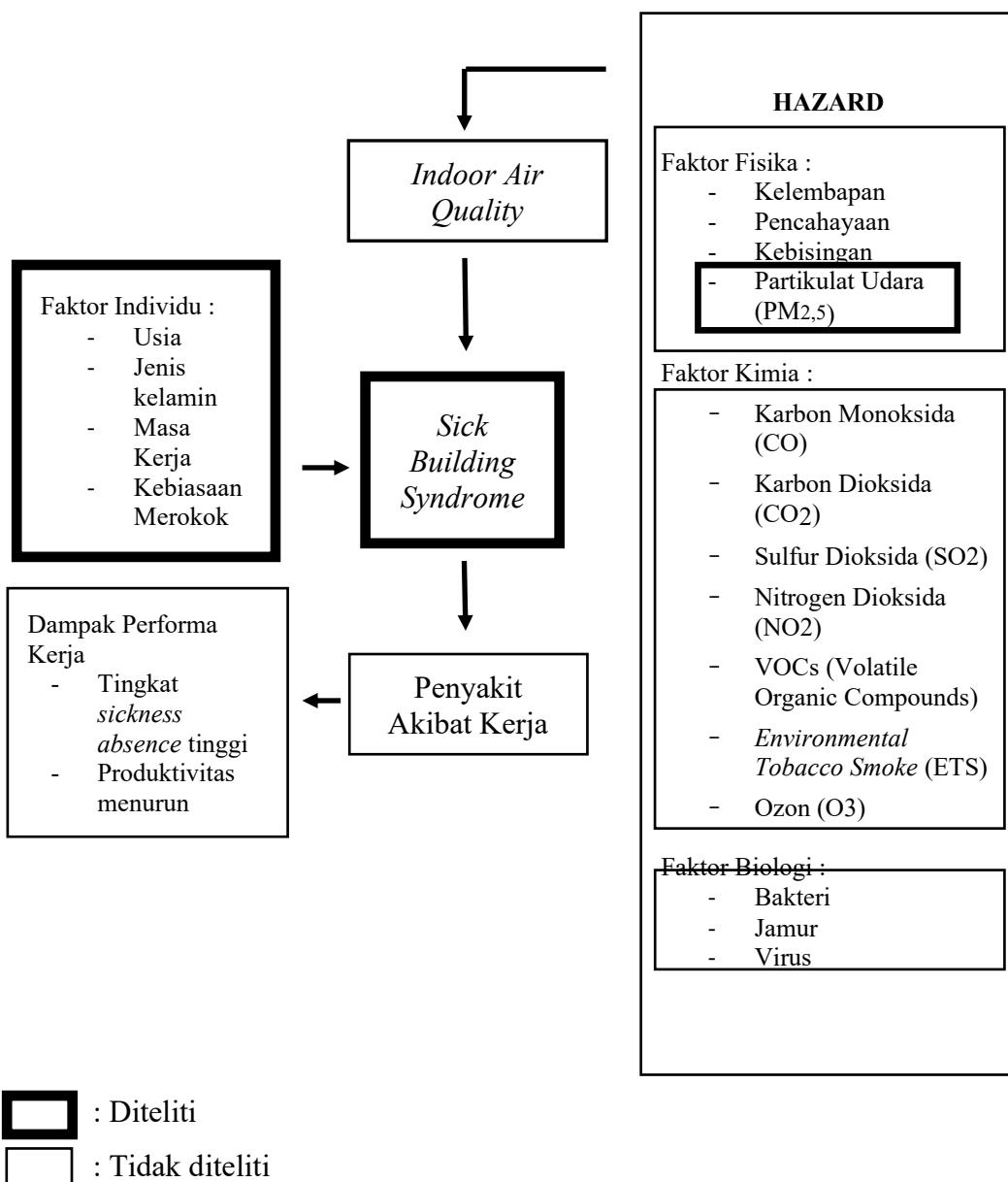
Unit ini berdiri di atas lahan seluas kurang lebih 40.000 m<sup>2</sup>, serta dilengkapi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) untuk mendukung kelangsungan operasional. Lokasinya yang strategis, dekat dengan pelabuhan Panjang, mempermudah proses distribusi semen melalui jalur laut ke berbagai wilayah pemasaran. Pendirian unit ini merupakan bagian dari strategi PT Semen Baturaja Tbk dalam memperkuat jaringan distribusi regional dan mendukung kebutuhan pembangunan infrastruktur di wilayah Provinsi Lampung serta sekitarnya (PT Semen Baturaja Tbk, 2025).



**Gambar 2.2.** PT Semen Baturaja Tbk.  
(PT Semen Baturaja Tbk, 2025)

## 2.6 Kerangka Teori

Berdasarkan penjelasan di atas dan penelitian sebelumnya maka dapat disusun kerangka teori sebagai berikut.



**Gambar 2.3.** Kerangka Teori

(Anisa *et al.*, 2020; Hefnita *et al.*, 2023; Wimpy *et al.*, 2024)

## 2.7 Kerangka Konsep



**Gambar 2.4.** Kerangka Konsep

## 2.8 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan judul penelitian ini, maka hipotesis penelitian ini adalah :

1. Ha : Terdapat hubungan antara kadar PM<sub>2,5</sub> terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.  
 $H_0$  : Tidak terdapat hubungan antara kadar PM<sub>2,5</sub> terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.
2. Ha : Terdapat hubungan antara jenis kelamin terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.  
 $H_0$  : Tidak terdapat hubungan antara jenis kelamin terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.
3. Ha : Terdapat hubungan antara usia terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.  
 $H_0$  : Tidak terdapat hubungan antara usia terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.
4. Ha : Terdapat hubungan antara masa kerja terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.  
 $H_0$  : Tidak terdapat hubungan antara masa kerja terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.
5. Ha : Terdapat hubungan antara merokok terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.  
 $H_0$  : Tidak terdapat hubungan antara merokok terhadap SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Studi kuantitatif ini diimplementasikan melalui desain *cross-sectional* sehingga dapat menggambarkan kondisi dan karakteristik populasi penelitian dan dapat digunakan pada populasi yang besar (Machali, 2021). Desain ini dipilih dikarenakan penelitian ini dilakukan dalam satu waktu dan *outcome* berupa masalah yang cukup umum ditemukan. Selain itu, penggunaan desain studi *cross-sectional* untuk SBS merupakan kasus yang relevan pada populasi (Abduh *et al.*, 2022).

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Studi ini berlangsung mulai September - November 2025, bertempat di PT Semen Baturaja Tbk yang berlokasi di Bandar Lampung.

#### **3.3 Populasi dan Sampel Penelitian**

##### **3.3.1 Populasi Penelitian**

Populasi yang menjadi objek studi yaitu semua karyawan PT Semen Baturaja Tbk yang bekerja di bagian dalam ruangan (*indoor*).

##### **3.3.2 Sampel Penelitian**

Sampel adalah segmen yang dipilih berdasarkan keseluruhan responden, yang mewakili jumlah dan ciri-ciri populasi untuk keperluan penelitian. Bagian populasi yang diteliti mencakup pekerja yang sesuai dengan parameter inklusi dan eksklusi yang ditetapkan, yaitu semua

pekerja di PT Semen Baturaja Tbk yang bekerja di area indoor yang berjumlah 70 pekerja.

### 3.3.3 Besar Sampel

Komponen sampel dari total populasi yang diambil sebagai sumber data dan mampu merepresentasikan populasi secara keseluruhan disebut sebagai sampel. Rumus *Kerjcie & Morgan* dapat digunakan untuk menghitung berapa banyak sampel yang harus diambil populasi total yang sudah diketahui secara pasti (Rosyida and Prianlianingtiasari, 2023). Teknik pengambilan sampel yang dapat dipertimbangkan adalah *total sampling*. Teknik ini cocok digunakan apabila jumlah populasi relatif kecil sehingga memungkinkan untuk meneliti seluruh anggota populasi. Dengan jumlah populasi sebanyak 70 orang pekerja yang seluruhnya terpajan faktor risiko yang sama. Dengan cara ini, hasil penelitian diharapkan dapat menggambarkan kondisi yang sebenarnya dari seluruh populasi pekerja di PT Semen Baturaja Tbk serta menghilangkan potensi bias dalam pemilihan sampel (Machali, 2021).

$$S = \frac{X^2 \cdot N \cdot P(P - 1)}{(d^2(N - 1)) + (X^2 \cdot P(1 - P))}$$

Keterangan :

S = Ukuran sampel

N = Jumlah populasi

P = Proporsi populasi

d = Margin of error (5% = 0.05)

$\chi^2$ = nilai *chi-square* ( $\chi^2$ ) dari distribusi normal

$$S = \frac{X^2 \cdot N \cdot P(P - 1)}{(d^2(N - 1)) + (X^2 \cdot P(1 - P))}$$

$$S = \frac{(1.96)^2 \cdot 70 \cdot 0,5(1 - 0,5)}{(0,05)^2(70 - 1) + (1.96)^2 \cdot 0,5(1 - 0,5)}$$

$$S = 59 \text{ Sampel}$$

$$S + 10\% = \mathbf{65 sampel}$$

Sampel ditambah 10% untuk mengurangi faktor ketidakpastian dalam suatu perhitungan atau estimasi. Dalam banyak perhitungan ilmiah atau eksperimen, pengukuran sering kali memiliki batas ketepatan tertentu, dan penambahan persentase ini membantu mengakomodasi ketidakpastian yang mungkin terjadi (Sugiyono, 2017).

### 3.4 Identifikasi Variabel Penelitian

#### 3.4.1 Variabel Bebas (*independent variable*)

Variabel bebas (X), yang juga dikenal sebagai variabel independen, merupakan variabel yang berperan berdampak variabel dependen terlepas dari dampak positif maupun negatif (Dekanawati *et al.*, 2023). Dalam penelitian ini, partikulat udara (PM<sub>2,5</sub>) dijadikan sebagai variabel independen.

#### 3.4.2 Variabel Terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat (Y) Adalah variabel yang terpengaruh dari variabel X (*independent*), sehingga perubahan pada variabel bebas akan berdampak pada variabel terikat (Dekanawati *et al.*, 2023). Variabel terikat yang menjadi sorotan utama pada studi ini yaitu SBS yang menimpa karyawan pada PT Semen Baturaja Tbk.

### **3.5 Kriteria Sampel**

#### **3.5.1 Kriteria Inklusi**

Di bawah ini merupakan kriteria inklusi yang diterapkan dalam penelitian ini:

1. Pegawai yang sudah bekerja di PT Semen Baturaja Tbk minimal 1 bulan sebagai pekerja di PT. Semen Baturaja Tbk.
2. Pekerja yang bersedia mengikuti penelitian.
3. Pekerja yang hadir saat penelitian dilakukan.

#### **3.5.2 Kriteria Eksklusi**

Adapun syarat-syarat yang menyebabkan subjek tidak dimasukkan dalam studi ini yaitu:

1. Pekerja yang mengidap penyakit asma, ISPA, sinusitis, dan eksim sebelum bekerja di PT Semen Baturaja Tbk.
2. Data tidak lengkap.

### 3.6 Definisi Operasional

Berikut ini merupakan definisi operasional yang dipakai pada studi ini :

**Tabel 3.1.** Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi	Alat ukur	Cara ukur	Hasil ukur	Skala
1	Sick Building Syndrome	<i>Sick Building Syndrome</i> sulit didiagnosis karena beragamnya gejala yang muncul. Keluhan dapat meliputi iritasi saluran pernapasan (tenggorokan kering, hidung berair, sesak napas), masalah kulit (kekeringan, kemerahan, iritasi), gangguan mata, gejala mirip flu (sakit kepala, pusing, kelelahan), nyeri tubuh (dada, punggung, lengan), serta gangguan kognitif dan pencernaan (Rahayu <i>et al.</i> , 2023).	Kuisisioner	Pengisian langsung oleh responden.	0 = Ya. Merasakan gejala minimal 1 gejala umum dan 1 gejala terkait gejala yang melibatkan mukosa, hidung, tenggorokan, atau kulit.  1 = Tidak. Tidak mengalami atau memenuhi gejala yang termasuk dalam kriteria penelitian (Wang <i>et al.</i> , 2022).	Nominal
2	Partikulat PM2,5	Konsentrasi PM2,5 di udara dalam ruangan (Orkomi, 2024).	Indoor Air Monitor	Pengukuran dengan alat.	0 = tidak sesuai standar ( $>55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 1 = Sesuai Standar ( $\leq 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (PP Republik Indonesia Nomor 22, 2021)	Nominal
3	Usia	Lama hidup responden sejak lahir sampai responden mengisi kuesioner (Ullhaque, 2025).	Kuisisioner	Pengisian langsung oleh responden.	0 = > 40 tahun 1 = $\leq 40$ tahun	Ordinal
4	Jenis Kelamin	Perbedaan biologis antara perempuan dan laki-laki (Ullhaque, 2025).	Kuisisioner	Pengisian langsung oleh responden.	0 = Perempuan 1 = Laki – Laki	Nominal
5	Masa kerja	Masa bekerjanya responden di PT Semen Baturaja Tbk dihitung sejak awal bekerja sampai responden mengisi kuesioner (Ullhaque, 2025).	Kuisisioner	Pengisian langsung oleh responden.	0 = > 3 tahun 1 = $\leq 3$ tahun	Ordinal

No	Variabel	Definisi	Alat ukur	Cara ukur	Hasil ukur	Skala
6	Frekuensi merokok	Jumlah rokok yang dihisap dalam satuan batang per hari (Ade Ismayanti <i>et al.</i> , 2024).	Kuisisioner indeks Brinkman	Pengisian langsung oleh responden.	0 = Merokok 1 = Tidak merokok	Nominal

Sumber : (Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2018; Wang *et al.*, 2022; Rahayu *et al.*, 2023; Orkomi, 2024; Subri *et al.*, 2024)

### **3.7 Instrumen, dan Bahan Penelitian**

#### **3.7.1 Instrumen Penelitian**

##### **A. Lembar Penjelasan Sebelum Persetujuan**

Lembar ini berisi pernyatan bahwa responden telah mendapatkan penjelasan dari peneliti sebelum berpartisipasi.

##### **B. Lembar *Informed Consent***

Lembar ini berisi pernyatan bahwa responden menyatakan telah memahami dan bersedia berpartisipasi dalam penelitian.

##### **C. Kuisisioner *Sick Building Syndrome***

Kuesisioner yang disebarluaskan untuk mengukur SBS dan faktor individu. Penelitian ini menggunakan kuesisioner baku yang berisi 20 pertanyaan tertutup sebagai instrumen pengumpulan data (Aditama, 2002), (alya, 2023). Kuesisioner ini berasal dari jurnal dan penelitian sebelumnya serta telah diuji validitas dan reliabilitasnya terkait dengan penelitian yang dilakukan. Skala ini direpresentasikan dengan skala nominal dikotomi, dengan pilihan jawaban “ya” dan “tidak” yang masing-masing diberi skor 1 dan 0. Skala ini digunakan untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya gejala pada responden sesuai kriteria penelitian. Dalam proses pelaksanaannya, peneliti dibantu oleh enumerator yang telah diberikan informasi dan pelatihan terkait pengisian kuesisioner, sehingga pengumpulan data dapat berjalan sesuai prosedur.

##### **D. Kuesisioner Indeks Brinkman**

Kuisisioner ini digunakan untuk mengetahui tingkat kebiasaan merokok responden, yang dihitung berdasarkan jumlah batang rokok yang dihisap per hari dikalikan dengan lama merokok dalam tahun.

E. Observasi dilakukan dengan pengukuran untuk mendapatkan data Partikulat (PM<sub>2,5</sub>). Pengukuran secara langsung yang dilakukan peneliti bersama dengan pekerja Balai Hiperkes Dan Keselamatan Kerja menggunakan alat Neplometer untuk mengukur partikulat PM<sub>2,5</sub>. Pengukuran dilakukan pada 65 titik pengukuran dengan metode *grab sampling* yaitu pengambilan sampel yang dilakukan sesaat, kemudian pengukuran dilakukan dimulai pada jam dengan durasi pengukuran Partikulat (PM<sub>2,5</sub>) selama 140 menit.

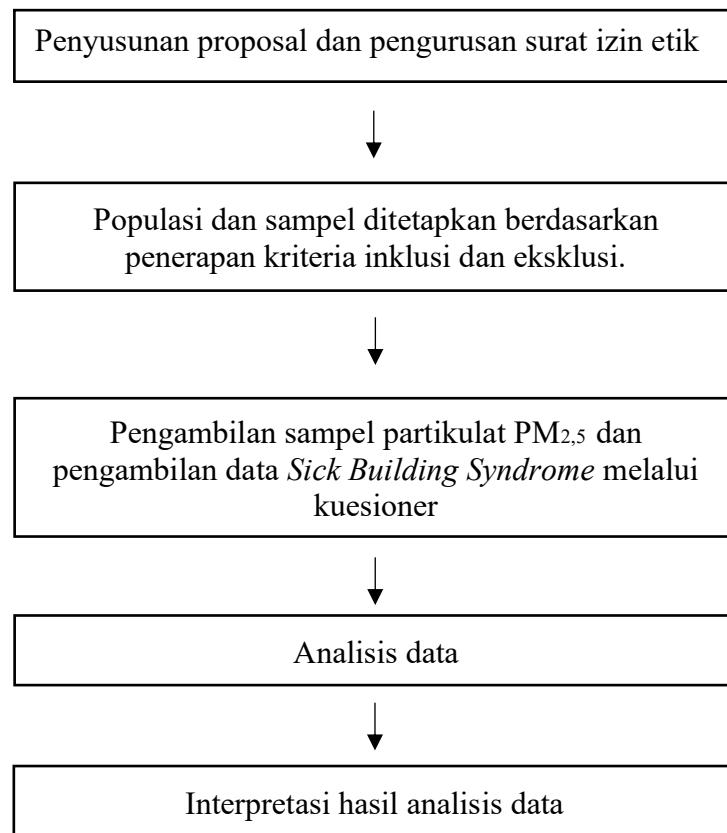
### **3.8 Prosedur dan Alur Penelitian**

#### **3.8.1 Prosedur Penelitian**

Di bawah ini merupakan Proses-proses yang diimplementasikan pada studi ini:

- a. Menyusun proposal dan melakukan seminar proposal
- b. Mengajukan Dokumen pengantar penelitian ke Fakultas Kedokteran Universitas Lampung setelah proposal mendapat persetujuan dari pembimbing.
- c. Mengajukan permohonan untuk kelayakan etik kepada Komisi Etik Penelitian Kesehatan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung guna memperoleh izin penelitian dan sertifikat kelayakan etik.
- d. Koordinasi dengan Pihak PT Semen Baturaja Tbk dan K3
- e. Persiapan Alat dan Protokol Pengukuran
- f. Pelaksanaan Pengukuran PM<sub>2,5</sub> bersama K3
- g. Penyebaran dan Pengumpulan Kuesioner SBS
- h. Pengolahan dan Analisis Data
- i. Menyajikan hasil penelitian melalui seminar untuk memaparkan temuan dari penelitian yang telah dilaksanakan.

### 3.8.2 Alur Penelitian



**Gambar 3.1.** Alur Penelitian

## 3.9 Sumber Data

### 3.9.1.1 Data Primer

Data dalam penelitian ini dikumpulkan secara langsung dengan menggunakan metode pengambilan data primer. Data tersebut didapat oleh peneliti berdasarkan dua cara: tanggapan karyawan terhadap kuesioner SBS dan pengukuran langsung Partikulat PM<sub>2,5</sub> melalui observasi yang dilakukan peneliti.

### **3.9.2 Analisis Data**

#### **3.9.2.1 Analisis Univariat**

Analisis data yang memfokuskan pada satu variabel secara terpisah dilaksanakan guna memperoleh gambaran karakteristik variabel, seperti Partikulat PM<sub>2,5</sub>. Hasil analisis ini akan menunjukkan distribusi dan persentase pekerja di PT Semen Baturaja Tbk. Selain itu, analisis univariat berfungsi untuk menggambarkan variabel independen dan variabel dependen berupa SBS.

#### **3.9.2.2 Analisis Bivariat**

Keterkaitan antara variabel X (bebas) partikel PM<sub>2,5</sub> dengan variabel terikat SBS di antara karyawan PT Semen Baturaja Tbk dapat dianalisis secara bivariat melalui penelitian ini. Untuk menguji hubungan antara kedua variabel yang bersifat kategoris tersebut, dapat digunakan *uji chi-square* (Wulandari, Joko and Suhartono, 2021). *Output* dari analisis *chi-square* dalam studi ini akan memperlihatkan bagaimana partikel PM<sub>2,5</sub> dan SBS di antara karyawan PT Semen Baturaja Tbk saling terkait.

Tingkat kepercayaan adalah 95% dengan asumsi bahwa data yang dianalisis adalah data kategorik dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Nilai signifikansi statistik sebesar  $p \leq 0,05$  mengindikasikan bahwa ada keterkaitan yang signifikan Berdasarkan analisis statistik antara variabel bebas dengan variabel terikat dalam model penelitian ini.
- 2) Nilai signifikansi statistik lebih dari  $p > 0,05$  Mengindikasikan bahwa tidak ditemukan dampak yang signifikan berdasarkan data statistik antara variabel bebas dengan variabel terikat dalam penelitian ini.

### **3.10 Etika Penelitian**

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik penelitian (*ethical clearence*) dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang tertuang dalam surat keputusan nomor 4704/UN26.18/PP.05.02.00/2025.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai hubungan kadar PM<sub>2,5</sub> dengan SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Sebagian besar pekerja mengalami SBS, yaitu sebanyak 50 orang (76,9%) dari total 65 responden. Sebagian besar area kerja memiliki kadar PM<sub>2,5</sub> yang masih sesuai dengan NAB berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021, yaitu 55 µg/m<sup>3</sup> untuk rata-rata paparan selama 24 jam.
- b. Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara kadar PM<sub>2,5</sub>, usia, jenis kelamin, dan masa kerja dengan kejadian SBS pada pekerja di PT Semen Baturaja Tbk ( $p > 0,05$ ).
- c. Terdapat hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dan kejadian SBS, di mana pekerja perokok memiliki risiko sekitar 5 kali lebih tinggi mengalami SBS dibandingkan pekerja yang tidak merokok ( $p = 0,031$ ; POR = 5,107).

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian ini maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah sebagai berikut:

### 5.2.1 Bagi Perusahaan

- a. Penambahan sistem ventilasi pada area yang sirkulasinya belum optimal khususnya pada area dengan kadar debu diatas NAB.
- b. Perusahaan disarankan melakukan monitoring kualitas udara dalam ruangan secara berkala untuk menjaga lingkungan kerja tetap sehat.
- c. Penggunaan APD yang telah diterapkan dengan baik dapat diperkuat melalui edukasi rutin dan pengawasan penggunaan yang konsisten.

### 5.2.2 Bagi Pekerja

- a. Disarankan untuk menggunakan APD seperti masker dengan konsisten saat bekerja, terutama di area berdebu.
- b. Mengurangi atau menghentikan kebiasaan merokok di area kerja untuk menjaga kualitas udara dan menurunkan risiko gangguan kesehatan.

### 5.2.3 Bagi Peneliti

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan faktor lingkungan lain seperti suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara, serta desain penelitian kohort agar dapat melihat hubungan sebab-akibat secara lebih akurat.
- b. Jumlah sampel dapat ditingkatkan dan waktu pengukuran diperpanjang untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif terhadap kondisi udara dan kesehatan pekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. *et al.* (2022) ‘Survey Design: Cross Sectional dalam Penelitian Kualitatif’, *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 5(1), pp. 31–38. Available at: <https://doi.org/10.22437/jiituj.v5i1.12886>. (Accessed: 24 May 2025)
- Ade Ismayanti, S. *et al.* (2024) ‘Perilaku dan Pengetahuan Remaja Indonesia tentang Merokok’, *Jurnal Farmasi Komunitas*, 11(1), pp. 79–85. Available at: <https://doi.org/10.20473/jfk.v11i1.42580>. (Accessed: 21 May 2025)
- Adiningsih, R. and Hairuddin, M.C. (2021) ‘The Incidence of Sick Building Syndrome and Its Causes on Employees at the Governor’s Office of West Sulawesi Province’, *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 10(2), pp. 153–160. Available at: <https://doi.org/10.20473/ijosh.v10i2.2021.153-160>. (Accessed: 20 May 2025)
- Alhadawiah, S. *et al.* (2025) ‘Pembuatan Profil Udara Hembusan Pernapasan Perokok dan Non Perokok Berbasis Sensor CCS-811 dan Volatile Organic Compound’, 6(1). Available at: <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i1.506>. (Accessed: 22 May 2025)
- Anisa Putri, C.P., Rahardjo, M. and Wahyuningsih, N.E. (2020) ‘Hubungan Kualitas Udara Dalam Ruang dengan Kejadian Sick Building Syndrome (SBS) pada Karyawan PT PLN (Persero) Unit Distribusi Jawa Tengah Dan DI Yogyakarta’, *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 19(3), pp. 219–225. Available at: <https://doi.org/10.14710/mkmi.19.3.219-225>. (Accessed: 24 May 2025)
- Aurora, W.I.D. (2021) ‘Efek Indoor Air Pollution Terhadap Kesehatan’, *Electronic Journal Scientific of Environmental Health And Disease*, 2(1), pp. 32–39. Available at: <https://doi.org/10.22437/esehad.v2i1.13750>. (Accessed: 2 May 2025)
- Australian Building Codes Board (2021) *Handbook of Indoor Air Quality*.
- Boity, A.K., Kaur, J. and Varshney, C. (2022) ‘Sick Building Syndrome (SBS) in Ill-Lit and Ill-Ventilated Buildings’, *ECS Transactions*, 107(1), p. 9275. Available at: <https://doi.org/10.1149/10701.9275ecst>. (Accessed: 2 May 2025)
- Damayanti, S.S.S., Fadly, K. and Fitria, tuharea (2023) ‘Kualitas Fisik Dan Bakteriologi Udara Dalam Ruang Terhadap Gangguan Kesehatan Di Dinas Perpustakaan Dan Kearsipan Provinsi Maluku’, *The Journal General Health and Pharmaceutical Sciences Research*, 1(4), pp. 84–94. Available at: <https://doi.org/10.57213/tjghpsr.v1i4.146>. (Accessed: 24 June 2025)
- Dany, W.C. sin and Andini, J.F. (2024) ‘Analisa Analisa Pencahayaan dan Penghawaan

- Alami Pada Tourist Information Center (TIC) dan Market Ekonomi Kreatif”, *Jurnal Lingkungan Karya Arsitektur*, 3(1), pp. 41–52. Available at: <https://doi.org/10.37477/lkr.v3i1.547>. (Accessed: 4 May 2025)
- Dekanawati, V. et al. (2023) ‘Analisis Pengaruh Kualitas Pelayanan Diklat Kepabeanan Terhadap Kepuasan Peserta Pelatihan’, *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, 23(2), p. 159. Available at: <https://doi.org/10.33556/jstm.v23i2.344>. (Accessed: 24 May 2025)
- Dewi, W.C., Raharjo, M. and Wahyuningsih, N.E. (2021) ‘Literatur Review : Hubungan Antara Kualitas Udara Ruang Dengan Gangguan Kesehatan Pada Pekerja’, *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(1), p. 88. Available at: <https://doi.org/10.31602/ann.v8i1.4815>. (Accessed: 2 May 2025)
- EPA (2023) *The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality*. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/inside-story-guide-indoor-air-quality> (Accessed: 17 March 2025). (Accessed: 4 May 2025)
- Fadillah, F.R. et al. (2024) ‘Literature review : faktor yang mempengaruhi kejadian sick building syndrome terhadap para pekerja di ruang kantor’, 3(2), pp. 76–88.
- Findhiawati, M.F., Yuniaستuti, T. and Joegijantoro, R. (2022) ‘Hubungan Kualitas Fisik Udara Dan Bangunan Dengan Gejala Sick Building Syndrom (Sbs)’, *Media Husada Journal of Environmental Health*, 2(2), pp. 189–200. Available at: <https://mhjeh.widyagamahusada.ac.id/index.php/mhjeh/article/download/34/27>. (Accessed: 14 May 2025)
- Gamatara, M.P.J. and Kusumawardani, D. (2024) ‘Pengaruh Deforestasi Terhadap Emisi Co<sub>2</sub> Pada Negara Beriklim Tropis Di Benua Asia’, *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 8(2), pp. 1239–1256. Available at: <https://doi.org/10.31955/mea.v8i2.4129>. (Accessed: 24 May 2025)
- Hanani, A.D. (2023) ‘Manajemen Risiko Penyakit Akibat Kerja di Industri Roti’, *Preventif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 14(2), pp. 195–208. Available at: <https://doi.org/10.22487/preventif.v14i2.727>. (Accessed: 24 May 2025)
- Hartina, Y., Solikah, M.P. and Putri, N.E. (2024) ‘Identifikasi Keberadaan Jamur Udara dan Karakteristik Suhu , Kelembaban , dan Pencahayaan Ruangan di Puskesmas Panjatan II’, 5(12), pp. 5297–5313.
- Hefnita, H., Budiyono, B. and Suhartono, S. (2023) ‘Hubungan Antara Kualitas Udara Dengan Gejala Sick Building Syndrome, Bagaimana Penanggulangannya? : Literature Review’, *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 15(2), pp. 528–540. Available at: <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i2.2395>. (Accessed: 7 May 2025)

ILO (2015) *World of Work Report 2015: From one crisis to the next?, World of Work Report*. Available at: <https://doi.org/10.1002-wow3.19>. (Accessed: 10 July 2025)

ILO (2023) ‘Occupational Health Risks in Manufacturing Industries: Global Assessment Report’.

Iqbal, M. *et al.* (2019) ‘Sistem Pendekripsi Polusi Udara di Kota Bandar Lampung Menggunakan Teknologi Internet of Things (IoT)’, *Jurnal Komputasi*, 7(2). Available at: <https://doi.org/10.23960/komputasi.v7i2.2370>. (Accessed: 10 July 2025)

Iskandar, R. (2019) ‘Kajian Sick Building Syndrome’, *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), pp. 158–173. Available at: <https://doi.org/10.28932/jts.v3i2.1286>. (Accessed: 10 July 2025)

Jannah Zahrotul, F. *et al.* (2021) ‘Optimasi Kadar Ozon Dalam Proses Disinfeksi Bakteri Coliform Pada Pengolahan Air Minum Optimization of Ozone Levels in the Process of Disinfection Coliform Bacteria in Drinking Water Treatment’, *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), pp. 59–65.

Jusuf, H., Nurfadillah, A.R. and Debu, K. (2025) ‘Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Sick Building Syndrome pada Pegawai Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Kabupaten Gorontalo Factors Related to Sick Building Syndrome Complaints in Employees of the Library and Archives Service of Gorontalo Regen’, 8(2), pp. 1112–1120. Available at: <https://doi.org/10.56338/jks.v8i2.6847>. (Accessed: 10 July 2025)

Karlina, P.M., Maharani, R. and Utari, D. (2021) ‘Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Gejala Sick Building Syndrome (SBS)’, *JURNAL ILMIAH KESEHATAN MASYARAKAT : Media Komunikasi Komunitas Kesehatan Masyarakat*, 13(1), pp. 46–55. Available at: <https://doi.org/10.52022/jikm.v13i1.126>. (Accessed: 20 July 2025)

Kemenkes RI (2016) ‘Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 56 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Pelayanan Penyakit Akibat Kerja’, *Menteri Kesehatan*, pp. 1–35.

Kementerian Kesehatan Republik (2022) *Laporan Kinerja 2022 Kementerian Kesehatan, Laporan Kinerja P2PM*.

Kementerian Ketenagakerjaan (2022) ‘Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 11 Tahun 2022 tentang Pelayanan Kesehatan Penyakit Akibat Kerja’, *Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, 69(555), pp. 1–53.

Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (2018) *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Nilai Ambang*

*Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja.*

- Kim, J. *et al.* (2019) ‘Perception of indoor air quality (IAQ) by workers in underground shopping centers in relation to sick-building syndrome (SBS) and store type: A cross-sectional study in Korea’, *BMC Public Health*, 19(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6988-6>. (Accessed: 10 July 2025)
- Kumar, P. *et al.* (2023) ‘Critical review on emerging health effects associated with the indoor air quality and its sustainable management’, *Science of The Total Environment*, 872, p. 162163. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162163>. (Accessed: 10 July 2025)
- Laila, N.N. (2023) ‘Kualitas Udara Dalam Ruang Berdasarkan Faktor Fisik Dan Kimia Di Perpustakaan Universitas Indonesia Maju’, *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 7(2), pp. 185–197. Available at: <https://doi.org/10.21111/jihoh.v7i2.8994>. (Accessed: 10 July 2025)
- Larasati, D.N. and Wahyuningsih, A.S. (2023) ‘Faktor yang Berhubungan dengan Gejala Sick Building Syndrome’, *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 3(2), pp. 159–168. Available at: <https://doi.org/10.15294/ijphn.v3i2.61570>. (Accessed: 10 July 2025)
- Lestari, D.W., Fitri, A.D. and Novita, E. (2024) ‘Survey of the Relationship between Indoor Physical Air Quality (PM1, PM2.5, PM10) and Symptoms of Sick Building Syndrome in Employees at the Plaju Primary Health Care and Alang-Alang Lebar Primary Health Care Palembang 2024’, *Sriwijaya Journal of Medicine*, 7(3), pp. 177–186. Available at: <https://doi.org/10.32539/sjm.v7i3.253>. (Accessed: 10 July 2025)
- Machali, I. (2021) *Metode Penelitian Kuantitatif Panduan Praktis Merencanakan melaksanakan dan Analisis dalam Penelitian Kuantitatif*.
- Mansor, A.A. *et al.* (2024) ‘Indoor air quality and sick building syndrome symptoms in administrative office at public university’, *Dialogues in Health*, 4, p. 100178. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dialog.2024.100178>. (Accessed: 10 July 2025)
- Masri, D., Umar Abidin, A. and Brontowiyono, W. (2022) ‘Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control Occupational Health and Safety (OHS) In Foundry Industry, Yogyakarta’, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 28(2), pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.5614/j.tl.2022.28.2.1>. (Accessed: 10 July 2025)
- Mawarni, F.M. *et al.* (2021) ‘Keluhan Sick Building Syndrome di Gedung PT. X’, *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(1), pp. 39–46. Available at: <https://doi.org/10.14710/jkli.20.1.39-46>. (Accessed: 1 July 2025)

- Mutmainnah, N., Larosa, E. and H, S.Z. (2023) ‘Evaluasi Kualitas Udara Pada Ruang Kelas di Sekolah Sekitar Kawasan Pabrik Semen Tonasa’, *Jurnal Linears*, 6(1), pp. 48–55. Available at: <https://doi.org/10.26618/j-linears.v6i1.10476>. (Accessed: 10 July 2025)
- National Academies of Sciences Engineering and Medicine (2024) *Health Risks of Indoor Exposure to Fine Particulate Matter and Practical Mitigation Solutions*. The National Academies Press, Washington DC.
- Nurhidayat, S.A. (2020) ‘Analisis Dampak Paparan Particulate Matter(Pm10) Dikota Yogyakarta’, pp. 1–85.
- De Oliveira, E.M.G. and Khatimi, H. (2022) ‘Analisis Dampak Kualitas Udara dan Debu (PM10, PM2.5) terhadap Pengeboran Minyak di Blok A, Suai, Covalima, Timor Leste’, *Buletin Profesi Insinyur*, 5(1), pp. 22–26. Available at: <https://doi.org/10.20527/bpi.v5i1.121>. (Accessed: 17 June 2025)
- Orkomi, A.A. (2024) ‘Impacts of environmental parameters on sick building syndrome prevalence among residents: a walk-through survey in Rasht, Iran’, *Archives of Public Health*, 82(1). Available at: <https://doi.org/10.1186/s13690-024-01486-z>. (Accessed: 17 June 2025)
- Pant, A.B. (ed.) (2024) ‘Sick Building Syndrome BT - Dictionary of Toxicology’, in. Singapore: Springer Nature Singapore, p. 924. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-981-99-9283-6\\_2519](https://doi.org/10.1007/978-981-99-9283-6_2519). (Accessed: 1 June 2025)
- PP Republik Indonesia Nomor 22 (2021) ‘Lampiran VII PP RI Nomor 22 Tahun 2021’, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup*, (1), pp. 1–5.
- PT Semen Baturaja Tbk (2025) *Profil Perusahaan*. Available at: <https://semenbaturaja.co.id/profil-perusahaan/>. (Accessed: 17 June 2025)
- Purnowo, D., Setiawan, A. and Yusmaniar, Y. (2024) ‘Pengaruh Faktor Suhu dan Kelembaban pada Lingkungan Kerja terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Mikroba’, *JRSKT - Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 9(2), pp. 45–54. Available at: <https://doi.org/10.21009/jrskt.092.01>. (Accessed: 17 June 2025)
- Rahayu, E.P. et al. (2023) ‘Analysis of Symptoms of Sick Building Syndrome for Nurses in Hospital Inpatient Rooms’, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(2), pp. 770–774. Available at: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.3028>. (Accessed: 17 June 2025)
- Rahmadhani, D. and Nugroho, S. (2023) ‘Hubungan Antara Intensitas Kebisingan Lingkungan Kerja dengan Gangguan Suara Karyawan Perseroan Terbatas Kusumahadi Santosa Di Jaten Karanganyar’, *Jurnal Terapi Wicara dan Bahasa*, 1(2), pp. 278–288. Available at: <https://doi.org/10.59686/jtwb.v1i2.51>. (Accessed: 17 June 2025)

- Rahmandani, F.R. and Azizah, R. (2023) ‘Pengaruh Kualitas Udara Dalam Ruangan Dan Perilaku Pekerja Dengan Gejala Sick Building Syndrome (Sbs) Pada Pekerja Gedung Head Office Pt United Tractors Tbk’, *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(3), pp. 3838–3848.
- Rahmawaty *et al.* (2022) ‘Pengaruh Sifat Ozonizer Pada Pengolahan Minuman Kemasan Menggunakan Water Treatment Di Pt Tirta Sukses Perkasa’, *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), pp. 15–23. Available at: <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v3i2.739>. (Accessed: 7 June 2025)
- Rambing, V. V *et al.* (2022) ‘Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO)’, *Kesmas*, 11(4), pp. 95–101.
- Rasyid, R. (2023) ‘Faktor yang mempengaruhi sick building syndrome (SBS) pada pekerja kantoran era new normal’.
- Ridayanti, D.D.P. (2022) ‘Risiko Paparan Debu/Particulate Matter (PM2,5) Terhadap Kesehatan Masyarakat (Studi Kasus: Tempat Pembuatan Batu Bata di Desa Kaloran, Kecamatan Ngronggok, Nganjuk)’, *Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 13(April), pp. 1–7.
- Ridwan, A.M., Nopiyanti, E. and Susanto, A.J. (2018) ‘Analisis Gejala Sick Building Syndrome Pada Pegawai Di Unit OK Rumah Sakit Marinir Cilandak Jakarta Selatan’, *Jurnal Untuk Masyarakat Sehat (JUKMAS)*, 2(1), pp. 116–133. Available at: <https://ejournal.urindo.ac.id/index.php/jukmas/article/view/569>. (Accessed: 17 June 2025)
- Rifai, M.F. *et al.* (2022) ‘Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan: Measuring Device For Indoor Air Quality (Media-Q)’, *Petir*, 15(2), pp. 295–303. Available at: <https://doi.org/10.33322/petir.v15i2.1472>. (Accessed: 17 June 2025)
- Rosyida, S.H. and Priantilianingtiasari, R. (2023) ‘Pengaruh Kualitas Layanan, Nilai Pelanggan Dan Letak Geografis Terhadap Loyalitas Pelanggan Pada Via Salon Trenggalek’, *Jurnal Maneksi*, 12(3), pp. 656–665. Available at: <https://doi.org/10.31959/jm.v12i3.1613>. (Accessed: 17 June 2025)
- Saffanah, S. and Rafiah, M.P. (2019) ‘Faktor Risiko Gejala Sick Building Syndrome Pada Pegawai Bppsdm Kesehatan Ri’, *Jik: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 3(1), pp. 8–15. Available at: <https://doi.org/10.33757/jik.v3i1.161>. (Accessed: 17 June 2025)
- Safira, M.C., Fauzan, A. and Adhiwibawa, M.A.S. (2021) ‘Interpolasi Polutan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Yogyakarta Dengan Pendekatan Ordinary Kriging Dan’, *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 14(2), pp. 55–66.
- Saliba, najat aoan (2022) ‘Air Quality Monitoring and Data Management Guidebook for

- the States of the Gulf Cooperation Council'. Available at: [www.gcc-sg.org](http://www.gcc-sg.org). (Accessed: 17 June 2025)
- Salvaraji, L. et al. (2022) 'Ecological Study of Sick Building Syndrome among Healthcare Workers at Johor Primary Care Facilities', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph192417099>. (Accessed: 25 June 2025)
- Saputra, A.I. and Diza, M. (2020) 'Hubungan Intensitas Kebisingan Dengan Tingkat Stres Kerja Pada Pekerja Area Workshop Pt. Bintang Intipersada Hipyard Batam', *Zona Kedokteran: Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Batam*, 9(3), pp. 65–74. Available at: <https://doi.org/10.37776/zked.v9i3.303>. (Accessed: 25 June 2025)
- Sayan, H.E. and Dülger, S. (2021) 'Evaluation of the relationship between sick building syndrome complaints among hospital employees and indoor environmental quality', *Medicina del Lavoro*, 112(2), pp. 153–161. Available at: <https://doi.org/10.23749/mdl.v112i2.11012>. (Accessed: 25 June 2025)
- Subri, M.S.M. et al. (2024) 'The parameter of the Sick Building Syndrome: A systematic literature review', *Helijon*, 10(12), p. e32431. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32431>. (Accessed: 25 June 2025)
- Sugiyono (2017) *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: alfabeta.
- Suryadi, I., Hidayat, H. and Wulandari, F.B. (2024) 'Faktor Risiko Keluhan Sick Building Syndrome (SBS) di Pekerja Perkantoran', *Journal of Noncommunicable Diseases*, 4(1), p. 55. Available at: <https://doi.org/10.52365/jond.v4i1.982>. (Accessed: 25 June 2025)
- Suryoadji, K.A. et al. (2024) 'Dampak Merokok terhadap Kesehatan Lingkungan: Sebuah Tinjauan Naratif', *Cermin Dunia Kedokteran*, 51(3), pp. 157–162. Available at: <https://doi.org/10.55175/cdk.v51i3.1064>. (Accessed: 4 August 2025)
- Suwanto, Y.E.P. and Kusuma, M.N. (2023) 'Analisa Partikulat Debu, SO Dan NO2 Pada Industri Manufaktur Di Surabaya', *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), p. 674. Available at: <https://doi.org/10.26418/jtllb.v11i3.68558>. (Accessed: 4 August 2025)
- Syafei, A.D., Budiyanto, A.S. and Mohamed, F.B. (2024) 'The Relationship between Indoor Air Quality (Iaq) and Sick Building Syndrome (Sbs) in an Office'.
- Tampa, G.M., Maddusa, S.S. and Pinontoan, O.R. (2020) 'Analisis Kadar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Udara di Terminal Malalayang Kota Manado Tahun 2019', *Journal of Public Health and Community Medicine*, 1(3), pp. 87–92.
- Temtop (2021) 'Temtop M2000 2nd generation air quality monitor user manual', in.

- Tenggara, W.N. *et al.* (2024) ‘Jurnal Biologi Tropis Analysis of the Effect of Climate Change on Biodiversity Conditions in’, 24, pp. 697–711.
- Tri, I. *et al.* (2025) ‘Hubungan Faktor-Faktor Individu Dengan Kejadian Sick Building Syndrome (Sbs) (Studi Kasus: Pt. Petrokopindo Cipta Selaras Gresik) Relationship of Individual Factors With Incident Sick Building Syndrome (Sbs) (Case Study: Pt. Petrokopindo Cipta Selaras Gre’, *Journal Health & Science : Gorontalo Journal Health and Science Community* [Preprint]. Available at: <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/gojhes/index>. (Accessed: 4 August 2025)
- Ullhaque, A.D. (2025) ‘Health risk assessment of indoor air quality and its association with sick building syndrome symptoms among workers’, *Public Health Risk Assessment Journal*, 2(2), pp. 71–85. Available at: <https://doi.org/10.61511/phraj.v2i2.2025.1446>. (Accessed: 4 August 2025)
- UNDR (2020) ‘Hazard definition & classification review: Technical Report’, *Hazard Definition & Classification Review hazard Definition & Classification Review*, p. 88. Available at: <https://www.undrr.org/publication/hazard-definition-and-classification-review>. (Accessed: 4 August 2025)
- Usman, S.A.N., Halil, F. and Masrika, N.U.E. (2024) ‘Gambaran Faktor Risiko Komorbid Terhadap Kejadian Gagal Ginjal Kronik di RSUD Dr. H. Chasan Boesoirie Ternate Tahun 2018-2020’, *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(6), pp. 225–235.
- Vardoulakis, S. *et al.* (2020) ‘Indoor exposure to selected air pollutants in the home environment: A systematic review’, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), pp. 1–24. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph17238972>. (Accessed: 4 August 2025)
- Wahyudi, A.A., Priyana, E.D. and Jufriyanto, M. (2022) ‘Identifikasi Bahaya Kerja Dengan Metode Hazard Identification , Risk Assesment and Risk Control ( Hirarc ) Pada Bagian Produksi Pt Xyz’, *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 20(1), pp. 413–420.
- Wang, M. *et al.* (2022) ‘Building and Health: Mapping the Knowledge Development of Sick Building Syndrome’, *Buildings*, 12(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings12030287>. (Accessed: 4 August 2025)
- WHO (2018) ‘WHO guidelines for air quality’, *Indian pediatrics*, 35(8), pp. 812–815.
- WHO (2022) ‘WHO global air quality guidelines’, *Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*, pp. 1–360.
- Wibisono, A.R. *et al.* (2022) ‘Faktor Risiko Kejadian Sick Building Syndrome Pada Pegawai Dinas Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Provinsi Jawa Tengah’, *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan*

*Lingkungan*, 19(2), pp. 275–282. Available at: <https://doi.org/10.31964/jkl.v19i2.493>. (Accessed: 4 August 2025)

Widyawati, E. (2020) ‘Penerapan Keselamatan Kerja Dan Pencegahan Penyakit Akibat Kerja Pada Perawat Di Rumah Sakit’, *Ejurnal Manado*, pp. 1–9.

Wimpy, W. et al. (2024) *Kesehatan Kerja dan Penyakit Akibat Kerja, Eureka Media Aksara*. Edited by S.K. Saptaputra and L. Rangki. Eureka Media Aksara.

Wulandari, E.S., Joko, T. and Suhartono (2021) ‘Hubungan Praktik Kebersihan Perorangan Karyawan Dan Kondisi Lingkungan Kerja’, *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 9(September), pp. 595–600. Available at: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/30873>. (Accessed: 14 August 2025)