

**ANALISIS PAPARAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR  
DAN ASAP ROKOK TERHADAP PEMBENTUKAN MIKRONUKLEUS  
DI MUKOSA RONGGA MULUT SATUAN PENGAMANAN  
(SATPAM) UIN RADEN INTAN LAMPUNG**

**Skripsi**

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi  
Syarat-syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1  
dalam Ilmu Biologi

**Oleh:**

**Suci Ristawati  
NPM. 1511060350**

**Jurusan Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
RADEN INTAN LAMPUNG  
1441 H / 2019 M**

**ANALISIS PAPARAN EMISI GAS BUANG DAN ASAP ROKOK  
TERHADAP PEMBENTUKAN MIKRONUKLEUS DI MUKOSA  
RONGGA MULUT SATUAN PENGAMANAN (SATPAM)  
UIN RADEN INTAN LAMPUNG**

**Skripsi**

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi  
Syarat-syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1  
Dalam Ilmu Biologi

**Oleh:**

**Suci Ristawati  
NPM. 1511060350**

**Jurusan Pendidikan Biologi**

**Pembimbing I : Nurhaida Widiani, M. Biotech**

**Pembimbing II : Marlina Kamelia, M. Sc**

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
RADEN INTAN LAMPUNG  
1441 H / 2019 M**

## ABSTRAK

Emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok merupakan penyokong pencemaran udara. Keduanya mengandung senyawa, seperti CO, HC, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PAH, Pb, dan nikotin. Senyawa tersebut bersifat genotoksik yang dapat merusak DNA dan dapat bermanifestasi menjadi mikronukleus. Mikronukleus merupakan suatu massa dengan struktur seperti nukleus namun berukuran lebih kecil yang berada di dalam sitoplasma. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui paparan emisi gas buang kendaraan bermotor terhadap pembentukan mikronukleus pada satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung. Penelitian ini menggunakan metode survei analitik dengan pendekatan *cross sectional*, dengan teknik pengambilan sampel *purposive sampling* dan didapatkan responden yang terdiri atas 14 orang yang perokok aktif dan 9 orang perokok pasif. Hasil penelitian menunjukkan beban emisi CO sebesar 1,07; HC sebesar 3,75; SO<sub>2</sub> sebesar 2,91; dan NO<sub>x</sub> sebesar 6,3. Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) kadar emisi yang ada di lingkungan UIN Raden Intan Lampung tergolong “baik” (1-50), Sedangkan, kadar benzena di lingkungan kampus sebesar 25 ppm jauh diatas ambang batas menurut Standar Nasional Indonesia, yaitu sebesar 10 ppm. Hal ini juga didukung oleh fakta bahwa responden terpapar setiap hari dalam jangka waktu yang lama maka terbentuklah mikronukleus. Terdapat perbedaan jumlah rata-rata mikronukleus antara responden yang merokok yaitu sebesar 12,47. Intensitas responden yang merokok lebih dari lima batang perhari (>5) didapatkan rerata 23,57 mikronukleus yang berbeda nyata dengan responden yang merokok kurang dari lima batang (<5) perhari yaitu 15,14 mikronukleus. Lama masa kerja sampel 7 tahun didapatkan rerata 22,88 mikronukleus, lebih tinggi dibandingkan dengan 3 tahun yaitu sebesar 14,67 mikronukleus. Lama kerja kelompok kontrol selama 7 tahun dengan rerata 8,00 lebih besar dibandingkan dengan 3 tahun yaitu 5,50. Semakin lama terpapar emisi gas buang kendaraan bermotor dan semakin banyak jumlah rokok yang dikonsumsi, maka akan semakin tinggi pula frekuensi pembentukan mikronukleus pada tubuh satpam.

**Kata Kunci:** Emisi gas buang, asap rokok, mikronukleus, satuan pengamanan (satpam).



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**  
**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

**Alamat: Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. (0721) 703260**

**PERSETUJUAN**

**Judul Skripsi : ANALISIS PAPARAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DAN ASAP ROKOK TERHADAP PEMBENTUKAN MIKRONUKLEUS DI MUKOSA RONGGA MULUT SATUAN PENGAMANAN (SATPAM) UIN RADEN INTAN LAMPUNG**

**Nama : Suci Ristawati**

**NPM : 1511060350**

**Jurusan : Pendidikan Biologi**

**Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan**

**MENYETUJUI**

Untuk dimunaqosahkan dan dipertahankan dalam sidang munaqosah

Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung

**Pembimbing I**

**Nurhaida Widiani, M. Biotech**

**NIP. 19805192 2011 01 2 007**

**Pembimbing II**

**Marlina Kamelia, M. Sc**

**NIP. 19810314 2015 03 2 001**

**Ketua Jurusan**  
**Pendidikan Biologi**

**Dr. Eko Kuswanto, M.Si**

**NIP. 19750514 2008 01 1 009**



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**  
**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat: Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. (0721) 703260

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul: **ANALISIS PAPARAN EMISI GAS BUANG DAN  
ASAP ROKOK TERHADAP PEMBENTUKAN MIKRONUKLEUS DI  
MUKOSA RONGGA MULUT SATUAN PENGAMANAN (SATPAM) UIN  
RADEN INTAN LAMPUNG.** Disusun oleh : **Suci Ristawati, NPM:  
1511060350, Jurusan : Pendidikan Biologi,** telah diujikan dalam sidang  
Munaqasyah pada hari/ tanggal : **Jumat/ 18 Oktober 2019.**

**TIM DEWAN PENGUJI**

**Ketua** : **Prof. Dr. Chairul Anwar, M. Pd** (.....)  
**Sekretaris** : **Ovi Prasetya Winandari, M. Si** (.....)  
**Penguji Utama** : **Dr. Eko Kuswanto, M. Si** (.....)  
**Penguji Pendamping I** : **Nurhaida Widiani, M. Biotech** (.....)  
**Penguji Pendamping II** : **Marlina Kamelia, M. Sc** (.....)

**Mengetahui,**  
**Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan**

**Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M. Pd**  
**NIP. 19640828 1988 03 2 002**

## MOTTO

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا  
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ٤١

*Artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)." (QS. Ar-Rum: 41-42)<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> CV Penerbit Diponegoro, *Al-Qur'an Tajwid Dan Terjemahan* (Jawa Barat: Departemen Agama RI, 2010).

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah*, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikanku kekuatan, kesabaran, dan kemudahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semua bentuk perjuangan dan karya sederhana ini penulis persembahkan kepada:

1. Orang tuaku tercinta Bak Harisul dan Umak Juwita. Terimakasih telah membesarkan dan mendidikku dengan penuh kasih sayang, yang tiada henti-hentinya selalu memberikan dukungan, bimbingan, dan mendo'akan untuk keberhasilanku. Semoga Allah senantiasa memberikan Rahmat-Nya, kesehatan, keselamatan, perlindungan, kemurahan rezeki, dan keberkahan umur kepada beliau. *Aamiin ya Rabbal 'alamin*.
2. Ayukku Evi Eliza, S. Pd., Serla Suryani, S.Pd., dan adik bungsuku Taufik Hairo, serta Andungku. Terimakasih karena selalu menyanyangi, mendo'akan, memberi motivasi, berbagi tawa saat penat singgah, dan mengingatkanku untuk pantang menyerah.
3. Almamater tercinta Universitas Negeri Raden Intan Lampung.

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama Suci Ristawati, dilahirkan pada tanggal 22 Januari 1998 di Talang Bandung, Kecamatan Muaradua, Kabupaten OKU Selatan, Sumatera Selatan. Putri ketiga dari empat bersaudara, lahir dari pasangan Bak Harisul dan Umak Juwita.

Penulis memulai pendidikan di SD Negeri 7 Muaradua dari tahun 2003 hingga 2009. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Muaradua pada tahun 2009 hingga 2012. Selama menempuh pendidikan di sekolah menengah pertama penulis aktif dalam kegiatan ekstrakurikuler volly dan basket. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan di SMA Negeri 1 Muaradua. Selama menempuh pendidikan di sekolah menengah atas penulis aktif dalam kegiatan organisasi Pramuka.

Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Jurusan Pendidikan Biologi pada tahun 2015 hingga sekarang. Selama menjadi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi penulis pernah menjadi Asisten Praktikum selama 9 kali pada mata kuliah wajib kebiologian diantaranya praktikum biologi umum, taksonomi invertebrata, struktur hewan, taksonomi tumbuhan rendah, struktur tumbuhan, fisiologi tumbuhan, fisiologi hewan, bioteknologi, dan mikrobiologi.

Tahun 2018 Penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukamulya Kecamatan Palas, Lampung selatan dan Praktek Pengalaman Lapangan (PPL) di SMA Negeri 9 Bandar Lampung.

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil 'alamin.* Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Analisis Paparan Emisi Gas Buang Kendaraan Terhadap pembentukan Mikronukleus Pada Mukosa Rongga Mulut Satuan Pengamanan (Satpam) UIN Raden Intan Lampung.” Sholawat serta selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW dan keluarga serta sahabatnya, yang senantiasa menjadi panutan.

Penulis menyadari banyak kesalahan dan keterbatasan dalam menulis skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak agar menjadi pembelajaran untuk penulis maupun pembaca. Penulis menyelesaikan skripsi tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Moh. Mukri, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung;
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung beserta stafnya yang telah memberikan kemudahan kepada penulis sehingga skripsi dapat terselesaikan;
3. Bapak Dr. Eko Kuswanto, M.Si., selaku ketua Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan;
4. Bapak Fredi Ganda Putra, M.Pd., selaku sekretaris Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan;

5. Ibu Nurhaida Widiani, M.Biotech., selaku dosen pembimbing I yang telah merelakan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis selama penyelesaian skripsi ini;
6. Ibu Marlina Kamelia, M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu dan kesabaran untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis selama penyelesaian skripsi ini;
7. Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si., dan Ibu Ike Selviani, M.Pd., yang telah banyak memberi arahan dan motivasi selama penyelesaian skripsi ini;
8. Bapak dan Ibu Dosen Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di kampus hijau ini;
9. Kakak Oktafiana, S.Pd., selaku laboran Laboratorium Pendidikan Biologi yang telah meluangkan waktunya selama penulis melakukan penelitian di laboratorium;
10. Segenap Satuan Pengaman (Satpam) UIN Raden Intan Lampung yang telah rela dan meluangkan waktunya untuk menjadi responden/ subjek dalam penelitian ini.
11. Sahabat segala situasiku, Selly Anggraini, Reren Selawati, S. Pd, Rita Sahara, Tina Wulandari, Ria Tara dan Anggota kelas F Pendidikan Biologi 2015 yang selalu memberikan bantuan, semangat, motivasi berkat kalian hari-hariku berwarna. Semoga ukhuwah persaudaraan yang kita bangun selama ini tidak pernah putus.

12. Kakakku tersayang, Mba Laras, Mba titin, Mba Novitasari, dan Mba Meri yang selalu memberikan masukan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
13. Adik-adikku tersayang, Safitri, Wanda, Deis, Dewi yang selalu memberi bantuan dan keceriaan saat kejenuhan menghampiri;
14. Teman-teman PPL 9 dan KKN terindu (Mayosi, Cindi, Dwi, dan Linda) yang selalu memberi dukungan dan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini;
15. Teman-teman mahasiswa Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah yang telah ikhlas saling membantu untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang strata 1 ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung,      Oktober 2019  
Penulis

**Suci Ristawati**  
**NPM. 1511060350**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>xvi</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	8
C. Batasan Masalah.....	9
D. Rumusan Masalah .....	9
E. Tujuan Penelitian .....	9
F. Kegunaan Penelitian.....	10

### **BAB II LANDASAN TEORI**

A. Pencemaran Udara.....	11
B. Bahan Pencemar Udara .....	12
C. Dampak Pencemar Udara.....	14
D. Rokok .....	14
E. Dampak Rokok.....	17
F. Mukosa Rongga Mulut.....	19
G. Pengertian Mikronukleus .....	21
H. Pembentukan Mikronukleus.....	25
I. Penelitian Relevan.....	28
J. Kerangka Berpikir .....	29
K. Hipotesis Penelitian.....	31

L. Hipotesis Statistik.....	31
-----------------------------	----

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
B. Jenis Penelitian.....	32
C. Variabel Penelitian .....	32
D. Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel .....	33
E. Alat dan Bahan.....	35
F. Prosedur Penelitian.....	35
1. Pembuatan <i>Etical Clearens</i> .....	35
2. Pengisian <i>Informed Consent</i> .....	35
3. Cara Kerja .....	35
G. Analisis Data.....	37
H. Alur Kerja Penelitian.....	38

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Gambaran Tempat Penelitian .....	39
B. Karakteristik dan Distribusi Responden Frekuensi Mikronukleus .....	39
C. Frekuensi Mikronukleus .....	40
D. Pembahasan .....	41
E. Hubungan Bahan Genotoksik dan Mikronukleus .....	51
F. Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar .....	58

### **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	61
B. Saran .....	61

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Bahan-Bahan yang Terkandung Dalam Rokok .....	16
Gambar 2.2 Kelainan Inti Sel.....	23
Gambar 2.2 Migrasi mikronukleus ke Superfisial .....	25
Gambar 3.1 Alur Kerja Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Sel yang Terdapat Mikronukleus .....	53

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1.1 Rata-rata Beban Emisi di UIN Raden Intan Lampung .....	2
Tabel 4.1 Jumlah Mikronukleus.....	40

## DAFTAR GRAFIK

	<b>Halaman</b>
Grafik 4.1 Jumlah Mikronukleus Terhadap Lama Masa Kerja.....	47
Grafik 4.2 Jumlah Mikronukleus Terhadap Responden Merokok Dan Tidak Merokok .....	49
Grafik 4.3 Jumlah Mikronukleus Berdasarkan Intensitas Merokok .....	51

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

UIN Raden Intan Lampung secara fisik wajah lingkungannya sudah sangat ekologis. Komitmen dan tindakan penghijauan berwawasan lingkungan telah diwujudkan dalam bentuk pemanfaatan energi surya di sebagian perkantoran, biopori di hampir setiap halaman, taman yang asri, gemericik air, pengelolaan sampah yang konsisten, serta pohon-pohon yang rindang. Dengan kriteria-kriteria lingkungan seperti ini, *UI Green Metric* memberi pengakuan dan menempatkan UIN Raden Intan Lampung di urutan ke-18 dari sekitar 58 PTN peserta pada tahun 2018, urutan pertama untuk PTKIN di Indonesia. *UI Green Metric* ialah lembaga pemeringkat universitas dunia di bidang *sustainability* atau kampus hijau berwawasan lingkungan.

Udara di lingkungan UIN Raden Intan Lampung sangat sejuk sangat baik untuk civitas akademika kampus UIN. Peningkatan kualitas udara sangat penting untuk terjadinya respirasi seluler. Udara yang sehat akan menciptakan lingkungan yang baik dan sehat pula bagi setiap makhluk hidup. Mahasiswa UIN Raden Intan Lampung setiap tahunnya mengalami peningkatan sebesar 27.659 selama lima tahun terakhir.

Pembangunan di UIN Raden Intan Lampung semakin intens dilakukan untuk mendorong peningkatan aktivitas pembelajaran. Pembangunan tersebut juga mempunyai dampak yang kurang baik yaitu berkurangnya ruang terbuka hijau yang tergantikan dengan gedung-gedung baru. Hal itu diduga yang mempengaruhi

penurunan kualitas udara di UIN Raden Intan Lampung. Selain itu mahasiswa yang menggunakan kendaraan bermotor pun semakin meningkat. Penelitian yang telah dilakukan oleh Nurmasari menyatakan bahwa mahasiswa yang menggunakan kendaraan bermotor sebanyak 2.982 per tiga hari. Pembakaran bahan bakar mesin kendaraan yang tidak sempurna akan membentuk emisi gas buang. Emisi gas buang merupakan suatu zat atau senyawa yang masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien dan bersifat sebagai pencemar atau polutan. Bahan pencemar yang terkandung dalam gas buang kendaraan bermotor antara lain; belerang dioksida (SO<sub>2</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), Timbal (Pb), benzena,<sup>1</sup> Hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>x</sub>), dan partikulat (PM10).<sup>2</sup> Menurut Nurmasari berikut beban emisi gas buang di lingkungan UIN Raden Intan Lampung:

**Tabel 1.1 Rata-rata Beban Emisi di UIN Raden Intan Lampung<sup>3</sup>**

Emisi Gas Buang	Rata-rata
CO	1,07
HC	3,75
NO <sub>x</sub>	2,91
SO <sub>2</sub>	6,3

<sup>1</sup>jurnal Media And Others, 'Pengaruh Paparan Emisi Gas Buang', *Jurnal Medika Muda*, 2013.h. 1.

<sup>2</sup> Lagiyono Siswanto, 'Analisa Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor 4 Tak Berbahan Bakar Campuran Premium Dengan Variasi Penambahan Zat Aditif', *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik*. h. 75.

<sup>3</sup> Nurmasari, *Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Ukuran Dan Kerapatan Trikoma Tectona Grandis Linn. Sebagai Tanaman Pelindung Jalan* (BANDar Lampung, 2018).

Penelitian mengenai dampak yang ditimbulkan oleh emisi gas buang terhadap kerapatan trikoma tumbuhan yang hidup di lingkungan UIN. Pertama dilakukan oleh Masruroh Tri Agustin. Penelitian tersebut membuktikan bahwa emisi gas buang berpengaruh terhadap jumlah dan kerapatan trikoma pada daun angkana.<sup>4</sup> Penelitian kedua, dilakukan oleh Nurmasari hasilnya pun menunjukkan emisi gas buang kendaraan mempengaruhi luas daun jati.<sup>5</sup> Kedua penelitian menunjukkan adanya penurunan kualitas udara di lingkungan kampus. hal tersebut dipengaruhi oleh semakin meningkatnya jumlah pengendara kendaraan motor dan lahan terbuka hijau yang semakin berkurang.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor dapat meningkatkan emisi gas buang yang akan memicu dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Jalan raya yang semakin padat/macet, kebisingan yang disebabkan oleh suara kendaraan (pencemaran suara), udara menjadi tidak segar dan asri karena dipenuhi oleh asap kendaraan dan dampak yang paling menjadi sorotan adalah pencemaran udara dengan semakin menipisnya lapisan ozon dan semakin panasnya suhu di muka bumi.

Emisi gas buang tersebut akan mudah terpapar ke tubuh orang yang bekerja di sekitar kendaraan-kendaraan bermotor dalam jangka waktu yang lama. Orang yang paling memungkinkan terpapar emisi gas buang di UIN Raden Intan yaitu para satuan pengamanan (satpam). Satpam berperan untuk menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kampus dari tindak kejahatan. Selain itu, mereka memiliki tugas lain dengan menjadi petugas/juru parkir di setiap parkir yang

---

<sup>4</sup> Masruroh Tri Agustin, *Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Kerapatan Trikoma Pada Daun Angkana (Pterocarpus Indicus Willd) Sebagai Tanaman Pelindung Jalan* (Bandar Lampung, 2018).

<sup>5</sup> Nurmasari.

ada di setiap fakultas, dan mengatur lalu lintas di gerbang utama/depan, serta gerbang samping kampus. Satpam di UIN Raden Intan Lampung berjumlah 53 orang, yang terdiri dari 50 laki-laki, dan 3 perempuan. Mereka bekerja selama 8 jam per-hari. Paparan zat emisi gas buang dalam waktu 15 menit perhari dan dalam kurun waktu 14 hari sudah dapat berisiko mengalami keracunan, dan berdampak negatif bagi tubuh.

Pada umumnya, para satpam tersebut juga merokok. Rokok ialah hasil dari pengolahan tembakau yang dibungkus dan dibentuk semacam lisong/cerutu. Membakar 1 puntung rokok, berarti menghembuskan 4000 substansi kimia berbahaya. Rokok menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna yang mengakibatkan terendapnya substansi berbahaya di dalam tubuh ketika dihisap. Gas yang terkandung dalam asap rokok yaitu karbondioksida, karbonmonoksida, hidrogensianida, amoniak, dan senyawa hidrokarbon. Partikel rokok antara lain tar, *benzantraccne*, nikotin, *fenol*, *benzopiren*, *cadmium*, *karbozol*, *indol*, dan *kresol*. Gas-gas di atas dapat menyebabkan iritasi, beracun, dan bersifat karsinogen.<sup>6</sup>

Dampak buruk akibat paparan kandungan emisi gas buang kendaraan dan asap rokok yang dapat mengancam kesehatan manusia. Dampak tersebut antara lain mengalami gangguan pernapasan, iritasi selaput lendir pada hidung, tenggorokan, saluran nafas hingga ke paru, menyebabkan kemunduran IQ, kerusakan otak, pusing, sakit kepala dan anemia. Dampak dalam sistem urinaria akan merusak ginjal dan yang terburuk adalah penyakit kanker mulut.

---

<sup>6</sup>Ita Yuniati, 'Hubungan Praktik Kerja, Paparan Benzena Dan Kebiasaan Merokok Dengan Konsentrasi Benzena Dalam Urin ( Studi Pada Pekerja Bengkel Di Kecamatan Tembalang Semarang)' (Universitas muhammadiyah Semarang, 2016). h. 37-38

Dampak buruk yang disebabkan oleh zat-zat genotoksik yang terdapat dalam asap kendaraan dan asap rokok tersebut bisa dilihat pengaruhnya dengan beberapa cara. Untuk mengetahui kandungan timbal dalam urin dengan melakukan pengecekan urine menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrometer*. Alat *spirometer* dapat melihat fungsi organ paru-paru. Selain itu dapat menggunakan uji mikronukleus yang ada di mukosa rongga mulut manusia. Uji mikronukleus juga bisa diperiksa pada mukosa hidung, sel limfosit darah, dan sumsum tulang belakang.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan uji mikronukleus yang ada di mukosa rongga mulut satpam untuk melihat pengaruh paparan emisi gas buang kendaraan bermotor asap rokok. Terdapat peneliti lain yang sedang melakukan penelitian terkait pembentukan mikronukleus yaitu pada petugas POM bensin dan para pedagang di lorong bawah Ramayana. Pentingnya penelitian ini sebagai petunjuk awal kesehatan para satpam, yang dapat menjadi peringatan dini untuk penyakit berbahaya seperti kanker. Satpam UIN Raden Intan Lampung sebagian besar bekerja diatas 3 tahun, tetapi ada pula yang bekerja selama kurang dari 3 tahun. Paparan oleh zat-zat pencemar yang terkandung dalam emisi gas buang kendaraan akan berdampak buruk bagi kesehatan satpam, terutama pada rongga mulut karena mereka saat bekerja tidak menggunakan alat pelindung diri (APD), seperti masker dan sarung tangan.

Rongga mulut merupakan pintu gerbang utama bagi sistem pencernaan sebagai tempat masuknya berbagai zat ke dalam tubuh manusia sehingga sangat rentan terhadap zat yang berbahaya. Apabila satpam menghirup udara yang di dalamnya terkandung emisi gas buang kendaraan dan asap rokok, maka zat

tersebut akan masuk kemudian mengendap di rongga mulut. Paparan tersebut mampu menciptakan perubahan sel terutama apabila zat/senyawa tersebut merupakan substansi genotoksik. Substansi genotoksik ialah substansi yang berpotensi menyebabkan kerusakan *Deoxyribonuclei Acid* (DNA) kemudian memicu terjadinya kanker.<sup>7</sup> Contoh substansi tersebut yaitu alkohol, rokok, dan gas buang kendaraan.

Perubahan struktur DNA akibat substansi genotoksik tersebut dapat dilihat pada sel mukosa rongga mulut dengan terbentuknya mikronukleus. Mikronukleus merupakan nukleus kedua berukuran kecil yaitu sekitar 1/3 sampai 2/3 dari nukleus utama, berwujud bulat yang ditemukan pada sel. Terbentuknya mikronukleus terjadi saat proses siklus sel, pada tahap metafase kromosom berjejer di bidang ekuator. Selanjutnya akan memasuki tahap anafase, pada saat ini apabila ada zat genotoksik yang masuk ke dalam sel maka akan membuat kromosomnya memisahkan diri (fragmen) dari nukleus, dan setiap kromosom tersebut akan terbentuk inti sel berukuran mikro dibandingkan ukuran inti sel utama.

Mikronukleus terbentuk hanya pada stratum basalis saja karena memiliki sel punca. Tetapi karena terjadi migrasi sel dari stratum basalis menuju lapisan yang lebih superfisial. Oleh karena itu, representasi mikronukleus bisa dilihat pada epitel mukosa mulut yang terlepas.<sup>8</sup> Mukosa juga berkeratin yang memiliki bagian

---

<sup>7</sup>Pandega Gama Mahardika, 'Pengaruh Paparan Emisi Terhadap Frekuensi Pembentukan Mikronukleus Di Mukosa Rongga Mulut', 2012.h. 2

<sup>8</sup>Pandega Gama Mahardika, 'Pengaruh Paparan Emisi Terhadap Frekuensi Pembentukan Mikronukleus Di Mukosa Rongga Mulut', 2012. h. 2-3.

kanan dan bagian kiri.<sup>9</sup> Allah SWT. berfirman pada surah Ar-Rum ayat 41-42 tentang pencemaran lingkungan yaitu:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ٤١ قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلُ كَانُوا أَكْثَرُ هُمْ مُشْرِكِينَ ٤٢

*Artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) Katakanlah: "Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. Kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah)." (QS. Ar-Rum: 41-42)<sup>10</sup>*

Ayat Al-Qur'an tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT telah memberikan amanah kepada manusia agar menjaga lingkungannya dan tidak membuat kerusakan di muka bumi karena yang akan mendapatkan dampak dari kerusakan itu tidak hanya manusia tetapi makhluk hidup lainnya. Pencemaran udara merupakan kerusakan di muka bumi yang sudah terlihat disebabkan oleh gas buang kendaraan. Pencemaran tersebut dapat mengakibatkan kerusakan DNA sehingga terbentuk mikronukleus sebagai petunjuk resiko terkena kanker mulut, sehingga manusia harus lebih berhati-hati dan menjaga kebersihan lingkungan serta tubuhnya sendiri supaya terhindar dari penyakit yang berbahaya bagi tubuhnya.

Penelitian mengenai mikronukleus pernah dilakukan, yaitu penelitian oleh Renita Rahmad yang mengkaji pengaruh paparan batu bara pada pekerjanya, hasil dari penelitian tersebut yaitu bahwa paparan debu batu bara dapat meningkatkan

<sup>9</sup>Ria Puspitawati, 'Struktur Makroskopik Dan Mikroskopik Jarincan Lunak Mulut', *Jurnal Kedokteran Gigi*, 10 (2003).h.462

<sup>10</sup>CV Penerbit Diponegoro, *Al-Qur'an Tajwid Dan Terjemahan* (Jawa Barat: Departemen Agama RI, 2010).

pembentukan mikronukleus karena rata-rata jumlah mikronukleus pada pekerja tambang batu bara tersebut lebih tinggi dibandingkan pada bukan pekerja tambang batu bara.<sup>11</sup> Alasannya karena pekerja tambang batu bara sudah terpapar zat genotoksik yang berasal dari batu bara yang mereka kerjakan, sedangkan yang bukan pekerja tambang tidak terpapar zat genotoksik tersebut.

Penelitian lainnya pernah dilakukan oleh Ayu Kusuma Dewi yang mengkaji pengaruh paparan emisi gas buang dan asap rokok terhadap petugas parkir. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin lama seseorang terpapar emisi gas buang akan meningkatkan frekuensi pembentukan mikronukleus. Begitu pula dengan responden yang merokok lebih tinggi jumlah mikronukleusnya dibandingkan dengan responden yang tidak merokok.<sup>12</sup>

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti tertarik untuk mengkaji tentang paparan emisi gas buang dan asap rokok berkenaan dengan pembentukan mikronukleus pada mukosa bukal satuan pengamanan (satpam) Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis dapat mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Penduduk di Indonesia semakin meningkat begitu pula di Provinsi Lampung.

---

<sup>11</sup>Renita Rahmad, Nurdiana Dewi, and Lea Rosida, 'Pengaruh Paparan Batubara Terhadap Jumlah Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Pekerja Tambang Batubara Di Kecamatan Pudak Kabupaten Tabalong', *Jurnal Kedokteran Gigi*, I.2 (2016).h. 129-131.

<sup>12</sup> Dewi.

2. Kendaraan bermotor meningkat salah satunya di UIN Raden Intan Lampung yang menyumbangkan emisi gas buang bagi lingkungan sekitar.
3. Satuan Pengaman (satpam) yang paling memungkinkan terpapar emisi gas buang kendaraan bermotor.
4. Pada umumnya satpam merokok, sehingga satpam akan semakin terpapar zat genotoksik.
5. Pembentukan mikronukleus dapat dijadikan petunjuk resiko penyakit kanker mulut.

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka batasan masalahnya adalah

1. Penelitian ini dilakukan di UIN Raden Intan Lampung
2. Sampel yang digunakan adalah satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung yang telah memenuhi kriteria inklusi.
3. Penelitian ini berfokus pada pengambilan mukosa rongga mulut satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas rumusan masalah penelitian ini adalah apakah paparan emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok berpengaruh terhadap pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung?

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh paparan emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok terhadap pembentukan mikronukleus

di mukosa rongga mulut satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung.

#### **F. Kegunaan Penelitian**

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat, dapat memberikan wawasan kepada masyarakat akan bahaya emisi kendaraan bermotor dan rokok bagi kesehatan.
2. Bagi Universitas, sebagai sumber pemikiran dalam hal kesehatan pegawai universitas khususnya Satuan Pengamanan (satpam).
3. Bagi peneliti lainnya, dapat dijadikan tambahan referensi dan pertimbangan untuk mengembangkan lebih lanjut mengenai mikronukleus.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Pencemaran Udara

Udara merupakan kombinasi sejumlah jenis gas yang memiliki perbandingan tidak konsisten, bergantung pada kondisi suhu/tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Kandungan yang terdapat didalam udara seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, ozon, gas-gas mulia, nitrogen oksida, hidrogen, methana, belerang dioksida, amonia dan lain-lain.<sup>1</sup>

Pencemaran udara ialah masuknya atau dimasukkannya zat lain ke dalam udara ambien, sampai-sampai kualitas udara ambien merosot sampai pada ambang tertentu yang menjadikan udara ambien tidak mampu melaksanakan fungsi sebagaimana mestinya.<sup>2</sup> Udara ambien ialah udara bebas yang memenuhi permukaan bumi pada lapisan troposfir dan masuk dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia.<sup>3</sup>

Emisi ialah zat atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu aktivitas yang masuk ke dalam udara ambien yang memiliki atau tidak memiliki kapasitas sebagai unsur pencemar.<sup>4</sup> Emisi gas buang ialah bahan pencemar yang mencemari udara dan merupakan produk yang dihasilkan dari gas bekas pembakaran yang

---

<sup>1</sup>Nurhasmawaty Pohan, *Pencemaran Udara Dan Hujan Asam* (Digitized By USU Digital Library, 2002).h. 2.

<sup>2</sup>Presiden Republik Indonesia, 'Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara', 1999. Ayat 1.

<sup>3</sup>Presiden Republik Indonesia, 'Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara', 1999, pasal 1, ayat 4-5

<sup>4</sup>Menteri Negara Hidup Lingkungan, 'Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah', 2010.

dibuang ke udara melalui saluran proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui media buang kendaraan.

Asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan 3 (tiga) proses yaitu atrisi (atrition), penguapan (vaporization), dan pembakaran (combution). Dari ketiga proses di atas proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan.<sup>5</sup>

## **B. Bahan Pencemar Udara**

Zat kimia pencemar udara dibagi menjadi gas, cairan, dan padat yang terkandung di dalam atmosfer, apabila terpapar terhadap makhluk hidup akan sangat berbahaya.<sup>6</sup> Bahan tersebut antara lain:

1. Partikulat yang berasal dari debu, debu pembakaran, dan proses mineral seperti persiapan bahan baku pembuatan semen. Persiapan pembuatan batu kapur yang menyebabkan sesak nafas dan iritasi.
  - 1) Logam fase partikulat (*particulate phase metals*) misal *antimony, arsenic, berillyum, cadmium, chromium, cobalt, lead, manganese*.
  - 2) Senyawa anorganik mudah menguap (*folatile in organic*) misal merkuri (Hg), selenium, dan klorin/ HCl.
  - 3) (Organic compound)/Senyawa organik, misal benzena, hidrokarbon aromatik polisiklik, dan dioxin/ furans adalah senyawa mudah menguap.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup>Nurdin Zakaria and R Azizah, 'Analisis Pencemaran Udara (SO<sub>2</sub>), Keluhan Iritasi Tenggorokan Dan Keluhan Iritasi Mata Pada Pedagang Makanan Di Sekitar Terminal Joyoboyo Surabaya', *The Indonesian Journal Of Occupational Safety Dan Health*, 2.1 (2013).h. 76

<sup>6</sup>Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air* (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2011).h 170.

- a. Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yang berasal dari pembakaran belerang, pembakaran senyawa kimia pirit ( $\text{FeS}_2$ ), dan proses mineral yang menyebabkan iritasi tenggorokan manusia.
- b. Karbonmonoksida (CO) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berasal dari pembakaran bahan bakar mesin kendaraan, pembakaran, proses mineral yang menyebabkan terganggunya kardiovaskular dan nervous.<sup>8</sup> Karbon monoksida (CO) tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara). CO sangat berbahaya karena tidak berwarna maupun berbau, mengakibatkan pusing, dan mual.<sup>9</sup>
- c. Nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) berasal dari pembakaran suhu tinggi dan peristiwa alam menyebabkan kerusakan seluruh pernafasan manusia.
- d. Ozon ( $\text{CO}_3$ ) yang berasal dari reaksi kimia di udara menyebabkan kerusakan saluran pernafasan manusia.
- e. Logam timbal (Pb) yang berasal dari pembakaran bahan bakar berisi timbal pada kendaraan bermotor, proses mineral dan proses alam menyebabkan terganggunya mental dan kerusakan otak manusia.
- f. Hidrokarbon ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ) berasal dari pembakaran dan sumber daya alam menyebabkan terganggunya saluran pernafasan dan iritasi mata.

---

<sup>7</sup> Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air* (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2011). h. 24-25.

<sup>8</sup> Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air* (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2011).h . 24

<sup>9</sup>Nurhasmawaty Pohan, *Pencemaran Udara Dan Hujan Asam* (Digitized By USU Digital Library, 2002). h. 4.

- g. Oksidasi fotokimia berasal dari reaksi kimia di udara menyebabkan terganggunya saluran pernafasan dan iritasi mata manusia.<sup>10</sup>
- h. Benzena merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang terdapat pada bensin. Paparan dalam waktu singkat benzena dapat menyebabkan mual, pusing, dan fertigo.

### C. Dampak Emisi Gas Buang Kendaraan

Masuknya polutan kedalam tubuh manusia melalui tiga cara, yaitu inhalasi, ingesti, dan penetrasi kulit. Inhalasi, polutan masuk ke tubuh melalui sistem pernafasan. Polutan tersebut dapat menyebabkan gangguan paru-paru dan saluran pernafasan, selain itu polutan ini akan masuk ke dalam peredaran darah dan menimbulkan disfungsi pada organ tubuh lainnya.<sup>11</sup>

Polutan udara yang berdiameter cukup besar bisa masuk ke dalam saluran pencernaan (*ingesti*) ketika makan dan minum. Maka polutan tersebut menimbulkan efek lokal dan melalui peredaran darah akan menyebar ke seluruh tubuh. Polutan dapat masuk melalui permukaan kulit pula, sebagian hanya memunculkan akibat buruk pada bagian dermatitis dan alergi. Tetapi juga bisa menyebabkan penetrasi kulit dan efek sistematis, khususnya akibat dari pencemar organik.<sup>12</sup> Pengaruh utama terhadap manusia adalah peradangan yang hebat pada selaput lendir, konsentrasi yang tinggi akan terasa asam di mulut dan menyengat

---

<sup>10</sup>Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air* (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2011),h. 24-25

<sup>11</sup>Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air* (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2011), h.21-22

<sup>12</sup>Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air* (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2011). h. 22

di hidung dan tenggorokan, bagian yang pertama kali dipengaruhi adalah membran mukosa dan jaringan paru, kemudian masuk ke dalam aliran darah.

#### **D. Rokok**

Rokok merupakan salah satu produk yang berasal dari tanaman *Nicotinia tabacum* (tembakau) yang dimaksudkan untuk dibakar, dihisap dan dihirup asapnya.<sup>13</sup> Kandungan senyawa asap rokok antara lain nikotin, tar, dan karbonmoksida (CO). Nikotin adalah komponen terbesar dalam asap rokok yang bersifat aditif/ menimbulkan ketergantungan. Tar atau getah tembakau adalah campuran beberapa zat hidrokarbon yang bersifat karsinogenik. CO adalah gas beracun yang dapat menurunkan kandungan oksigen dalam darah. Selain senyawa tersebut, ada senyawa lain yaitu piridin, amoniak, karbondioksida, keton, aldehida, cadmium, nikel, zink, dan nitrogen oksida.<sup>14</sup>

Asap rokok menyimpan ribuan bahan kimia beracun dan pemicu kanker. Rokok dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, tenggorokan, penyakit asma, memicu tumbuhnya batuk berdahak, gangguan pernapasan hingga kanker paru, jantung koroner, dan stroke.<sup>15</sup> Rokok di Indonesia dibedakan berdasarkan bahan pembungkus rokok, bahan baku atau isi rokok, proses pembuatan rokok dan penggunaan filter pada rokok. Berdasarkan bahan baku atau isi, rokok dibedakan menjadi :

---

<sup>13</sup>Presiden Republik Indonesia, 'PPRI No. 109 Th. 2012 Tentang Pengamanan Bahan Yang Mengandung Zat Adiktif Berupa Produk Tembakau Bagi Kesehatan', 2012., h. 2-3

<sup>14</sup>Nururrahmah, 'Pengaruh Rokok Terhadap Kesehatan Dan Pembentukan Karakter Manusia', *Prosiding Seminar Nasional*, 1.1 (2014). h. 79

<sup>15</sup>Ambarwati and Ayu khoirotul U, 'Media Leaflet, Video, Dan Pengetahuan Siswa SD Tentang Bahaya Merokok', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10.1 (2014).h. 8

- Rokok putih : rokok yang bahan baku atau isinya hanya daun tembakau yang diberi saus untuk mendapatkan efek rasa dan aroma tertentu.
- Rokok kretek : rokok yang bahan baku atau isinya berupa daun tembakau dan cengkeh yang diberi saus untuk mendapatkan efek rasa dan aroma tertentu.
- Rokok klembak : rokok yang bahanbaku atau isinya berupa daun tembakau, cengkeh dan kemenyan yang diberi saus untuk mendapatkan efek rasa dan aroma tertentu.<sup>16</sup>

Berdasarkan penggunaan filter pada rokok maka rokok dibedakan menjadi rokok filter (RF) dan rokok non filter (NRF). Rokok filter adalah rokok yang pada bagian pangkalnya terdapat gabus sedangkan rokok non filter adalah rokok yang pada bagian pangkalnya tidak terdapat gabus.

**Gambar 2.1 Bahan-Bahan yang Terkandung Dalam Rokok<sup>17</sup>**



<sup>16</sup>Aila Haris, Mukhtar Ikhsan, and Rita Rogayah, 'Asap Rokok Sebagai Bahan Pencemar Dalam Ruangan', *Tinjauan Pustaka*, 39.1 (2012). h. 17-18

<sup>17</sup>Haris, Ikhsan, and Rogayah. h. 17-18

## E. Dampak Rokok

Perubahan dalam rongga mulut terjadi akibat kandungan yang terdapat dalam tembakau ataupun karena iritasi yang terus menerus berasal dari produk hasil pembakaran tembakau yang menyebabkan mengeringnya mukosa mulut, suhu intraoral meningkat, perubahan respon imun, ataupun perubahan resistensi terhadap infeksi terutama jamur dan infeksi virus. Pengguna tembakau juga mengalami gangguan fungsi pengecap dan penciuman. Merokok dapat menurunkan derajat keasaman (pH) saliva. Tembakau memang terbukti merupakan bahan kimia yang dapat mempromotori sel-sel di mukosa rongga mulut untuk bertransformasi menjadi ganas, dan menyebabkan mutasi di *p53* dan *tumours suppressors gen*.<sup>18</sup>

Akibat buruk kebiasaan merokok bagi kesehatan telah banyak di bahas. Hasil penelitian di Inggris menunjukkan bahwa kurang lebih 50% para perokok yang merokok sejak remaja akan meninggal akibat penyakit-penyakit yang berhubungan dengan kebiasaan merokok. Kebiasaan merokok telah terbukti berhubungan dengan kurang lebih 25 jenis penyakit dari berbagai organ tubuh manusia. Penyakit tersebut, antara lain: kanker mulut, esophagus, faring, laring, paru, pankreas, kandung kemih, dan penyakit pembuluh darah. Hal itu dipengaruhi pula oleh kebiasaan meminum alkohol serta faktor lain.

Merokok merupakan penyebab 87% kematian akibat kanker paru. Pada wanita, kankerparu melampaui kanker payudara yang merupakan penyebab utama kematian akibat kanker. Hal ini disebabkan karena dalam tiga decade terakhir ini,

---

<sup>18</sup>Debora L Tumilisar, 'Tembakau Dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan Mulut', *Jurnal Kedokteran Meditek*, 17.44 (2011), 19–23.

jumlah wanita yang merokok semakin bertambah banyak. Merokok saat ini juga dianggap menjadi penyebab dari kegagalan kehamilan, meningkatnya kematian bayi, dan penyakit lambung kronis. Merokok dapat mengganggu kerja paru-paru yang normal karena hemoglobin lebih mudah membawa karbon dioksida membentuk karboksihemoglobin daripada membawa oksigen. Orang yang banyak merokok (perokok aktif) dan orang yang banyak mengisap asap rokok (perokok pasif), dapat berakibat paru-parunya lebih banyak mengandung karbon monoksida dibandingkan oksigen sehingga kadar oksigen dalam darah kurang lebih 15% daripada kadar oksigen normal. Reaksi yang terjadi dalam tubuh adalah:



Nikotin yang terbawa dalam aliran darah dapat mempengaruhi berbagai bagian tubuh. Nikotin dapat mempercepat denyut jantung (dapat mencapai 20 kali lebih cepat dalam satu menit dari keadaan normal), menurunkan suhu kulit sebanyak satu atau dua derajat karena penyempitan pembuluh darah kulit, dan menyebabkan hati melepaskan gula ke dalam aliran darah. Nikotin mempunyai pengaruh utama terhadap otak dan sistem saraf, juga dapat member pengaruh menenangkan. Namun nikotin juga merupakan obat yang bersifat aditif atau menyebabkan kecanduan.

Bahan toksis yang terkandung dalam asap rokok kemudian dihirup oleh perokok dan dikeluarkan dari ujung rokok yang terbakar atau dihembuskan perokok mempunyai pengaruh terhadap kesehatan manusia walaupun kadar toksisnya lebih rendah karena pengenceran (dilusi) di udara sehingga kanker paru

di kalangan orang sehat yang tidak merokok merupakan akibat yang paling serius. Penyakit lain yang disebabkan oleh asap rokok adalah peningkatan infeksi saluran pernafasan, gejala alergi, sakit dada, sakit kepala, mual, radang mata, dan hidung. Pemaparan secara tidak sengaja terhadap bahan-bahan yang terdapat dalam asap rokok dapat mempengaruhi perkembangan janin wanita hamil yang merokok serta bayi ibu menyusui yang merokok. Banyak dari bahan tersebut yang dapat menembus plasenta dan mencapai fetus, juga dapat mempengaruhi air susu ibu. Akibat yang ditimbulkan oleh pemaparan ini antara lain: anak lahir mati, keguguran, kelahiran bayi secara prematur, berat bayi lahir rendah, dan pertumbuhan anak terganggu.<sup>19</sup>

#### **F. Mukosa Rongga Mulut**

Rongga mulut adalah permulaan dari saluran pencernaan.<sup>20</sup> Rongga mulut terdiri dari bibir atas, bibir bawah, palatum durum, gusi, mukosa pipi, lidah. Rongga bagian depan berhubungan langsung dengan dunia luar di batasi oleh bibir atas dan bawah. Di bagian lateral terdapat mukosa pipi yang dilapisi oleh mukosa pipi yang menutupi otot businator, di bagian atas terdapat gusi dan palatum durum yang dilapisi oleh mukosa dan banyak terdapat kelenjar liur minor di antara mukosa dan periosteum, bagian ini berhubungan erat dengan rongga hidung dan sinus maksila, sehingga keganasan di rongga hidung dan sinus maksila jarang menjalar ke palatum. Dibagian bawah dasar mulut terdapat lidah. Lidah adalah kumpulan otot yang berbentuk kerucut.

---

<sup>19</sup>Nururrahmah, 'Pengaruh Rokok Terhadap Kesehatan Dan Pembentukan Karakter Manusia', *Prosiding Seminar Nasional*, 1.1 (2014). h. 79

<sup>20</sup>Muralitharan Nair and Ian Peate, *Dasar-Dasar Patofisiologi Terapan* (Jakarta: Bumi Medika, 2014).h. 290.

Lapisan mukosa merupakan lapisan basah yang berkontak dengan lingkungan eksternal yang terdapat pada berbagai sistem tubuh manusia seperti saluran pencernaan, rongga hidung, maupun rongga tubuh lainnya. Pada rongga mulut, lapisan ini disebut dengan mukosa oral.<sup>21</sup> Struktur dan fungsi mukosa mulut bersifat transisi antara kulit dan mukosa traktus gastro-intestinalis. Mukosa mulut menyerupai mukosa intestin karena secara konstan dibasahi oleh cairan (*mucus*) dan lapisan epitelnya memiliki kemampuan regenerasi yang tinggi tetapi mukosa mulut juga menyerupai kulit karena memiliki lapisan epitel berlapis gepeng di banyak regio memiliki banyak keratin.<sup>22</sup>

Strukturanya yang spesifik tersebut mukosa mulut mampu berperan sebagai pelindung jaringan lunak dibawahnya dari kekuatan fisik yang berpotensi merusak akan tetapi juga cukup lentur dan tahan untuk mengakomodasi proses pembentukan makanan menjadi bolus. Mukosa mulut juga berfungsi sebagai barier terhadap mikroorganisme toksin dan berbagai antigen, serta mempunyai peran imunologik dengan adanya kelenjar-kelenjar liur yang berperan peredam trauma, dan mensekresi beberapa antibodi. Dengan adanya pembuluh darah mukosa juga berperan sebagai organ perasa terhadap sentuhan, rasa sakit, dan pengecap makanan.<sup>23</sup>

Sel-sel bukal membentuk penghalang pertama untuk rute inhalasi atau ingesti dan mampu memetabolisme karsinogen proksimat menjadi produk reaktif.

---

<sup>21</sup>Febimilany Riadloh, 'Perbedaan Pengaruh Timbal Terhadap Pembentukan Mikronukleus Mukosa Bukal Antara Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum Dan Pramuniaga Toko Di Surakarta', *Skripsi Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret*, 2016.h. 5

<sup>22</sup>Ria Puspitawati, 'Struktur Makroskopik Dan Mikroskopik Jaringan Lunak Mulut', *Jurnal Kedokteran Gigi*, 10 (2003).h 462

<sup>23</sup>Ria Puspitawati, 'Struktur Makroskopik Dan Mikroskopik Jaringan Lunak Mulut', *Jurnal Kedokteran Gigi*, 10 (2003).h.463

Sekitar 92% kanker pada manusia berasal dari epitelium eksternal dan internal, yaitu kulit, epitel bronkus, dan epitel yang melapisi saluran pencernaan. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa sel-sel epitel mulut mewakili situs target yang disukai untuk peristiwa genotoksik awal yang disebabkan oleh agen karsinogenik memasuki tubuh melalui inhalasi dan konsumsi.<sup>24</sup>

Epitel mulut terdiri dari empat strata dari populasi sel struktural, progenitor, dan maturing, yaitu, lapisan sel basal (*stratum basale*), lapisan sel tusukan (*stratum spinosum*), dan lapisan keratinisasi di permukaan. Serangkaian struktur mirip jari yang disebut "rete pasak" proyek dari lamina propria ke lapisan epidermis menghasilkan efek lapisan basal sel bergelombang. Epitel mulut mempertahankan diri dengan pembaharuan sel terus menerus dimana sel-sel baru diproduksi dalam lapisan basal oleh mitosis bermigrasi ke permukaan menggantikan mereka yang ditumpahkan. Lapisan basal mengandung sel-sel induk yang dapat mengekspresikan kerusakan genetik (kerusakan atau kehilangan kromosom) sebagai mikronukleus selama pembelahan nukleus.<sup>25</sup>

### **G. Pengertian Mikronukleus**

Mikronukleus merupakan massa kromatik sitoplasmik berbentuk bulat atau oval terletak dekat dengan nukleus dan tampak secara mikroskopik.<sup>26</sup>

Mikronukleus berasal dari paduan kata mikro dan nukleus. Mikro yang

---

<sup>24</sup>Bina Kashyap and Padala Sridhar Reddy, 'Micronuclei Assay Of Exfoliated Oral Buccal Cells : Means To Assess The Nuclear Abnormalities In Different Diseases', *Journal Of Cancer Research And Therapeutics*, 8.2 (2012) <<https://doi.org/10.4103/0973-1482.98968>>. h. 185

<sup>25</sup>Bina Kashyap and Padala Sridhar Reddy, 'Micronuclei Assay Of Exfoliated Oral Buccal Cells : Means To Assess The Nuclear Abnormalities In Different Diseases', *Journal Of Cancer Research And Therapeutics*, 8.2 (2012) <<https://doi.org/10.4103/0973-1482.98968>>. h. 185

<sup>26</sup>Renita Rahmad, Nurdiana Dewi, and Lea Rosida, 'Pengaruh Paparan Batubara Terhadap Jumlah Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Pekerja Tambang Batubara Di Kecamatan Pudak Kabupaten Tabalong', *Jurnal Kedokteran Gigi*, 1.2 (2016).h. 131

merupakan awalan kecil, bila diterapkan dalam ukuran berarti seper seribu. Adapun nukleus berarti inti sel. Dengan demikian mikronukleus berarti inti sel terkecil. Mikronukleus adalah inti tambahan kecil yang terletak di luar inti utama, merupakan salah satu bentuk kelainan inti sel akibat kesalahan dalam proses pembelahan. Bila dilihat di bawah mikroskop, mikronukleus tampak sebagai inti kedua yang ukurannya kurang dari sepertiga diameter inti utama, berbentuk bulat dengan tepi halus, tidak bertumbukan atau memiliki hubungan dengan inti utama, serta memiliki warna, tekstur, dan pembiasan yang sama dengan inti utama.<sup>27</sup>

Selain mikronukleus, terdapat pula kelainan inti sel lainnya, yaitu:

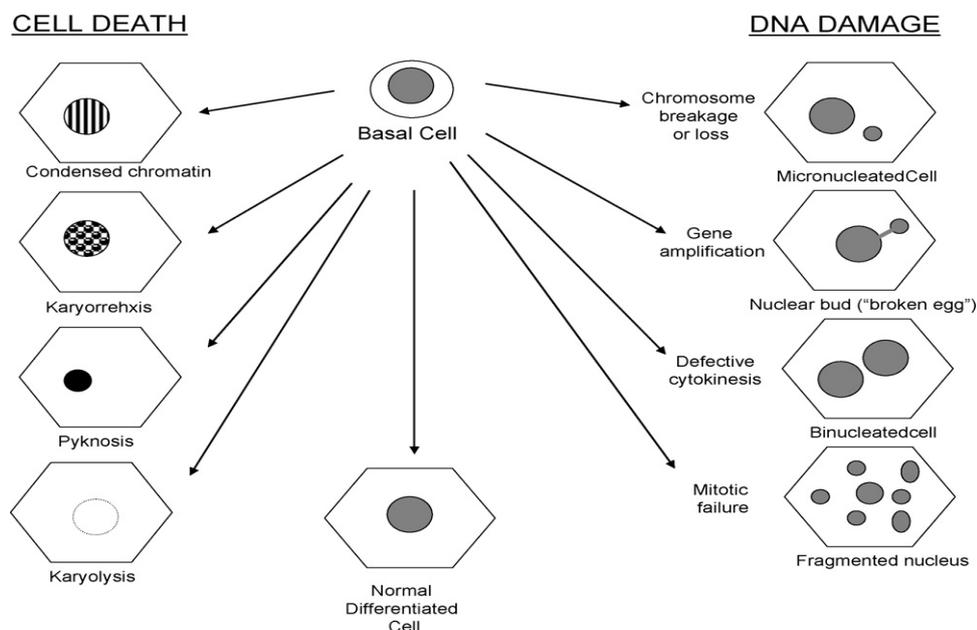
- a. *Binucleated cell* adalah kelainan inti sel yang tampak sebagai dua inti berukuran kurang lebih sama besar yang terdapat dalam satu sel dan keduanya saling terhubung. Sel ini terbentuk akibat kegagalan sitokinesis dimana terjadi pembelahan inti namun tidak diikuti oleh pembelahan sel.
- b. *Karyorrhetic cell* adalah gambaran inti sel yang padat dengan elemen nukleus kromatin yang kemudian dapat terjadi pemecahan inti sel dan tampak sebagai kepingan-kepingan sehingga disebut *fragmented nucleus*.
- c. *Karyolytic cell* menggambarkan tidak adanya inti sel sama sekali karena sudah mengalami penghancuran.
- d. *Nuclear bud* atau *broken egg* adalah kelainan inti yang paling mirip dengan mikronukleus. Untuk membedakan keduanya dilihat dari adanya jembatan atau hubungan antara inti utama dengan inti tambahan yang

---

<sup>27</sup>Abdul Hamid Heri Haidar, 'Hubungan Propofol Dengan Ekspresi Mikronukleus Pada Pasien Luka Bakar Yang Menjalani Operasi Berulang', *Tesis Universitas Sebelas Maret* (Universitas Sebelas Maret, 2015) <Perpustakaan.uns.ac.id>.h. 16

berukuran lebih kecil. Kelainan inti sel ini muncul akibat adanya amplifikasi gen inti.<sup>28</sup>

**Gambar 2.2 Kelainan Inti Sel**<sup>29</sup>



Mikronukleus adalah struktur nukleus abnormal yang muncul dalam membagi sel karena lesi DNA yang tidak diperbaiki atau tidak diperbaiki dengan baik atau pemisahan segregasi kromosom dalam mitosis. Beberapa faktor berkontribusi pada pembentukan mikronukleus dalam sel, termasuk radiasi dan paparan kimia, konsumsi alkohol dan tembakau, defisiensi nutrisi penting, dan produk metabolik berbahaya seperti spesies oksigen reaktif (ROS).<sup>30</sup>

<sup>28</sup>Abdul Hamid Heri Haidar, 'Hubungan Propofol Dengan Ekspresi Mikronukleus Pada Pasien Luka Bakar Yang Menjalani Operasi Berulang', *Tesis Universitas Sebelas Maret* (Universitas Sebelas Maret, 2015) <Perpustakaan.uns.ac.d>.h. 17

<sup>29</sup>Nina Holland and others, 'The Micronucleus Assay In Human Buccal Cells As A Tool For Biomonitoring DNA Damage: The HUMN Project Perspective On Current Status And Knowledge Gaps', *Mutation Research / Reviews in Mutation Research*, 659 (2008) <<https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2008.03.007>>. h. 96

<sup>30</sup>Diana Bastos-aires, 'Preliminary Study Of Micronuclei Levels In Oral Exfoliated Cells From Patients With Periodontitis', *Journal Of Dental Sciences*, 8 (2013), 200–204 <<https://doi.org/10.1016/j.jds.2012.12.007>>.h. 200

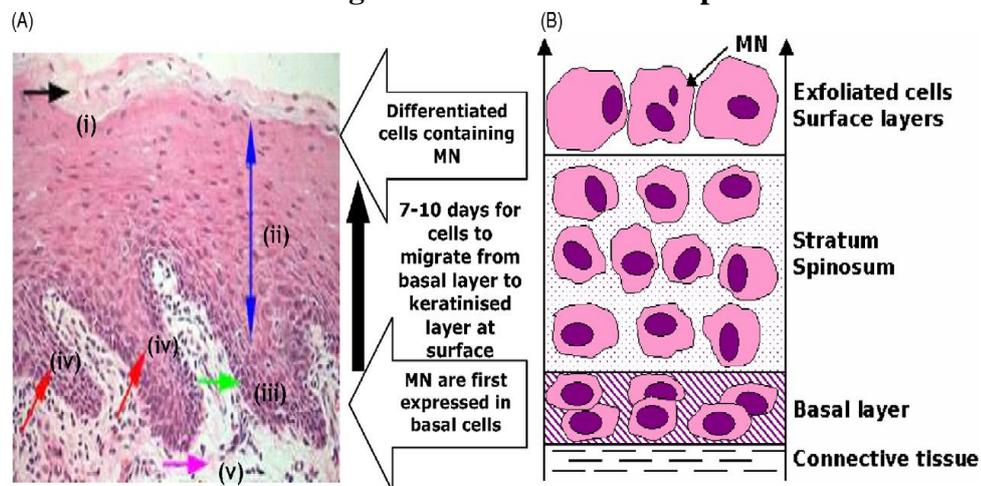
Uji mikronukleus sel bukal (MN) pertama kali diusulkan pada tahun 1983 dan terus mendapatkan popularitas sebagai biomarker kerusakan genetik dalam berbagai aplikasi. Uji MN memberikan informasi tentang kerusakan sitogenetika dalam jaringan, yang merupakan target karsinogen manusia dan darimana karsinoma dapat berkembang. Karsinoma sel skuamosa mulut ditandai oleh kariotipe kompleks yang melibatkan banyak penghapusan kromosom, translokasi dan kelainan struktural. Sel-sel dari jenis tumor ini sering memiliki kesalahan dalam segregasi kromosom yang mengarah pada pembentukan kromosom yang tertinggal atau bagian kromosom yang hilang selama tahap anafase pemisahan sel dan dikeluarkan dari inti pembentuk kembali. Yang tertinggal diamati dalam sitoplasma sebagai mikronukleus.<sup>31</sup>

Sebenarnya mikronukleus hanya terbentuk di stratum basalis saja karena hanya pada lapisan inilah terdapat *stem cell* atau sel punca yang mempunyai kemampuan terus membelah. Namun, pada kenyataannya mikronukleus dapat ditemukan pada stratum yang lebih superfisial seperti stratum spinosum, stratum granulosum maupun stratum keratinosum. Keadaan ini dapat terjadi oleh karena sel-sel di stratum basalis dapat melakukan migrasi secara fisiologis ke arah lapisan yang lebih superfisial dalam waktu 7 sampai 10 hari sebagai proses regenerasi sel-sel keratinosum yang senantiasa mengalami pengelupasan terus-menerus. Mikronukleus juga bersifat menetap yaitu tidak direduksi oleh sistem metabolisme sel setelah terbentuk di stratum basalis.

---

<sup>31</sup>Sangeeta Palaskar and Chavi Jindal, 'Evaluation Of Micronuclei Using Papanicolaou And May Grunwald Giemsa Stain In Individuals With Different Tobacco Habits', *Journal Of Clinical And Diagnostic Research*, 4 (2010).h. 3607.

**Gambar 2.3 Migrasi mikronukleus ke Superfisial**<sup>32</sup>



## H. Pembentukan Mikronukleus

Mitosis adalah pembelahan nukleus yang setiap nukleus baru menerima koleksi kromosom yang identik dengan sel induknya. Mitosis biasanya diikuti oleh sitokinesis yaitu pembelahan sitoplasma. Secara konvensional mitosis dibagi menjadi lima tahap yaitu profase, prometafase, metafase, anafase, dan telofase. Sitokinesis, yang bertumpang tindih dengan tahap akhir mitosis, menyelesaikan mitotik.<sup>33</sup>

Mikronukleus terbentuk karena adanya kerusakan kromosom atau kesalahan fungsi benang spindel yang disebabkan suatu proses genotoksitas. Mikronukleus terbentuk pada mitosis antara metafase dan anafase. Pada fase metafase, semua kromosom akan berjejer di ekuator kemudian masing-masing kromosom akan diikat sentromernya oleh benang spindel, selanjutnya akan ditarik ke kedua kutub pada fase anafase. Apabila dalam proses antara metafase dan anafase terdapat

<sup>32</sup>Nina Holland and others, 'The Micronucleus Assay In Human Buccal Cells As A Tool For Biomonitoring DNA Damage: The HUMN Project Perspective On Current Status And Knowledge Gaps', *Mutation Research / Reviews in Mutation Research*, 659 (2008) <<https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2008.03.007>>. h. 95.

<sup>33</sup>Neil A Campbell, *Biologi Edisi Ke Delapan Jilid 1* (Jakarta: Erlangga, 2010).h. 247

kerusakan nukleus yang akan menghasilkan fragmentasi kromosom yang tidak mengandung sentromer, maka fragmen tersebut tidak dapat ditarik ke kutub sehingga akan tertinggal di salah satu *sister cell*. Pada fase selanjutnya, yaitu telofase, mikronukleus yang terbentuk ini akan mendapat perlakuan seperti pada nukleus sejati yaitu akan mengalami proses pembentukan membran inti. Karena proses tersebut, mikronukleus terbentuk terpisah sempurna dari inti sel yang sesungguhnya.

Secara garis besar mekanisme kerusakan DNA oleh senyawa genotoksik dibagi menjadi efek kerusakan langsung dan tidak langsung. Pada efek kerusakan langsung, senyawa genotoksik biasanya bersifat elektrofilik dimana senyawa tersebut dapat terikat langsung dengan senyawa nukleofilik seperti DNA dan dapat mengakibatkan putusya rantai DNA, perubahan basa DNA, intercalation, atau cross linkage. Contoh dari senyawa genotoksik yang merusak DNA secara langsung adalah: Alkil sulfat, Alkil alkalin sulfonat, Aldehid, Epokside mustard, dan Aziridine.

Senyawa genotoksik indirek atau tidak langsung membutuhkan proses secara kimia atau enzimatik untuk dapat bertindak sebagai senyawa perusak DNA. Senyawa genotoksik jenis ini biasanya lebih bersifat lipofilik sehingga memerlukan perubahan lebih lanjut agar bersifat larut air. Dalam proses konversi tersebut terdapat efek samping yaitu terbentuknya senyawa elektrofilik yang mampu merusak rantai DNA seperti halnya senyawa genotoksik langsung. Pb termasuk dalam jenis senyawa genotoksik tidak langsung. Beberapa jenis senyawa genotoksik tidak langsung selain Benzena adalah: senyawa hidrokarbon alifatik

tidak jenuh, senyawa hidrokarbon aromatik tidak jenuh (PAH), nitrosamin, dan nitrosamid.

Apabila DNA mengalami suatu kerusakan, akan muncul mekanisme yang disebut *repair mechanism* (mekanisme perbaikan). Mekanisme perbaikan yang paling utama adalah dengan mekanisme eksisi. Pada tahap awal adalah endonuklease dimana DNA yang rusak akan dipotong kemudian disusul tahap berikutnya yaitu eksonuklease atau penghilangan DNA rusak yang telah dipotong pada tahap endonuklease. Setelah itu rantai DNA disusun kembali melalui proses polymerase yang kemudian rantai-rantai tersebut disambungkan dengan proses ligase. Benzena berperan cukup signifikan dalam menghambat proses perbaikan DNA sehingga akan menimbulkan kerusakan DNA yang kemudian dapat diekspresikan dalam bentuk mikronukleus.<sup>34</sup>

## **I. Penelitian Relevan**

Membuktikan keabsahan penelitian yang peneliti lakukan, terdapat beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini yang pertama penelitian yang dilakukan oleh Ayu Kusuma Dewi yang berjudul “pengaruh paparan emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok terhadap pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut petugas parkir”. Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan pembentukan mikronukleus pada mukosa rongga mulut antara petugas parkir yang terpapar dengan kelompok kontrol. Semakin lama masa kerja seseorang menjadi petugas parkir semakin tinggi pula frekuensi pembentukan mikronukleusnya. Persamaan penelitian di atas dengan skripsi penulis yaitu,

---

<sup>34</sup>Ayu Kusuma Dewi, ‘Pengaruh Paparan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Asap Rokok Terhadap Pembentukan Mikronukleus Di Mukosa Rongga Mulut Petugas Parkir’, *Jurnal Media Medika Muda*, 2013.

mencari pengaruh paparan emisi dan asap rokok terhadap peningkatan mikronukleus. Perbedaan penelitian di atas subjek penelitiannya adalah para petugas parkir, sedangkan peneliti subjeknya adalah Satuan Pengamanan (Satpam).

Penelitian kedua yang dilakukan oleh Pandega Gama Mahardika yang berjudul “pengaruh paparan emisi kendaraan bermotor terhadap frekuensi pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut pada mekanik bengkel motor”. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat pengaruh paparan emisi kendaraan bermotor pada mekanik bengkel motor terhadap peningkatan frekuensi pembentukan mikronukleus dibandingkan kelompok pekerja yang kurang terpapar emisi kendaraan dalam pekerjaannya. Persamaan penelitian di atas dengan skripsi penulis yaitu, mencari pengaruh paparan emisi kendaraan bermotor terhadap peningkatan mikronukleus. Perbedaan penelitian di atas subjek penelitiannya menggunakan para mekanik bengkel motor, sedangkan peneliti subjeknya adalah Satuan Pengamanan (Satpam).

## **J. Kerangka Pikir**

Kendaraan bermotor merupakan alat transportasi yang menggunakan mesin sebagai alat untuk bergerak yang diklasifikasi menjadi empat yaitu, sepeda motor, mobil penumpang, mobil bus, dan mobil barang. Kendaraan bermotor akan mengeluarkan emisi gas buang. Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksud disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buangkendaraan yang terdapat emisi pokok yang

dihasilkannya. Komposisi bahan pencemar antara lain bahan partikulat, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub>, Pb, C<sub>2</sub>H<sub>2n+2</sub> yang sangat berbahaya bila masuk ke dalam tubuh manusia.

Rongga mulut terhubung dengan rongga hidung sebagai jalur respirasi sehingga ketika substansi seperti emisi gas buang kendaraan bermotor terhirup melalui hidung, substansi tersebut kemudian masuk ke rongga mulut. Satuan Pengamanan (Satpam) merupakan kumpulan pekerja yang paling sering terpapar emisi gas buang kendaraan bermotor di UIN Raden Intan Lampung adalah. Mereka bekerja selama 8 jam perhari dan selalu berhadapan dengan kendaraan bermotor, serta jarang menggunakan masker/ penutup hidung dan mulut saat bekerja. Selain itu, para satpam juga sebagian besar merokok.

Paparan terus menerus akan menyebabkan emisi gas buang dan asap rokok tersebut mengendap di rongga mulut sehingga mengakibatkan perubahan DNA. Sehingga dalam siklus sel pada fase antara metafase dan anafase, fragmen atau keseluruhan kromosom gagal tertarik ke kutub oleh benang spindel dan tetap mengalami proses pembentukan membran inti pada fase telofase sehingga mikronukleus terbentuk terpisah sempurna dari inti sel yang sesungguhnya (nukleus). Mikronukleus adalah suatu massa dengan struktur seperti nukleus namun berukuran kecil yang berada di dalam sitoplasma dan tampak secara mikroskopik.

Uji mikronukleus diperlukan untuk melihat apakah di mukosa rongga mulut satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung sudah terbentuk atau belum agar bisa diberikan pencegahan dini supaya menghindari penyakit yang

berhubungan dengan rongga mulut. Uraian diatas merupakan landasan bagi peneliti untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh paparan emisi gas buang terhadap pembentukan mikronukleus pada rongga mulut Satuan Pengamanan (Satpam) Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

#### **K. Hipotesis Penelitian**

Hipotesis penelitian ini adalah paparan emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok berpengaruh terhadap pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut satpam UIN Raden Intan Lampung.

#### **L. Hipotesis Statistika**

Hipotesis statistika dari penelitian ini adalah:

$H_o$  : Tidak ada pengaruh paparan emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok terhadap pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung.

$H_1$  : Ada pengaruh paparan emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok terhadap pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Agustus 2019 di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan keguruan UIN Raden Intan Lampung.

#### **B. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif. Metode dalam penelitian ini yaitu survei analitik. Survei analitik adalah survei atau penelitian yang mencoba menggali bagaimana dan mengapa fenomena kesehatan itu terjadi. Pendekatan *cross sectional* atau potong silang yang merupakan suatu penelitian untuk mempelajari dinamika korelasi antara faktor-faktor resiko dengan efek, dengan cara pendekatan, observasi, atau pengumpulan data sekaligus pada satu waktu.<sup>1</sup>

#### **C. Variabel Penelitian**

Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel terikat adalah paparan emisi gas buang kendaraan bermotor dan asap rokok.
2. Variabel bebas adalah pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut satuan pengamanan (satpam) UIN Raden Intan Lampung.

---

<sup>1</sup>Soekidjo Notoatmodjo, *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Revisi (Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2014).h. 37-38

#### **D. Populasi, Sampel, Teknik Pengambilan Sampel**

Populasi dalam penelitian adalah seluruh satuan pengamanan (Satpam) UIN Raden Intan Lampung yang berjumlah 53 orang, terdiri dari 50 orang berjenis kelamin laki-laki dan 3 orang berjenis kelamin perempuan. Satpam bekerja selama 8 jam per hari. Jadwal kerja Satuan Pengamanan (Satpam) di UIN Raden Intan Lampung dibagi menjadi tiga shif, yaitu pagi (pukul 08.00-16.00 WIB), sore (pukul 16.00-23.00 WIB), dan malam (pukul 23.00-08.00 WIB).

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*. *Purposive sampling* ialah teknik yang digunakan untuk menentukan sampel dengan pertimbangan tertentu.<sup>2</sup> Dalam penelitian ini sampel yang digunakan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi.

##### 1. Kriteria Inklusi Sampel

- a) Petugas Satuan Pengamanan (Satpam) UIN Raden Intan Lampung
- b) Merokok
- c) Umur rentang 20 sampai dengan 40 tahun
- d) Masa Kerja minimal 3 tahun
- e) Jenis kelamin laki-laki

##### 2. Kriteria Inklusi Kontrol

- a) Petugas Satuan Pengamanan (Satpam) UIN Raden Intan Lampung
- b) Tidak merokok
- c) Umur rentang 20 sampai dengan 40 tahun
- d) Masa Kerja lebih dari 3 tahun

---

<sup>2</sup>Soekidjo Notoatmodjo, *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Revisi (Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2014).h.h. 124.

e) Jenis kelamin laki-laki

### 3. Kriteria Eksklusi

a) Petugas yang tidak mau diperiksa ketika penelitian sedang dilaksanakan

b) Bukan Satpam UIN Raden Intan Lampung

c) Umur kurang dari 20 tahun dan lebih dari 40 tahun

d) Jenis kelamin perempuan.

Setelah peneliti melakukan pra penelitian menggunakan teknik wawancara dengan beberapa pertanyaan didapatkan hasil, sebagai berikut:

1. Satuan Pengamanan (Satpam) yang bekerja lebih dari 3 tahun dan merokok berjumlah = 15 orang
2. Satuan Pengamanan (Satpam) yang bekerja lebih dari 3 tahun dan tidak merokok berjumlah = 9 orang
3. Satuan Pengamanan (Satpam) yang bekerja kurang dari 3 tahun dan merokok berjumlah = 8 orang
4. Satuan Pengamanan (Satpam) yang bekerja kurang dari 3 tahun dan tidak merokok berjumlah = 10 orang
5. Satuan Pengamanan (Satpam) yang bekerja lebih dari 3 tahun, merokok dan umur lebih dari 40 tahun berjumlah = 2 orang
6. Satuan Pengamanan (Satpam) yang bekerja kurang dari 3 tahun dan tidak merokok dan umur lebih dari 40 tahun berjumlah = 1 orang

Dari hasil wawancara di atas yang akan menjadi sampel dalam penelitian ini adalah poin nomor 1 dan nomor 2. Poin nomor 6 tidak digunakan karena

sampel dengan umur lebih dari 40 tahun biasanya telah terjadi kerusakan sel di mukosa rongga mulutnya akibat faktor penuaan yang menyebabkan tidak validnya pengukuran yang akan dilakukan.

#### **E. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop cahaya, pipet tetes, labu ukur, gelas kimia, *Cytobrush*, gelas objek, kertas label, *handscoon*, tisu, masker, alat tulis, dan *handy counter*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mukosa rongga mulut Satuan Pengamanan (satpam), NaCl 0,09%, 5M HCl, metanol dan asam asetat (3:1), larutan Giemsa stain 20%.

#### **F. Prosedur Penelitian**

##### **1. Pembuatan *Ethical Clearance***

Peneliti membuat *Ethical Clearance* di Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

##### **2. Pengisian *Informed Consent***

Peneliti menjelaskan secara lisan mengenai alur atau jalan penelitiannya kepada subjek penelitian (Satpam UIN Raden Intan Lampung) yang telah sesuai kriteria. Subjek penelitian diarahkan untuk melengkapi form informasi data pribadi sebagai bukti kesediaan ikut serta dalam penelitian dan peneliti melakukan wawancara secara lisan untuk mendapatkan sampel.

##### **3. Cara Kerja**

Subjek diarahkan untuk berkumur-kumur dengan air bersih sebanyak 250cc untuk menghilangkan debris atau kotoran yang ada di dalam rongga mulut.

*Cytobrush* diusapkan ke mukosa rongga mulut bagian kanan dengan cara memutar bulu sikat  $360^\circ$  sebanyak 10-15 kali. Hal ini dilakukan supaya mendapatkan jumlah dan sebaran sel yang baik pada gelas objek. Gelas objek diberi kode Ma-PA-01 dan Mi-PP-01. Keterangannya Ma menunjukkan mukosa kanan, Mi menunjukkan mukosa kiri, PA menunjukkan perokok aktif, PP menunjukkan perokok pasif (tidak merokok), 01 menunjukkan angka subjek yang akan diteliti. Sedimen yang ada di *cytobrush* diapuskan ke atas gelas objek secara memutar. Lalu diberi 2 tetes NaCl 0,09%. Fiksasi apusan tersebut dengan larutan metanol: asam asetat (3:1) selama 3 menit, lalu dikeringkan selama 10 menit. Pewarnaan menggunakan giemsa stain 20%, apusan direndam selama 10 menit, lalu dikeringkan selama 10-15 menit. Kemudian preparat apusan tersebut dibersihkan menggunakan aquades.

Amati preparat apusan tersebut dibawah mikroskop dengan perbesaran 100x. Sel mikronukleus yang teramati dihitung menggunakan *handy counter*. Perhitungan satu lapang pandang per 1000 sel dibawah mikroskop cahaya. Perhitungan tersebut dengan melihat pada sudut atas kanan kiri tengah dan sudut bawah kanan kiri preparat apusan.

a. Parameter yang harus dipenuhi:

- 1) Sitoplasma sel masih utuh dan posisi sel dalam gelas objek relatif datar.
- 2) Sel yang diamati sedikit atau tidak menumpuk dengan sel disebelahnya.
- 3) Nukleus normal dan utuh.

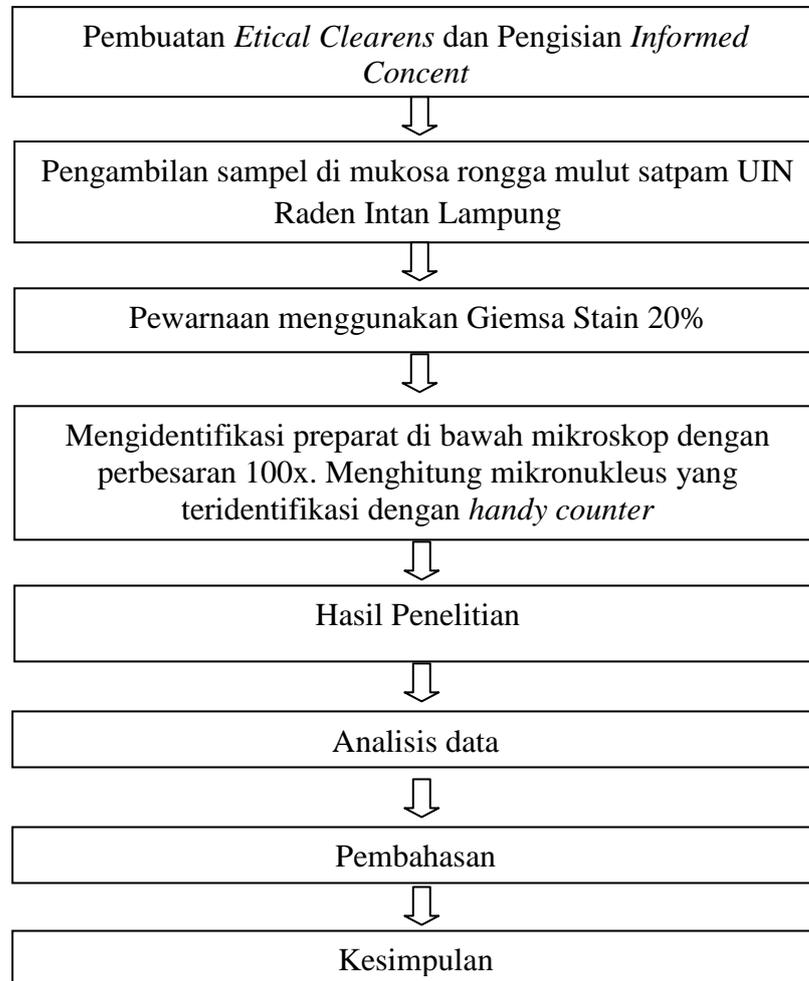
- 4) Preparat mengandung debris sedikit atau tidak sama sekali.
- b. Kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi mikronukleus pada sel, antara lain:
- 1) Nukleus bulat dan halus.
  - 2) Ukurannya kurang dari sepertiga nukleus tetapi cukup besar untuk dilihat baik bentuk dan warnanya.
  - 3) Intensitas warna dan tekstur mirip dengan nukleus.
  - 4) Inti sel tidak bertumpuk dan seolah memiliki jembatan dengan nukleus.

#### **G. Analisis Data**

Data di uji normalitas dengan Shapiro Wilk, lalu di uji homogenitas. Distribusi datanya homogen dan normal, dilakukan analisis statistik parametrik Uji T independen. Nilai Kemaknaan atau signifikansi uji ini apabila nilai  $p < 0,05$  (tingkat kepercayaan 95%). Semua analisis statistik tersebut dilakukan dengan menggunakan program komputer SPSS.

## H. Alur Kerja Penelitian

Alur kerja penelitian ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.1 Alur Kerja Penelitian**

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Gambaran Tempat Penelitian**

Tempat pengambilan sampel berada di lingkungan UIN Raden Intan Lampung. Satuan Pengamanan (Satpam) bekerja selama 8 jam/hari. Mereka memiliki 5 pos yang tersebar di dalam dan luar kampus. Pos pertama berada di gerbang utama kampus UIN, pos kedua berada di gerbang samping I (terletak disebelah selatan gerbang UIN), pos ketiga berada di gerbang samping II (terletak disebelah timur laut gerbang UIN), pos keempat berada di gerbang belakang (terletak disebelah timur gerbang UIN) dan pos kelima berada di kediaman rektor UIN. Sampel mukosa rongga mulut satpam diambil saat mereka bekerja di pos-pos tersebut menyesuaikan dengan jadwal kerja.

#### **B. Karakteristik dan Distribusi Responden**

Responden yang digunakan diambil secara *purposive sampling* dan didapatkan dua puluh empat orang. 15 orang diantaranya sebagai sampel, tetapi 1 orang mengundurkan diri sebagai responden sehingga tersisa 14 orang. Sedangkan untuk kelompok kontrol berjumlah 9 orang. Kriteria responden yang dipilih yaitu berjenis kelamin laki-laki yang bekerja sebagai satpam, sedangkan satpam perempuan tidak dijadikan responden karena mereka hanya bekerja di dalam ruangan. Usia responden berkisar antara 20-39 tahun pada kelompok sampel maupun kelompok kontrol. Seluruh responden memiliki lama masa kerja minimal 3 tahun.

### C. Frekuensi Mikronukleus

Mikronukleus diamati minimal dari lima lapang pandang yang mencakup 1000 sel. Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa mikronukleus tidak hanya ditemukan pada kelompok sampel saja, melainkan pada kelompok kontrol juga. Jumlah rerata mikronukleus dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut:

**Tabel 4.1**  
**Jumlah Mikronukleus**

No.	Kriteria	n	Rata-rata (Mikronukleus/ 1000 sel)	Nilai signifikansi	Ket.
1	Merokok/tidak				
	a. Sampel	14	19,36	0,00	BN
	b. Kontrol	9	6,89	0,00	BN
2	Jumlah rokok				
	a. >5 batang	7	23,57	0,01	BN
	b. <5 batang	7	15,14	0,01	BN
3	Lama kerja (Sampel)	6	14,67	0,002	BN
	a. 3 tahun	8	22,88	0,002	BN
	b. 7 tahun				
4	Lama kerja (Kontrol)	4	5,50	0,001	BN
	a. 3 tahun	5	8,00	0,001	BN
	b. 7 tahun				

Sumber : Data terolah

Keterangan : BN (Beda Nyata)

Peneliti melakukan perhitungan terhadap kadar benzena yang ada di UIN, didapatkan hasil sebesar 25 ppm lebih tinggi di atas Standar Nasional Indonesia sebesar 10 ppm.<sup>1</sup> Berdasarkan hasil penelitian data di uji normalitas (*Shapiro-Wilk*) didapatkan bahwa nilai signifikan 0,120 ( $p > 0,05$ ) yang berarti data penelitian ini berdistribusi normal, kemudian data di uji homogenitas (*Levene's test*) didapatkan nilai signifikan 0,055 ( $p > 0,05$ ) yang berarti data homogen. Ketika

<sup>1</sup> Standar Nasional Indonesia, 'Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia Di Udara Tempat Kerja', 2005. h. 4

data berdistribusi normal dan homogen maka akan dilanjutkan ke uji-t independen.

Hasil penelitian di analisis menggunakan uji-t independen. Subjek penelitian yang merokok sebanyak 14 orang, didapatkan rata-rata jumlah mikronukleusnya sebesar 19,36/ 1000 sel. Sedangkan subjek yang tidak merokok sebanyak 9 orang, memiliki rata-rata 6,89 mikronukleus/ 1000 sel. Sampel yang memiliki intensitas merokok (>5) batang sebanyak 7 orang didapatkan nilai rata-rata mikronukleus sebesar 23,57/ 1000 sel; dan sampel yang merokok kurang dari lima (<5) batang perhari sebanyak 7 orang dengan rata-rata sebesar 15,14/ 1000 sel. Selain paparan emisi gas buang dan merokok atau tidaknya responden, ada hal lain yang di perlu dilihat pengaruhnya terhadap pembentukan mikronukleus yaitu lama masa kerja. Sampel yang bekerja 3 tahun sebanyak 6 orang, didapatkan rata-rata mikronukleus sebesar 14,67 mikronukleus/ 1000 sel, lebih kecil dibandingkan dengan sampel yang bekerja selama 7 tahun yaitu rata-rata 22,88 mikronukleus/ 1000 sel. Responden yang menjadi kontrol penelitian pun dilihat masa kerjanya. Responden yang bekerja selama 7 tahun lebih besar rata-rata mikronukleus dibandingkan dengan yang bekerja 3 tahun yaitu masing-masing 8,00/ 1000 sel dan 5,50/ 1000 sel.

#### **D. Pembahasan**

Beban emisi gas buang kendaraan yang didapatkan dari hasil perhitungan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nurmasari dari UIN Raden Intan Lampung. Beban emisi CO sebesar 1,07; HC sebesar 3,75; SO<sub>2</sub> sebesar 2,91; dan

NO<sub>x</sub> sebesar 6,3.<sup>2</sup> Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) sesuai dengan keputusan pemerintah lingkungan hidup No. 45 tahun 1997<sup>3</sup>, situasi beban emisi gas buang di lingkungan UIN Raden Intan Lampung tergolong “baik” dengan penjelasan tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika. Hal ini selaras dengan penelitian M. Umar Wakhid yang mengkaji dampak emisi gas buang kendaraan bermotor di UIN Raden Intan Lampung.<sup>4</sup> Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa ruang terbuka hijau yang ada di UIN pada saat itu masih mampu menyerap hasil emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor.

Pohon-pohon yang ada di UIN Raden Intan Lampung sangat banyak dan beraneka ragam sehingga mampu menangkap emisi gas buang yang berterbangan di lingkungan kampus. Disekitaran kampus pun banyak resapan air yang sering disebut “embung”, irigasi yang dialiri air dengan lancar membuat lingkungan menjadi asri dan sejuk. Hal ini yang membuat UIN Raden Intan Lampung dinobatkan sebagai kampus paling hijau ranking ke-18 dari 56 PTN di Indonesia dan ranking 1 di lingkungan PTKIN (berdasarkan penilaian *UI Green Metric* 2018). Green campus mengandung arti kampus yang dikelola dengan komitmen dan tindakan pada penghijauan dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa UIN Lampung memang pantas mendapatkan penghargaan tersebut. Allah berfirman dalam surah An-Naml ayat 60 yang berbunyi:

---

<sup>2</sup> Nurmasari, *Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Ukuran Dan Kerapatan Trikoma Tectona Grandis Linn. Sebagai Tanaman Pelindung Jalan* (BAndar Lampung, 2018).

<sup>3</sup> Menteri Negara Lingkungan Hidup, ‘Indeks Standar Pencemar Udara’, 1997, H. 46.

<sup>4</sup> Muhammad Umar Wakhid, ‘Analisis Dampak Emisis Gas Buang Lendaraan Bermotor CO Di UIN Raden Intan Lasmpung’, *UIN Raden Intan Lampung*, 2018. h. 8

أَمْ مَنْ خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ لَكُمْ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا بِهِ حَدَائِقَ ذَاتَ بَهْجَةٍ مَا كَانَ لَكُمْ أَنْ تُنْبِتُوا شَجَرَهَا أَلَمْ يَكُنْ اللَّهُ بِكُمْ قَوْمًا يَعْدِلُونَ ٦٠

Artinya: “Atau siapakah yang telah menciptakan langit dan bumi dan yang menurunkan air untukmu dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu kebun-kebun yang berpemandangan indah, yang kamu sekali-kali tidak mampu menumbuhkan pohon-pohonnya? Apakah disamping Allah ada tuhan (yang lain)? Bahkan (sebenarnya) mereka adalah orang-orang yang menyimpang (dari kebenaran)”.<sup>5</sup>

Ayat tersebut menjelaskan bahwa siapakah yang telah menghasilkan langit dan bumi tanpa ada contoh dan menurunkan air sehingga terciptalah kebun-kebun dengan pemandangan yang indah dan manusia tidak bisa menumbuhkan pohon-pohon karena kelemahan manusia atas hal itu, Allah yang menciptakan semuanya. Seharusnya pohon-pohon yang indah itu kita jaga, tidak boleh ditebang sembarangan. Tetapi, meningkatnya jumlah mahasiswa selaras dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. Hal itu tidak diiringi dengan ruang terbuka hijau yang justru menurun.

Kendaraan bermotor mempunyai mesin yang digerakkan oleh bahan bakar. Bahan bakar berasal dari fosil yang telah diolah, seperti premium, pertalite, dan pertamax. Nilai oktan (*Research Octane Number/ RON*) dari bahan bakar tersebut yaitu premium sebesar 88, pertalite sebesar 90, dan pertamax sebesar 92. Semakin tinggi nilai oktannya maka semakin baik dampaknya untuk kinerja mesin, dan residu dari sisa pembakaran mesin pun sedikit serta baik untuk lingkungan karena kandungan timbal/ benzena di dalam bahan bakarnya sedikit. Mahasiswa pada umumnya menggunakan bahan bakar berjenis premium karena harganya yang

---

<sup>5</sup> CV Penerbit Diponegoro, *Al-Qur'an Tajwid Dan Terjemahan* (Jawa Barat: Departemen Agama RI, 2010).

terjangkau, tetapi memiliki dampak negatif karena menyebabkan udara tercemar oleh benzena.

Proses pembakaran bahan bakar yang sempurna (jika ada pasokan oksigen yang cukup) akan menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Namun, jika pembakarannya tidak sempurna, maka akan dihasilkan senyawa hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), timbal serta nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) pada kendaraan berbahan bakar bensin. Sedangkan pada kendaraan berbahan bakar solar, gas buangnya mengandung sedikit HC dan CO tetapi lebih banyak mengandung sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ).

Gas CO memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Bahaya gas CO yaitu gas CO daya afinitasnya terhadap hemoglobin lebih kuat dari pada afinitas oksigen, CO akan membentuk ikatan karboksihemoglobin sehingga menghambat distribusi oksigen ke jaringan tubuh. Gas  $\text{SO}_2$  memiliki karakteristik berbau tajam dan tidak mudah terbakar. Bahaya gas CO terhadap manusia yaitu menyebabkan gangguan sistem pernapasan. Gas  $\text{NO}_x$  terdiri atas gas  $\text{NO}_2$  dan NO. NO adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan  $\text{NO}_2$  adalah gas yang berwarna kemerahan dan beraroma tajam. Apabila terhirup akan menyebabkan gangguan syaraf. Gas HC memiliki karakteristik berwarna kehitaman dan beraroma cukup tajam. Bahaya gas ini yaitu saat HC bereaksi dengan bahan lain akan membentuk ikatan baru yang disebut *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH) yang dapat menyebabkan paru-paru terluka dan merangsang terbentuknya sel kanker.

Emisi gas buang kendaraan (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, dan HC) bila dilihat dari ISPU masih dalam keadaan baik sehingga tidak berpengaruh terhadap pembentukan mikronukleus. Tetapi setelah dihitung ternyata kadar emisi gas buang berupa “benzena” di kampus sebesar 25 ppm (*parts per million*). Sedangkan baku mutu menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) pajanan benzena di lingkungan yaitu 10 ppm. Jadi kadar benzena di kampus UIN Raden Intan Lampung lebih tinggi di atas ambang batas yang telah ditentukan. Benzena yang ada di kampus berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor yang terakumulasi menjadi PAH. Sumber pajanan benzena lainnya adalah rokok. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat bahwa setengah dari konsentrasi benzena di udara berasal dari asap rokok, dimana rata-rata perokok yang menghabiskan 32 batang rokok perhari memiliki kontribusi benzena sekitar 1,9 mg perhari. Konsentrasi benzena di suatu ruang merupakan faktor yang mempengaruhi pajanan benzena tersebut. Semakin tinggi konsentrasi benzena maka akan semakin tinggi pula kemungkinan pajanan benzena bagi penghuni lingkungan tersebut.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Betty Susilowati menyatakan bahwa sebenarnya dalam pembentukan sel kanker yang paling bahaya adalah senyawa benzena yang terkandung didalam bensin dan rokok. Benzena dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui tiga jalur yaitu inhalasi, ingesti, dan absorpsi kulit. Jalur pajanan utama benzene ke dalam tubuh adalah melalui inhalasi dalam bentuk uap lalu akan diabsorpsi melalui paru-paru. Ketika seseorang menghirup benzene maka sekitar 40-50 % dari keseluruhan jumlah benzene yang terhirup akan masuk kedalam saluran pernapasan kemudian masuk

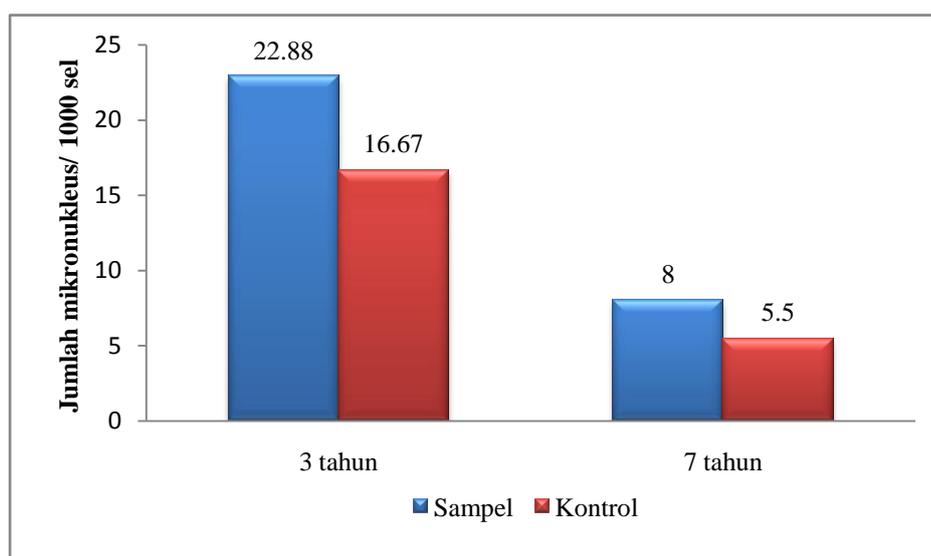
ke dalam aliran darah. Namun apabila benzene yang terhirup tidak segera dikeluarkan melalui ekskresi maka benzene akan diabsorpsi ke dalam darah. Benzene akan larut dalam cairan tubuh dalam konsentrasi sangat rendah sehingga akan cepat terakumulasi dalam jaringan lemak karena kelarutannya yang tinggi dalam lemak. Uap benzene mudah diabsorpsi oleh darah dimana sebelumnya diabsorpsi dengan baik oleh jaringan lemak.

Benzene juga diabsorpsi melalui kulit selama kontak dengan sumber pajanan benzene. Benzene juga masuk ke dalam tubuh melalui ingesti. Ketika seseorang terpajan benzene secara ingesti yaitu tertelan maka sebagian besar akan masuk ke dalam sistem pencernaan lalu akan masuk ke dalam jaringan darah. Benzene yang telah masuk ke dalam jaringan darah akan beredar ke seluruh tubuh dan disimpan sementara dalam sumsum tulang dan lemak kemudian akan dikonversi menjadi produk metabolisme dalam hati dan sumsum tulang. Benzene memiliki sifat lipofilik maka distribusi terbesar adalah di jaringan lemak. Hasil metabolisme benzene yang diproduksi di hati akan dibawa ke sumsum tulang dalam bentuk produk metabolit (bahan yang dihasilkan secara langsung oleh reaksi biotransformasi). Biotransformasi benzene dalam tubuh manusia berupa metabolit akhir yaitu fenol yang diekskresikan melalui urine. Eliminasi benzene berlangsung melalui jalur ekskresi dan ekshalasi di dalam tubuh. Hasil ekshalasi benzene ke udara bebas dalam bentuk yang tidak berubah.

Target utama pajanan benzene pada manusia adalah sumsum tulang belakang. Benzene dapat mengakibatkan sumsum tulang belakang terganggu sehingga akan berakibat pada proses pembuatan sel darah yang pada akhirnya

menyebabkan dampak kesehatan akibat tidak normalnya sel darah pada manusia. Efek toksik pada sumsum tulang ini terjadi secara laten dan sering irreversibel. Hal ini mungkin disebabkan oleh metabolit benzena epoksida yang akan menimbulkan kerusakan genetik dari DNA pada perkembangan tunas tunas sel dalam tulang rawan, meningkatkan pertumbuhan myeloblast (precursor sel-sel darah putih) dan penurunan jumlah hitung sel darah merah dan platelet. Jumlah hitung platelet normal mendekati 250000 dengan range dari 140000 sampai 400000. Apabila jumlah hitung diluar kisaran ini merupakan bukti akibat toksik dari benzena. Benzene dapat menimbulkan kelainan sitogenik di dalam sumsum tulang yang akan berlanjut dengan terjadinya mutasi gen dengan mutasi somatik yang kemudian akan menyebabkan kanker leukimia.

Setiap satpam memiliki lama masa kerja yang berbeda-beda dapat di lihat pada grafik berikut:



**Grafik 4.1**  
**Jumlah Rerata Mikronukleus Berdasarkan Lama Masa Kerja**

Grafik di atas menunjukkan bahwa frekuensi pembentukan mikronukleus pada responden kelompok sampel maupun kelompok kontrol dengan masa kerja 7 tahun lebih tinggi dibandingkan dengan masa kerjanya 3 tahun. Semakin lama masa kerja responden maka akan semakin terpapar dengan emisi gas buang. Hal ini selaras dengan penelitian Ayu Kusuma Dewi yang mendapatkan hasil bahwa semakin lama masa kerja maka pembentukan mikronukleus semakin tinggi dengan kekuatan korelasi yang bermakna.<sup>6</sup> Selain itu, hasil penelitian Pandega Gama Mahardika menyatakan bahwa substansi genotoksik emisi gas buang yang terhirup secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama, mampu menimbulkan kerusakan inti sel dan dapat bermanifestasi sebagai mikronukleus.<sup>7</sup> Ita Yuniati dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa semakin lama seseorang terpajan bahan/ gas berbahaya secara terus menerus maka akan semakin besar juga konsentrasi gas berbahaya (benzena) tersebut di dalam tubuh seseorang.<sup>8</sup> Jadi, walaupun emisi gas buang berupa HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, berdasarkan ISPU keadaan lingkungan UIN Raden Intan Lampung masih dalam kategori “baik”, tetapi karena satpam setiap hari terpapar juga dengan benzena, maka mereka akan tetap mengalami kerusakan DNA sehingga terbentuk mikronukleus.

Responden penelitian ini selain terpapar emisi gas buang kendaraan juga terbagi menjadi dua, yaitu kelompok sampel untuk responden yang merokok dan

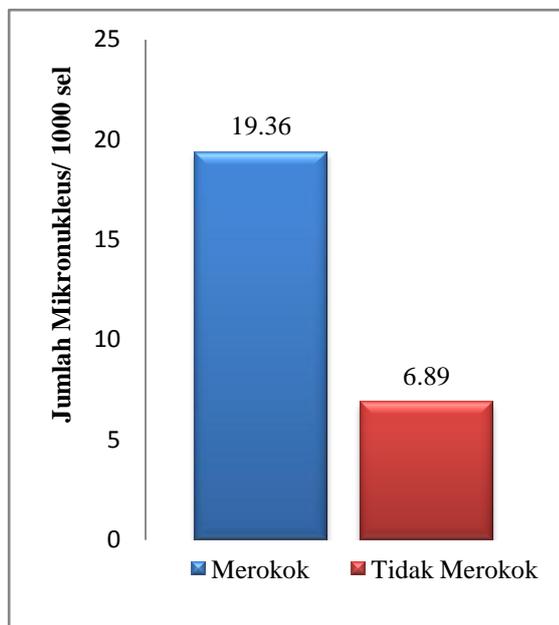
---

<sup>6</sup> Ayu Kusuma Dewi, ‘Pengaruh Paparan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Asap Rokok Terhadap Pembentukan Mikronukleus Di Mukosa Rongga Mulut Petugas Parkir’, *Jurnal Media Medika Muda*, 2013. h. 5

<sup>7</sup> Pandega Gama Mahardika, ‘Pengaruh Paparan Emisi Terhadap Frekuensi Pembentukan Mikronukleus Di Mukosa Rongga Mulut’, 2012.

<sup>8</sup> Ita Yuniati, ‘Hubungan Praktik Kerja, Paparan Benzena Dan Kebiasaan Merokok Dengan Konsentrasi Benzena Dalam Urin ( Studi Pada Pekerja Bengkel Di Kecamatan Tembalang Semarang)’ (Universitas muhammadiyah Semarang, 2016). h. 69

kelompok kontrol untuk responden yang tidak merokok/ perokok pasif. Rerata mikronukleus kedua kelompok dapat dilihat pada grafik berikut:



**Grafik 4.2**  
**Jumlah Rerata Mikronukleus**  
**Pada Responden yang Merokok Dan Tidak Merokok**

Berdasarkan grafik, kelompok sampel mendapatkan rerata mikronukleus lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa merokok berpengaruh terhadap pembentukan mikronukleus. Sejalan dengan penelitian Nina Holland yang menyatakan bahwa perokok memiliki resiko peningkatan jumlah mikronukleus 5,5 kali lipat dibandingkan dengan perokok pasif.<sup>9</sup> Penelitian lain yang dilakukan oleh Dr. Vandana Gangadharan dari India

---

<sup>9</sup>Nina Holland and others, 'The Micronucleus Assay In Human Buccal Cells As A Tool For Biomonitoring DNA Damage: The HUMN Project Perspective On Current Status And Knowledge Gaps', *Mutation Research / Reviews in Mutation Research*, 659 (2008) <<https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2008.03.007>>. h. 16

pun menyatakan hal yang sama bahwa semakin lama intensitas seseorang merokok maka jumlah mikronukleusnya pun akan bertambah.<sup>10</sup>

Rokok merupakan hasil olahan daun tembakau yang dikonsumsi dengan cara dibakar pada ujung satu kemudian dihisap melalui rongga mulut pada ujung lainnya. Pembakaran tembakau pada rokok menghasilkan dua jenis asap yaitu, *mainstream smoke* yang dihisap perokok aktif dan *sidestream smoke* yang dihisap perokok pasif. *Mainstream smoke* mengandung 4000 jenis bahan kimia dengan lebih dari 250 bahan berbahaya untuk tubuh dan terbagi menjadi 2 fase : fase partikel dan fase gas. Fase partikel mengandung nikotin, nitrosamine, N nitrosonorktokin, poliskiklik hidrokarbon, logam berat dan karsinogenik. Sedangkan fase yang dapat menguap atau seperti gas adalah karbonmonoksida, karbondioksida, benzena, amonia, formaldehid, hidrosianida dan lain-lain.

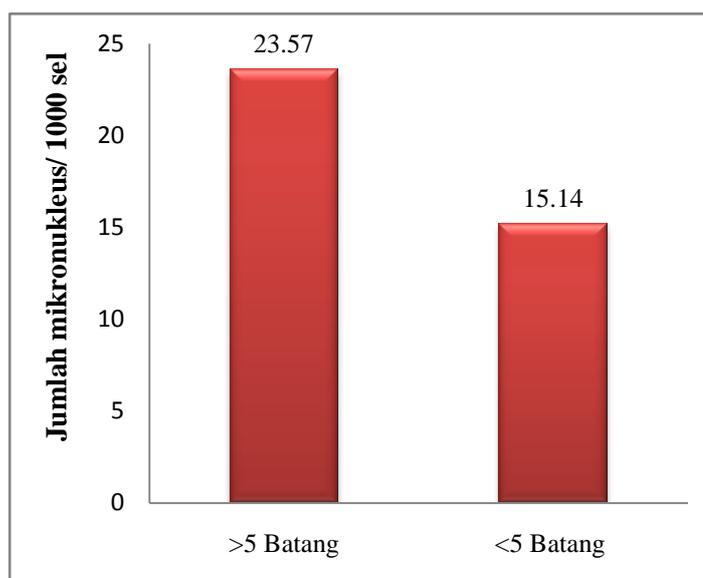
Bahan komposisi rokok yang bersifat genotoksik seperti nikotin, timbal, CO, dan tar. Nikotin yang masuk ke dalam aliran darah akan meningkatkan denyut jantung dan tekanan darah, merangsang pertumbuhan abnormal dari sel endotel, serta menyebabkan kerusakan pada mikrovaskuler. Timbal yang terhirup masuk kedalam sel akan menghambat sistem perbaikan DNA seperti, polymerase dan ligase. CO mempunyai dampak yang berbahaya bagi tubuh, sama seperti CO yang terkandung di dalam emisi gas buang. CO akan berikatan dengan Hb. Selanjutnya yaitu tar mengandung PAH (Polisiklik Aromatik Hidrikarbo) yang terbentuk dari pembakaran tidak sempurna senyawa hidrokarbon. PAH ditemukan dalam rokok karna pembakaran dalam rokok mencapai suhu 500-700<sup>0</sup>C.

---

<sup>10</sup>Vandana Gangadharan, K V Murali Mohan, and Ms U Adilakshmi, 'Evaluation of Micronuclei in Buccal Mucosa – Comparing Smokers And Non Smokers', *Journal of Dental and Medical Sciences*, 15.9 (2016) <<https://doi.org/10.9790/0853-1509130812>>. h. 10

Asap rokok mengandung nikotin, timbal, dan CO yang di hisap dan dihembuskan oleh perokok aktif (*mainstream smoke*), akan yang dihisap pula oleh perokok pasif (*sidestream smoke*) yang ada disekitarnya. Oleh karena itu, perokok pasif pun akan terkena dampak bahaya dari bahan yang terkandung dalam rokok tersebut. Hal itu yang menjadi salah satu penyebab terbentuknya mikronukleus di dalam mukosa rongga mulut kelompok kontrol.

Kelompok sampel yang merokok dibagi menjadi dua yaitu, merokok lebih dari lima (>5) batang perhari dan kurang dari lima (<5) batang perhari. Berikut ini grafiknya:



**Grafik 4.3**  
**Jumlah Rerata Mikronukleus Berdasarkan Intensitas Merokok**

Berdasarkan grafik responden yang merokok lebih dari lima batang/ hari mempunyai rerata mikronukleus lebih tinggi dibandingkan dengan responden yang merokok kurang dari lima batang/ hari. Jadi, semakin banyak rokok yang dikonsumsi per hari maka frekuensi jumlah mikronukleus yang terbentuk pun akan semakin tinggi. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh

Dr. Vandana<sup>11</sup> yang menyatakan bahwa peningkatan frekuensi mikronukleus lebih tinggi ditunjukkan oleh kelompok yang merokok lebih dari enam (>6) batang perhari.

Penelitian ini selain melihat pengaruh dari sisi emisi gas buang kendaraan bermotor, merokok atau tidak dan lama masa kerja, usia pun dipertimbangkan. Usia dalam penelitian ini disamakan dengan mengambil sampel yang berusia rentang 20-40 tahun. Hal ini dilakukan karena dikhawatirkan sampel dengan usia di atas 40 tahun akan mengalami kerusakan sel rongga mulut karena faktor penuaan dan degenerasi sehingga pengukuran menjadi tidak valid. Sedangkan sampel dengan usia dibawah 20 tahun dianggap belum lama masa kerjanya sehingga paparan substansi genotoksik yang dialaminya belum cukup menimbulkan perubahan DNA secara signifikan.

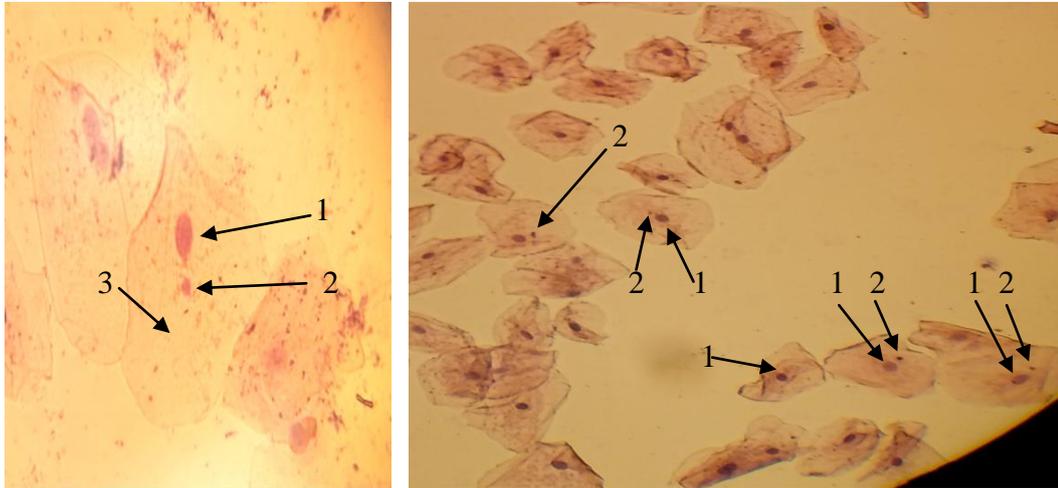
#### **E. Hubungan Bahan Genotoksik dan Mikronukleus**

Berdasarkan pengamatan dengan perbesaran 100x di bawah mikroskop pada preparat hasil *smear* mukosa rongga mulut yang telah diberi pewarna giemsa. Didapatkan gambaran mikronukleus yang mirip dengan nukleus, ukurannya 1/6-1/3 diameter nukleus. Tapi cukup besar untuk dilihat baik bentuk dan warnanya, intensitas warna, dan tekstur mirip dengan nukleus, tidak menyatu dengan nukleus, dan tidak bertumpuk serta tidak ada jembatan dengan nukleus, seperti pada gambar sebagai berikut:

---

<sup>11</sup> Gangadharan, Mohan, and Adilakshmi. h. 10

**Gambar 4.1**  
**Sel yang Terdapat Mikronukleus**



Sumber : Dokumen Pribadi  
 Keterangan : 1. Nukleus  
 2. Mikronukleus  
 3. Sitoplasma

Mikronukleus merupakan suatu massa dengan struktur seperti nukleus namun berukuran lebih kecil yang berada di dalam sitoplasma. Mikronukleus bisa terbentuk di dalam eritrosit, limfosit, dan terkelupasnya sel epitel (mulut, hidung, dan urothelial). Penelitian ini menggunakan sel mukosa rongga mulut yang terkelupas sebagai spesimen. Rongga mulut merupakan tempat pertama untuk jalur inhalasi atau menelan dan mampu memetabolisme karsinogen yang masuk. Sekitar 90% kanker manusia berasal dari sel epitel. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa sel-sel epitel mulut merupakan situs target yang lebih disukai oleh bahan genotoksik dan karsinogen yang memasuki tubuh melalui inhalasi atau menelan.

Genotoksik dibagi menjadi beberapa tipe yaitu mutasi gen, *clastogenic*, perubahan genom dan *unclassified type*. Genotoksisitas tipe mutasi gen adalah

genotoksik yang tidak menimbulkan kerusakan pada rantai DNA tetapi menimbulkan perubahan susunan dari urutan basa nitrogen. *Clastogenic* adalah genotoksik tingkat kromosom dimana bisa terjadi putusnya rantai kromosom, atau pertukaran lengan kromatid yang dapat menunjukkan gambaran mikronukleus, *binucleated cell*, *nuclear budd* dan sebagainya. Genotoksik tipe perubahan genom adalahn genotoksik yang mengakibatkan perubahan seluruh kromosom dalam satu sel seperti terjadinya aneuploidi dan poliploidi.

Benzena dan senyawa genoksik lainnya yang dihasilkan dari sisa pembakaran yang tidak sempurna dapat mengakibatkan kerusakan pada DNA. Secara garis besar mekanisme perusakan DNA oleh senyawa genotoksik dibagi menjadi efek kerusakan langsung dan tidak langsung. Pada efek perusakan langsung, senyawa genotoksik biasanya bersifat elektrofilik dimana senyawa tersebut dapat terikat langsung dengan senyawa nukleofilik seperti DNA dan dapat mengakibatkan putusnya rantai DNA, pengubahan basa DNA, *intercalation*, atau *cross linkage*.

Senyawa genotoksik tidak langsung membutuhkan proses secara kimia atau enzimatik untuk dapat bertindak sebagai senyawa perusak DNA. Senyawa genotoksik jenis ini biasanya lebih bersifat lipofilik sehingga memerlukan pengubahan lebih lanjut agar bersifat larut air. Dalam proses konversi tersebut terdapat efek samping yaitu terbentuknya senyawa elektrofilik yang mampu merusak rantai DNA seperti halnya senyawa genotoksik langsung. Timbal dan PAH termasuk dalam jenis senyawa genotoksik tidak langsung.

Apabila DNA mengalami suatu kerusakan, akan muncul mekanisme yang disebut *repair mechanism* (mekanisme perbaikan). Mekanisme perbaikan yang paling utama adalah dengan mekanisme eksisi. Pada tahap awal adalah endonuklease dimana DNA yang rusak akan dipotong kemudian disusul tahap berikutnya yaitu eksonuklease atau penghilangan DNA rusak yang telah dipotong pada tahap endonuklease. Setelah itu rantai DNA disusun kembali melalui proses polymerase yang kemudian rantai-rantai tersebut disambungkan dengan proses ligase. Benzena berperan cukup signifikan dalam menghambat proses perbaikan DNA sehingga akan menimbulkan kerusakan DNA yang kemudian dapat diekspresikan dalam bentuk mikronukleus.

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa benzena dan timbal mampu merusak DNA secara tidak langsung melalui dua mekanisme mendasar, yaitu timbal mampu merangsang pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) seperti hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), superoksida radikal ( $O_2^-$ ), atau bentuk yang paling berbahaya yaitu radikal hidroksil (OH) dan melalui mekanisme pengurangan jumlah antioksidan alami seperti glutathion.

Benzena mampu berikatan dengan kompleks sulfhidril dari glutathion dan menyebabkan tidak berfungsinya enzim tersebut. Glutathion sendiri adalah molekul berbau dasar asam amino sistein yang berfungsi dalam metabolisme senyawa radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh. Apabila glutathion ini banyak diinaktifasi, senyawa radikal bebas akan meningkat jumlahnya dalam tubuh. Senyawa radikal yang meningkat inilah yang mampu menyebabkan kerusakan pada rantai DNA.

Benzena juga dapat berikatan dengan senyawa lain yang mempunyai kompleks sulfhidril seperti *aminolevulinic acid dehydrogenase* (ALAD) dimana enzim tersebut berperan dalam pembentukan hemoglobin. *Aminolevulinic acid dehydrogenase* adalah enzim yang berfungsi mengubah *delta-aminolevulinic acid* (ALA) menjadi *prophobilinogen* yang menjadi bahan dasar pembentukan hem. Apabila ALAD diikat oleh timbal maka jumlah ALA akan terakumulasi karena tidak dapat diubah menjadi *prophobilinogen*. *Delta-aminolevulinic acid* yang menumpuk inilah yang kemudian dapat merangsang pembentukan ROS di membran sel. Seperti telah dijelaskan di atas, ROS dapat mengakibatkan kerusakan DNA secara langsung.

Teori lain menyebutkan bahwa mekanisme pembentukan mikronukleus dimulai dengan bahan yang bersifat mutagen bersifat toksik untuk gen (genotoksik) dan akan menyebabkan mutasi genetik yang dapat mendasari berbagai macam penyakit, termasuk kanker (karsinogen). Mutasi yang luas dapat menyebabkan patah kromosom, dan mutagen yang menyebabkan patah kromosom disebut sebagai klastogen. Bagian kromosom yang patah pada fase anaphase tersebut dapat bergabung dengan nukleus utama nantinya pada fase telofase, namun dapat pula membentuk nukleus sekunder yang lebih kecil. Nukleus sekunder yang lebih kecil ini disebut mikronukleus. Saat sel normal membelah, maka kromosom yang telah membelah akan tertarik oleh benang spindel yang melekat di sentromer ke kedua kutub sel. Bila kromosom patah, maka patahannya itu tidak memiliki sentromer dan saat kromosom tertarik ke kedua kutub sel, patahan kromosom tidak ikut. Kemudian, saat membran inti

terbentuk maka patahan kromosom akan berada di luar inti, karena inti terbentuk di daerah kromosom berkumpul jauh dari patahan kromosom tadi.

Berdasarkan hasil penelitian dan teori penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa paparan emisi gas buang kendaraan, khususnya benzena dalam jangka waktu yang lama dan paparan asap rokok dapat menyebabkan kerusakan gen/ kromosom yang diekspresikan dengan terbentuknya mikronukleus. Jadi di perlukan solusi untuk mengurangi atau menetralsir dampak dari benzena, salah satunya dengan rutin meminum susu segar atau susu UHT.

Allah SWT berfirman dalam surah Ar-Rad ayat 11 yang berbunyi:

... إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۗ ۝۱۱

Artinya: “*Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.*<sup>12</sup>”

Ayat di atas mengisyaratkan kepada manusia apabila telah terjadi kerusakan maka hendaknya kita sebagai manusia merubahnya atau mencari solusi dari permasalahan tersebut maka Allah akan menolong kita supaya lebih baik lagi. Konsumsi susu merupakan salah satu upaya manusia agar bahaya dari zat genotoksik dalam emisi dan rokok dapat berkurang atau bahkan bisa hilang dengan izin Allah SWT.

Susu mengandung 80% protein kasein, berupa partikel kalsium. Kasein merupakan gelatin dalam bentuk koloid. Hubungannya dengan zat genotoksik adalah ketika benzena terhirup oleh tubuh dan masuk ke dalam paru-paru kemudian mengalir di aliran darah, kasein berfungsi untuk menggumpalkan atau mengikat benzena. Kasein mempercepat pengeluaran benzena dari darah.

---

<sup>12</sup> Diponegoro.

Sehingga benzena tersebut dapat masuk ke dalam organ hati untuk didetoksifikasi dan dibuang dalam kisaran 48 jam melalui urine.

## F. Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar

Pendidikan merupakan bagian penting dari kehidupan yang sekaligus membedakan manusia dengan makhluk lainnya. Hewan juga “belajar” tetapi lebih ditentukan oleh instinknya, sedangkan manusia belajar berarti rangkaian kegiatan menuju pendewasaan guna menuju kehidupan yang lebih berarti. Jadi pendidikan merupakan usaha manusia untuk meningkatkan ilmu pengetahuan yang di dapat baik dari lembaga formal maupun informal dalam membantu proses transformasi sehingga dapat mencapai kualitas yang diharapkan.<sup>13</sup> Pendidikan adalah bidang yang memfokuskan kegiatannya pada proses belajar mengajar (transfer ilmu). Dalam poroses tersebut, ranah psikologi sangat diperlukan untuk memahami keadaan pendidik dan pseserta didik. Oleh karenanya, jika menelaah literatur psikologi, kita akan menemukan banyak teori belajar yang bersumber dari aliran-aliran psikologi.<sup>14</sup> Allah SWT berfirman dalam surah Al-Mujadalah ayat 11 yang berbunyi:

يٰۤاَيُّهَا الَّذِيْنَ ءَامَنُوْا اِذَا قِيْلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوْا فِى الْمَجْلِسِ فَلْفَسَّحُوْا يَفْسَحِ اللّٰهُ لَكُمْ وَاِذَا قِيْلَ اَنْشُرُوْا فَلَنْشُرُوْا يَرْفَعِ اللّٰهُ الَّذِيْنَ ءَامَنُوْا مِنْكُمْ وَالَّذِيْنَ اٰوْتُوْا الْعِلْمَ دَرَجٰتٍ وَاللّٰهُ بِمَا تَعْمَلُوْنَ خَبِيْرٌ ۙ ۱۱

*Artinya: Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan."<sup>15</sup>*

<sup>13</sup>Chairul Anwar, *Hakikat Manusia Dalam Pendidikan: Sebuah Tinjauan Filosofis* (Yogyakarta: SUKA-Press, 2014). h. 73

<sup>14</sup>Chairul Anwar, *Buku Terlengkap Teori-teori Pendidikan Klasik hingga Kontemporer*. Yogyakarta: IRCiSoD, 2017), h. 13.

<sup>15</sup>Diponegoro.

Allah SWT mewajibkan kita sebagai manusia untuk menuntut ilmu, karena Allah akan memberikan kemudahan. Allah berjanji kepada manusia bahwa jika mereka beriman dan berilmu, maka Allah akan mengangkat derajat mereka lebih tinggi diantara manusia lainnya. Sehingga memiliki ilmu merupakan bagian terpenting dalam diri seorang muslim agar terhindar dari kejahilan.

Biologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup beserta lingkungan hidupnya. Lingkungan hidup merupakan komponen penting yang menyediakan berbagai macam kebutuhan manusia sebagai makhluk hidup, seperti udara. Udara sangat diperlukan oleh manusia dan tumbuhan karena didalamnya terdapat oksigen dan karbondioksida. Tumbuhan memerlukan  $\text{CO}_2$  untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen. Sedangkan manusia memerlukan  $\text{O}_2$  untuk proses respirasi dan mengeluarkan  $\text{CO}_2$ . Dewasa ini, semakin majunya teknologi maka akan semakin meningkatkan kebutuhan manusia akan sesuatu yang serba cepat untuk menunjang setiap aktivitas, seperti kendaraan bermotor.

Kendaraan bermotor yang meningkat akan menghasilkan emisi gas buang yang tinggi. Emisi gas buang merupakan polutan yang menyebabkan pencemaran udara. Peningkatan kendaraan tersebut diiringi oleh menurunnya ruang terbuka hijau akibat dari pembangunan yang semakin gencar dilakukan. Padahal di ruang terbuka hijau yang terdapat tanaman didalamnya dapat menyerap emisi gas buang. Komponen dalam emisi gas buang seperti HC,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , benzena dan CO bila terhirup oleh manusia maka akan menyebabkan dampak negatif, salah satunya akan terbentuk mikronukleus. Pencemaran udara termasuk kedalam materi pencemaran lingkungan kelas X IPA semester genap pada Sekolah Menengah

Atas. Pencemaran lingkungan yang diteliti oleh peneliti disini tentang polusi udara yang disebabkan oleh gas emisi dan asap rokok yang bersifat genotoksik. Pencemaran udara mempunyai dampak negatif bagi makhluk hidup yang ada didalamnya, seperti tumbuhan, hewan, dan manusia. Apabila seseorang terus-menerus terpapar zat genotoksik maka dapat terjadi kerusakan DNA dan terbentuklah mikronukleus. Penelitian ini diharapkan mampu menjadi rujukan panduan praktikum sesuai dengan rencana pembelajaran. Kompetensi dasar yang akan dicapai yaitu mengidentifikasi pencemaran lingkungan dan faktor-faktornya serta cara pencegahan/ penyelesaiannya. Oleh karena itu, penelitian ini sesuai untuk dijadikan sumber panduan praktikum yang relevan bagi materi pencemaran lingkungan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan adalah terdapat pengaruh paparan emisi gas buang kendaraan bermotor (terutama benzena), asap rokok, intensitas merokok dan masa kerja terhadap frekuensi pembentukan mikronukleus di mukosa rongga mulut Satuan Pengamanan (Satpam) UIN Raden Intan Lampung.

#### **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian disarankan:

##### 1. Bagi Universitas

Kepada pihak birokrasi yang memimpin Satuan Pengamanan (Satpam) agar lebih diperhatikan lagi aspek kesehatan para satpam, seperti Alat pelindung diri (APD), dan diberi asupan nutrisi seperti susu untuk menetralkan dampak negatif dari gas genotoksik (benzena).

##### 2. Bagi peneliti lainnya

- a. Menjadi bahan acuan untuk melakukan penelitian tentang mikronukleus.
- b. Mengkaji pemeriksaan mikronukleus melalui DNA, untuk lebih mengetahui apakah mikronukleus benar-benar menjadi biomarker penyakit degeneratif atau tidak.
- c. Mengkaji bahan apa saja yang memiliki kandungan antioksidan tinggi yang berpotensi sebagai anti genotoksik, seperti teh kombucha.

# LAMPIRAN

Analisis data dengan  
menggunakan SPSS  
*(Uji-t Independen)*

## Uji normalitas

### Variabel

#### Case Processing Summary

Variabel		Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
Mikronukleus	sampel	14	100.0%	0	.0%	14	100.0%
	kontrol	9	100.0%	0	.0%	9	100.0%

#### Descriptives

Variabel		Statistic	Std. Error	
Mikronukleus	sampel	Mean	19.36	
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	
			16.08 22.64	
		5% Trimmed Mean	18.95	
		Median	17.50	
		Variance	32.247	
		Std. Deviation	5.679	
		Minimum	13	
		Maximum	33	
		Range	20	
		Interquartile Range	9	
		Skewness	1.108	.597
		Kurtosis	1.009	1.154
			kontrol	Mean
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound			
	5.77 8.01			
5% Trimmed Mean	6.88			
Median	7.00			
Variance	2.111			
Std. Deviation	1.453			
Minimum	5			
Maximum	9			
Range	4			
Interquartile Range	3			
Skewness	-.071			.717
Kurtosis	-1.498			1.400

#### Tests of Normality

Variabel		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Mikronukleus	sampel	.166	14	.200*	.902	14	.120
	kontrol	.222	9	.200*	.907	9	.296

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

## Uji Homogen dan Uji t-Independen

**Group Statistics**

Variabel		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Mikronukleus	sampel	14	19.36	5.679	1.518
	kontrol	9	6.89	1.453	.484

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Mikronukleus	Equal variances assumed	9.556	.006	6.404	21	.000	12.468	1.947	8.419	16.517
	Equal variances not assumed			7.826	15.521	.000	12.468	1.593	9.083	15.854

**Group Statistics**

Variabel		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Mikronukleus	sampel	14	19.36	5.679	1.518
	kontrol	9	6.89	1.453	.484

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Mikronukleus	Equal variances assumed	9.556	.006	6.404	21	.000	12.468	1.947	8.419	16.517
	Equal variances not assumed			7.826	15.521	.000	12.468	1.593	9.083	15.854

## Uji t untuk lama masa kerja sampel

Group Statistics

lamakeriasampel		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
mikronukleus2	3 tahun	6	14.67	1.211	.494
	7 tahun	8	22.88	5.083	1.797

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
mikronukleus2	Equal variances assumed	3.678	.079	-3.838	12	.002	-8.208	2.139	-12.868	-3.548
	Equal variances not assumed			-4.404	8.035	.002	-8.208	1.864	-12.503	-3.913

## Uji t untuk intensitas merokok

Group Statistics

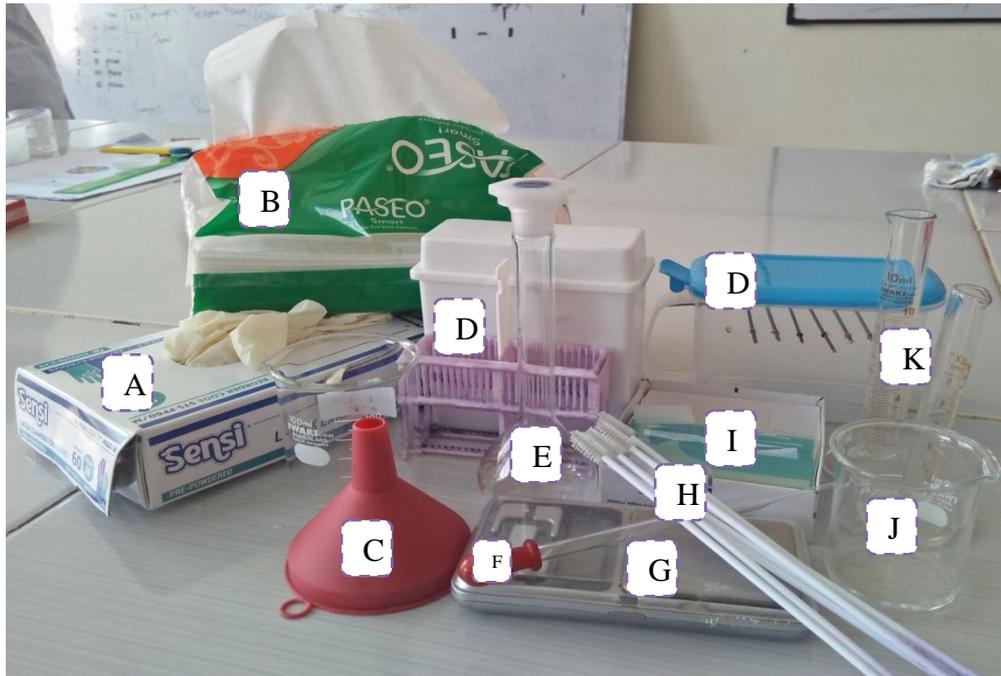
merokokperhari		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
mikronukleus	>5 batang/hari	7	23.57	5.062	1.913
	<5 batang/hari	7	15.14	1.676	.634

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
mikronukleus	Equal variances assumed	2.819	.119	4.182	12	.001	8.429	2.015	4.038	12.819
	Equal variances not assumed			4.182	7.300	.004	8.429	2.015	3.703	13.154

# Dokumentasi

**A. Foto alat penelitian**



A. *Handsocon*; B. *Tissue*; C. *Corong*; D. *Staining jar*; E. *labu ukur*;  
F. *Pipet tetes*; G. *Timbangan digital*; H. *Cytobrush*; I. *Object glas*;  
J. *Gelas kimia*; dan K. *Gelas ukur*.



*Mikroskop*



*Aluminium foil*



*Kertas label*



*Handy counter, dan Alat tulis*

**B. Foto bahan penelitian**



A. Aquades; B. Metanol; C. Asam Asetat; D. Giemsa stain; E. HCl; dan F. NaCl

**C. Foto Prosedur Penelitian**



1. Pengambilan Spesimen mukosa rongga mulut



2. Spesimen dalam *cytobrush* diapuskan di atas object glass. Lalu keringkan.



3. Spesimen ditetesi NaCl 0,09%



4. Spesimen di fiksasi dengan metanol: asam asetat (3:1)



5. Spesimen direndam dalam larutan HCl



6. Spesimen direndam dalam larutan pewarna Geimsa Stain 20%



7. Dikeringkan



8. Dicuci dengan aquades



9. Dikeringkan kembali



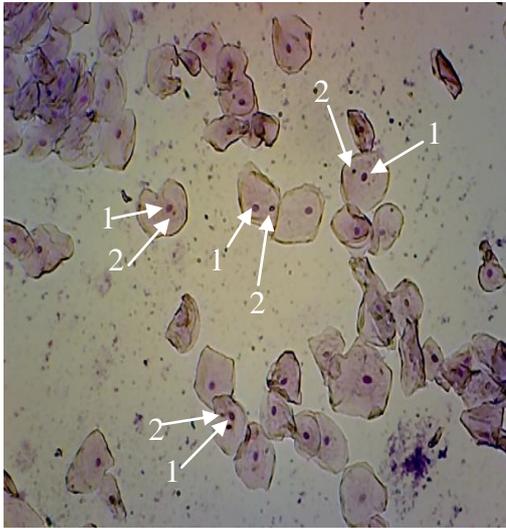
10. Di simpan di tempat khusus preparat



11. Diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop

**D. Foto Hasil Pengamatan (Sel Mukosa dan Mikronukleus)**

**1. Sampel (Perbesaran 100x)**



Keterangan : 1. Nukleus  
2. Mikronukleus



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS KEDOKTERAN

Jalan Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Telp/Fax (0721) 7691197 Bandar Lampung 35145  
Laman : <http://www.fk.unila.ac.id> Email: [dekanfkunila@yahoo.com](mailto:dekanfkunila@yahoo.com)

PERSETUJUAN ETIK  
ETHICAL APPROVAL

No: 982 /UN26.18/PP.05.02.00/2019

Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, dalam upaya melindungi hak asasi dan kesejahteraan subjek penelitian kesehatan dan menjamin bahwa penelitian yang menggunakan formulir Survei/Registarsi/Surveilens/Epidemiologi/Humaniora/SosialBudaya/BahanBiologiTersimpan/SelPunca dan non klinis lainnya berjalan dengan memperhatikan implikasi etik, hukum, social dan non klinis lainnya yang berlaku, telah mengkaji dengan teliti proposal penelitian berjudul:

*The Health Research Ethics Committee, Faculty of Medicine, University Lampung, in order to protect the rights and welfare of the health research subject, and to guaranty that the research using survey/questionnaire/registry/surveillance/epidemiology/humaniora/social-cultural/archived biological materials/stem cell/other nonclinical materials, will carry out according to ethical, legal, social implications and other applicable regulations, have been thoroughly reviewed the proposal entitled:*

**"Analisis Paparan Emisi Gas Buang dan Asap Rokok Terhadap Pembentukan Mikronukleus di Mukosa Rongga Mulut Satuan Pengaman UIN Raden Intan Lampung"**

*"Analysis of Exhaust and Cigarette Emission Exposure to Micronucleus Formation in the Oral Cavity Mucosa Security Unit of Raden Intan Lampung UIN"*

Nama Peneliti Utama : Suci Ristawati  
*Principal researcher*  
Nama Institusi : Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung  
*Institution* : Raden Intan Lampung State Islamic University

Proposal tersebut dapat disetujui pelaksanaannya  
*Hereby declare that the proposal is approved*

Bandar Lampung, 22 Mei 2019  
Bandar Lampung, *May 22<sup>th</sup> 2019*

An. Dekan  
*On Behalf of Dean*  
Wakil Dekan Bidang Akademik Dan Kerjasama,  
*Vice Dean of Academic and Co-operation Affair*

Komisi Etik Penelitian Kesehatan  
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung  
*Health Research Ethical Commission*  
Faculty of Medicine University of Lampung



dr. Firja Safitama, M.Sc  
NIP. 19780903 200604 2 001

dr. Agustyas Tjiptaningrum, Sp.PK  
NIP. 19720829 200212 2 001

Keterangan/notes:

Persetujuan etik ini berlaku selama satu tahun sejak tanggal ditetapkan  
*This ethical clearance is effective for one year from the due date*