

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan penelitian pendahuluan selama 10 hari. Penelitian pendahuluan peneliti menggunakan subyek 4 ekor tikus putih jantan dengan berat badan 150-200 gram yang dibagi menjadi 2 kelompok perlakuan yaitu kelompok Pertamax (P1) dan kelompok Premium (P2) yang kemudian dilakukan pendedahan di dalam kandang perlakuan.

Tiap kelompok terdiri dari 2 ekor tikus. Kelompok P1 diberi perlakuan pendedahan bensin jenis Pertamax selama 8 jam/hari. Kelompok P2 diberi perlakuan pendedahan bensin jenis Premium selama 8 jam/hari. Setelah pendedahan 8 jam di dalam kandang perlakuan, tikus di dalam kandang pemeliharaan di pindahkan ke dalam ruangan pemeliharaan.

Selama 10 hari peneliti melakukan pengamatan penurunan aktivitas dan mengukur berat badan dengan timbangan berskala 0,1 gram. Pada hari ke-11 dilakukan pembedahan dan pengambilan organ bronkus untuk dibuat preparat histologi dengan pengecatan Hemosilin Eosin (HE). Pembacaan preparat dengan mikroskop ditemukan adanya perubahan gambaran histologi yaitu perubahan ketebalan epitel bronkus, diameter bronkus dan jumlah sel goblet. Pengukuran ketebalan epitel bronkus menggunakan mikroskop yang dilengkapi software dan hardware OptiLab sebagai alat ukur dengan perbesaran 40x10 kali dalam 10 lapang pandang.

Setelah melakukan penelitian percobaan, peneliti melakukan penelitian sebenarnya dengan prosedur yang sama. Pada penelitian sebenarnya, peneliti menggunakan subyek 27 ekor yang dibagi menjadi tiga kelompok antara lain kelompok kontrol (K), Pertamax (P1) dan Premium (P2). Kelompok perlakuan ataupun kontrol diadaptasi selama satu hari. Pendedahan dilakukan selama 8 jam/hari di dalam kandang perlakuan selama 30 hari (4 minggu) pada kelompok P1 dan P2. Setiap dua hari sekali, peneliti melakukan penimbangan berat badan dengan timbangan berskala 0,1 gram. Selama penelitian, data berat badan subyek penelitian kelompok K dan perlakuan tidak mengalami penurunan berat badan yang signifikan. Itu berarti subyek dikatakan sehat dan dapat melanjutkan perlakuan penelitian. Pada hari ke-31, peneliti melakukan pembedahan pada masing-masing kelompok untuk diambil organ pernapasan dan kemudian dilakukan pembuatan preparat sediaan histologi untuk dilakukan pengamatan terhadap perubahan ketebalan epitel bronkus dengan mikroskop dilengkapi *software OptiLab* perbesaran 40x10, diameter bronkus diukur dengan menggunakan mikrometer perbesaran 4x10 dan penghitungan jumlah sel goblet dengan mikroskop cahaya perbesaran 100x10.

B. Hasil Penelitian

Penelitian ini meliputi penentuan ketebalan epitel dan data tambahan berupa pengamatan diameter bronkus dan jumlah sel goblet.

Perbandingan rata-rata ketebalan epitel bronkus tikus putih pada kelompok perlakuan dianalisis dengan menggunakan uji *One Way Anova*

kemudian dilanjutkan uji *Tukey* untuk melihat untuk membandingkan ketebalan epitel antara dua kelompok yang mana mengalami perbedaan bermakna.

1. Ketebalan Epitel Bronkus

Hasil pengamatan terhadap ketebalan epitel bronkus tikus putih (*Rattus norvegicus*) jantan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Ketebalan Epitel Bronkus Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan dengan Perlakuan Kontrol, Pertamax dan Premium Selama 30 Hari

Kelompok Perlakuan	Epitel Bronkus Rata-rata \pm SD (μ m)
Kontrol (K)	25,2211 \pm 3,20932 ^b
Pertamax (P1)	28,4411 \pm 2,82673 ^{ab}
Premium (P2)	31,5422 \pm 4,11304 ^a

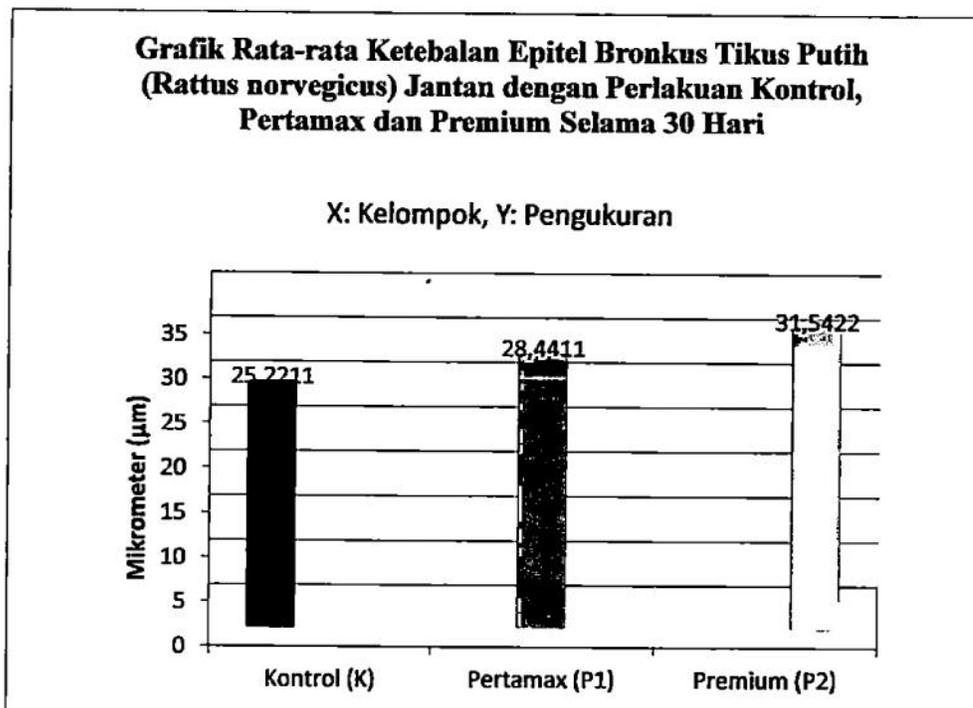
Keterangan : Angka yang diikuti huruf superscript berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna dengan nilai $p=0,002$ dengan uji *Tukey*

Tabel 1 memperlihatkan bahwa ketebalan epitel bronkus yang paling tipis pada kelompok K sedangkan kelompok P2 yang memiliki ketebalan epitel paling tebal. Ini membuktikan bahwa uap bensin jenis P2 mempunyai pengaruh terhadap epitel bronkus. Pada kelompok bensin P1 mempunyai rata-rata ketebalan epitel bronkus lebih tebal dibandingkan dengan kelompok K, ini membuktikan uap bensin jenis P1 juga berpengaruh terhadap epitel bronkus.

Uji normalitas dan homogeniti data menggunakan *Shapiro Wilk*. Hasil dari uji normalitas dan homogeniti didapatkan $p>0,05$ membuktikan bahwa data mempunyai distribusi normal dan homogen. Data kemudian

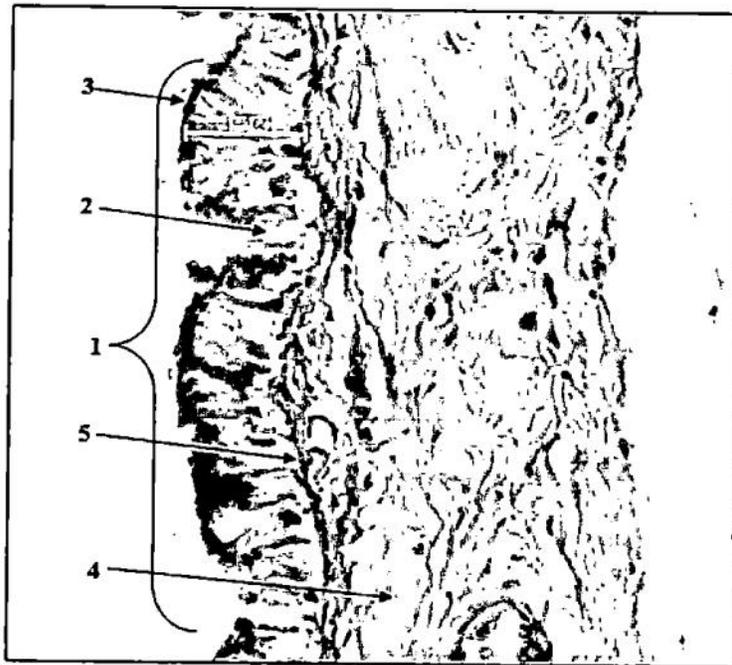
diolah menggunakan uji statistik *One Way Anova* dan diperoleh nilai $p=0,003$. Nilai $p<0,005$ (signifikan) berarti terdapat perbedaan yang bermakna diantara kelompok satu dengan yang lain.

Analisis data kemudian dilanjutkan dengan uji *Tukey* untuk mengetahui perbedaan yang signifikan diantara ketiga kelompok dengan nilai $p<0,05$. Hasil dari *Tukey* didapatkan perbandingan antara kelompok P1 dan K dengan $p=0,135$, sedangkan kelompok P2 dan P1 dengan nilai $p=0,155$. Itu artinya tidak terdapat perbedaan yang bermakna, sedangkan pada kelompok K dan P2 didapatkan nilai $p=0,002$ artinya terdapat perbedaan yang bermakna pada kelompok tersebut.



Gambar 8. Grafik Rata-rata Ketebalan Epitel Bronkus

Pada kelompok K didapatkan gambaran histologi ketebalan epitel bronkus tiap lapang pandang dengan rata-rata sebesar $25,2211 \pm 3,20932 \mu\text{m}$.

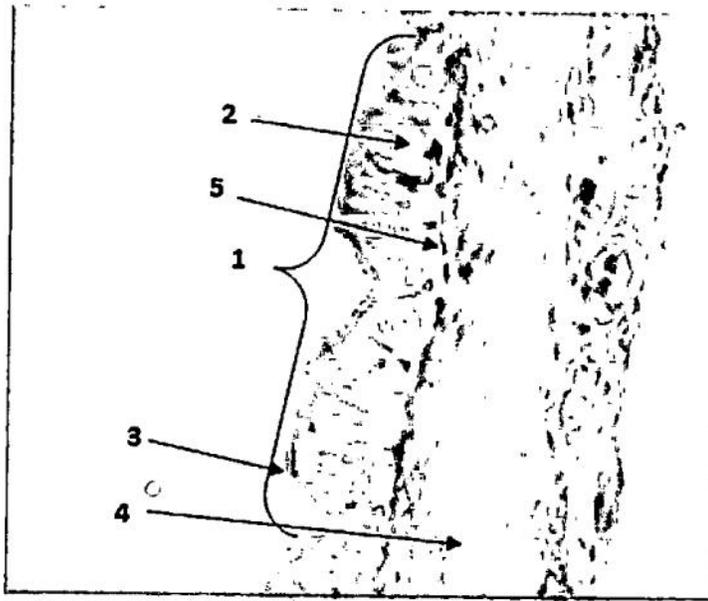


Keterangan:

1. Epitel
2. Sel goblet
3. Silia
4. Jaringan Submukosa
5. Membrana Basalis

Gambar 9. Histologi bronkus kelompok kontrol dengan pewarnaan Hemosilin Eosin (HE, 40x10)

Pada kelompok P1, tikus yang didedahkan dengan uap bensin jenis P1 terhadap gambaran histologi bronkus mengalami penebalan epitel dibandingkan K. Rata-rata ketebalan epitel bronkus sebesar $28,4411 \pm 2,82673 \mu\text{m}$. Pada gambaran histologi terjadi perubahan berupa infiltrasi netrofil, limfosit dan makrofag di lumen bronkus.

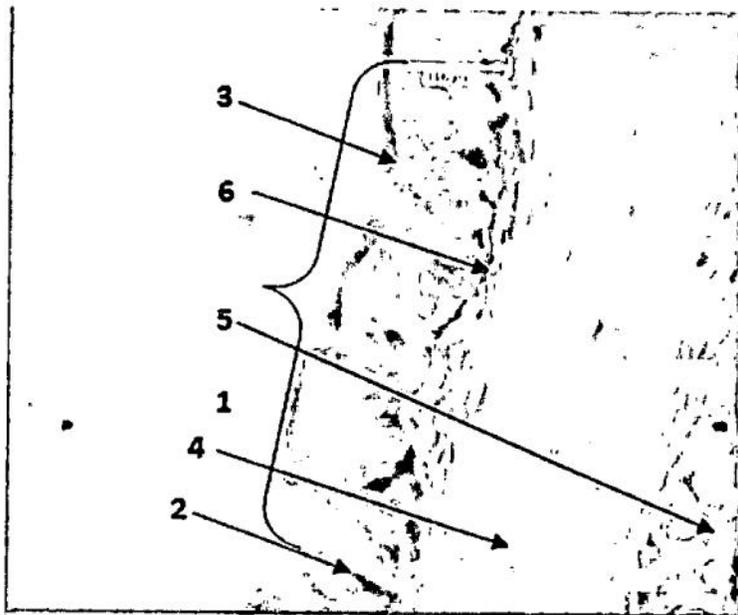


Keterangan:

1. Epitel
2. Sel goblet
3. Silia
4. Jaringan Submukosa
5. Membrana Basalis

Gambar 10. Histologi bronkus kelompok Pertamax dengan pewarnaan Hemosilin Eosin (HE, 40x10)

Pada kelompok P2, gambaran histologi bronkus kelompok P2 didapatkan penebalan epitel $31,5422 \pm 4,11304 \mu\text{m}$ dan terjadi perubahan berupa infiltrasi netrofil, limfosit dan makrofag di lumen bronkus.



Keterangan:

1. Epitel
2. Sel goblet
3. Silia
4. Jaringan Submukosa
5. Membrana Basalis
6. Kartilago

Gambar 11. Histologi bronkus kelompok Premium dengan pewarnaan Hemosilin Eosin (HE, 40x10)

2. Diameter Bronkus

Hasil pengamatan terhadap diameter bronkus tikus putih (*Rattus norvegicus*) jantan dapat dilihat pada Tabel .

Tabel 2. Rata-rata Diameter Bronkus Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan dengan Perlakuan Kontrol, Pertamax dan Premium Selama 30 Hari.

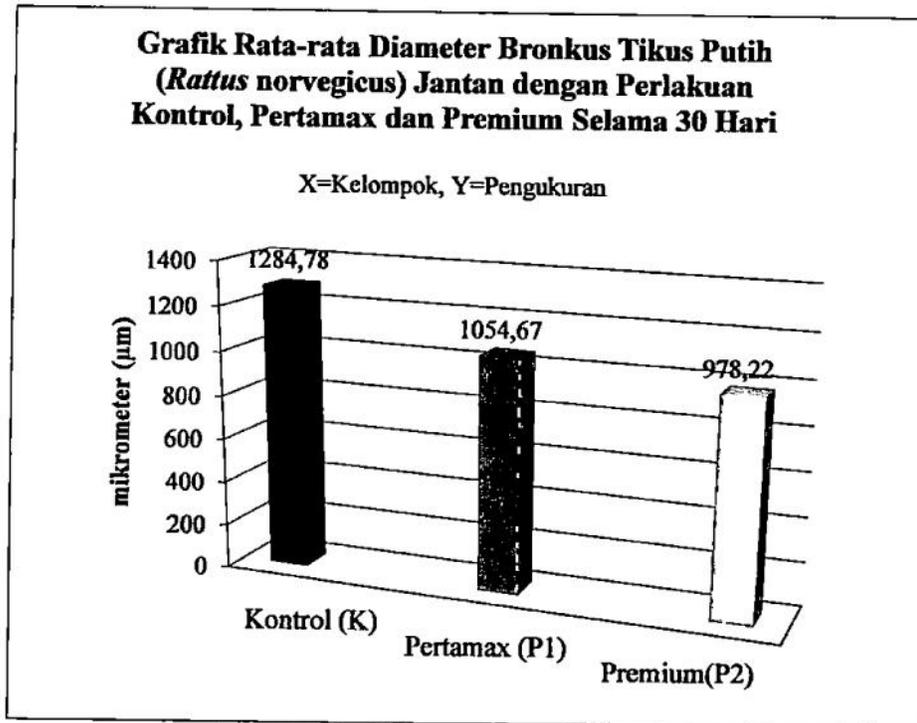
Kelompok Perlakuan	Diameter Bronkus Rata-rata \pm SD (μ m)
Kontrol (K)	1284,78 \pm 97,778 ^b
Pertamax (P1)	1054,67 \pm 159,625 ^a
Premium (P2)	978,22 \pm 219,136 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna dengan nilai $p < 0,05$ dengan uji *Tukey*.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa diameter bronkus paling lebar pada kelompok K sedangkan kelompok P2 memiliki jumlah rata-rata diameter paling sempit. Pada kelompok bensin P1 mempunyai rata-rata diameter lebih sempit dibandingkan dengan kelompok K.

Uji normalitas data menggunakan *Shapiro-Wilk* diperoleh nilai $p > 0,05$. Ini berarti sebaran data normal, oleh karena itu data selanjutnya diolah menggunakan uji *Oneway Anova* dan didapatkan nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$) berarti terdapat perbedaan diantara ketiga kelompok. Analisis data kemudian dilanjutkan dengan uji *Tukey*.

Hasil uji statistik *Tukey* didapatkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antara kelompok P1 dan K ($p = 0,021$); kelompok P2 dan K bernilai ($p = 0,002$). Perbandingan hasil antara kelompok K dan P1 didapatkan nilai $p = 0,600$ artinya terdapat perbedaan yang tidak signifikan ($p < 0,05$).



Gambar 12. Grafik Rata-Rata Diameter Bronkus

3. Sel Goblet Bronkus

Hasil pengamatan terhadap jumlah sel goblet bronkus tikus putih (*Rattus norvegicus*) jantan dapat dilihat pada Tabel 3.

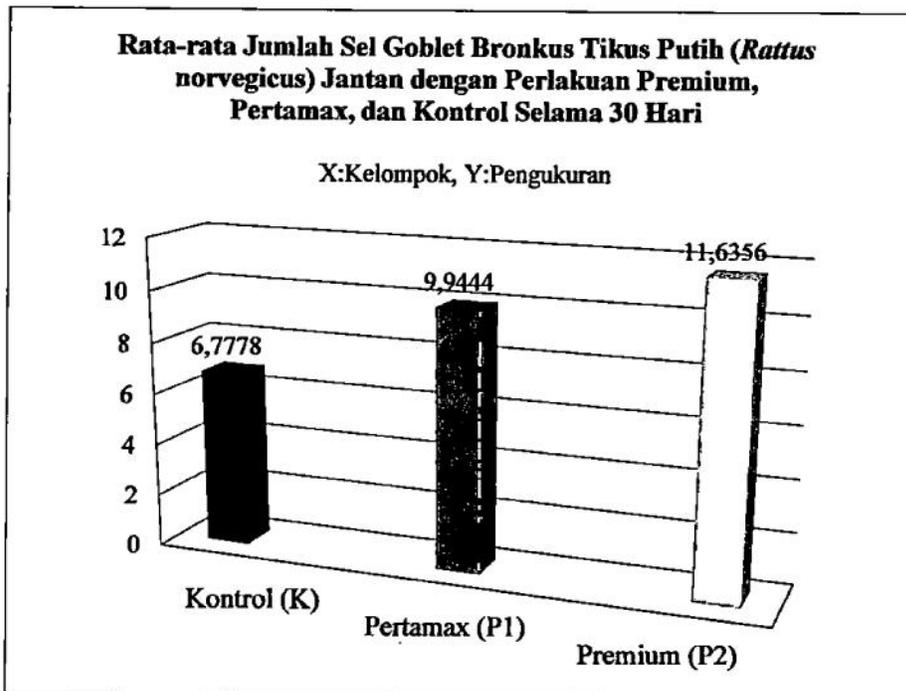
Tabel 3. Rata-rata Jumlah Sel Goblet Bronkus Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan dengan Perlakuan Kontrol, Pertamax dan Premium Selama 30 Hari

Kelompok Perlakuan	Sel Goblet Bronkus Rata-rata ±SD
Kontrol (K)	6,7778±0,73362 ^a
Pertamax (P1)	9,9444±0,99041 ^b
Premium (P2)	11,6356±0,47276 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna dengan $p= 0,000$ ($p<0,005$) dengan uji *Tukey*.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah sel goblet pada bronkus pada kelompok K dengan jumlah paling sedikit sedangkan kelompok P2 yang memiliki jumlah sel goblet di bronkus paling banyak. Pada kelompok bensin P1 mempunyai jumlah rata-rata sel goblet paling banyak jika dibandingkan dengan kelompok K.

Uji normalitas data menggunakan *Shapiro-Wilk* dengan nilai $>0,05$. Ini berarti data memiliki sebaran yang normal, oleh karena itu uji statistik dilanjutkan menggunakan uji *Oneway Anova*. Hasil yang diperoleh mempunyai nilai $p=0,000$ berarti terdapat perbedaan yang signifikan diantar ketiga kelompok. Analisis data dilanjutkan dengan uji *Tukey* dan didapatkan nilai $p=0,000$ dari ketiga kelompok yang dibandingkan, yang artinya terdapat perbedaan signifikan ($p<0,05$) antar kelompok tersebut.



Gambar 13. Grafik Rata-rata Jumlah Sel Goblet Bronkus

C. Pembahasan

1. Ketebalan Epitel Bronkus

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dan adanya perbedaan dari pendedahan uap bensin jenis P2 dan P1 terhadap gambaran histologi tikus putih (*Rattus norvegicus*). Hasil pengukuran ketebalan epitel bronkus pada masing-masing kelompok menunjukkan perbedaan yang bermakna (tabel 1). Penelitian pada kelompok K (tanpa perlakuan) menunjukkan hasil rata-rata ketebalan epitel bronkus sebesar 25,2211 μm , sedangkan rata-rata ketebalan epitel pada pendedahan uap bensin P1 sebesar 28,4411 μm dan P2 sebesar 31,5422 μm . Al-Saggaf *et al*, 2009 menjelaskan pada pemaparan uap bensin selama 30 hari pada seekor babi menyebabkan peningkatan ukuran epitel dengan infiltrasi sel inflamasi (limfosit, eosinofi) pada mukosa dan submukosa.

Perbedaan nilai yang bermakna kemungkinan dipengaruhi oleh senyawa yang terkandung di dalam bensin jenis P1 dan P2 yang dapat mempengaruhi sistem pernapasan. Senyawa-senyawa yang hampir sama dari kedua jenis bensin tersebut adalah metanol (MeOH), etanol (EtOH), 0,3-17% benzena-toluena-etilbenzena-xylene (BTEX), karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), nitrogen oksid (NO), sulfur dioksida (SO). komponen tersebutlah yang dapat mempengaruhi ketebalan epitel bronkus pada hewan uji kelompok perlakuan lebih tebal dibandingkan dengan hewan uji kelompok K (tanpa perlakuan).

Seperti yang telah diuraikan (Kinawy, 2009), bahwa penguapan uap bensin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu komposisi, sifat senyawa, konsentrasi, dan perbedaan dari senyawa utama sebagai peningkat nilai oktan. Konsentrasi senyawa benzena lebih kecil jika dibandingkan dengan timbal dan metil-tercier-butyl-eter (MTBE) sehingga efek benzena terhadap tubuh lebih cepat karena semakin kecil jumlah konsentrasi suatu senyawa maka, senyawa tersebut lebih cepat masuk ke dalam tubuh dan menimbulkan efek.

Bensin jenis P2 dan P1 mengandung senyawa benzena dengan konsentrasi 0,05 ppm untuk menimbulkan efek pada saluran pernapasan. Senyawa utama pada bensin jenis P2 mengandung senyawa timbal berupa tetra-etil-lead (TEL) dan bensin jenis P1 terkandung metil-tercier-butyl-eter (MTBE). Timbal memiliki sifat mudah menguap sehingga dapat menyebabkan gangguan pernapasan dengan konsentrasi 0,15 ppm. Sedangkan, efek dari MTBE sebagai pengganti timbal dibutuhkan 35 ppm untuk menyebabkan gangguan pada tubuh dan MTBE lebih banyak diserap oleh air dalam tanah di sekitar tangki penyimpanan bensin, sehingga pencemaran lebih banyak melalui air yang terkandung dalam tanah. Hal tersebutlah yang menyebabkan terjadinya perubahan epitel bronkus pada hewan uji P2 lebih tebal dibandingkan dari hewan uji P1.

Senyawa benzena dan timbal merupakan sebagian bahan iritan yang terkandung di dalam bensin dengan sifat mudah menguap sehingga dapat terhirup melalui hidung, trakea dan selanjutnya ke bronkus. Bronkus terletak

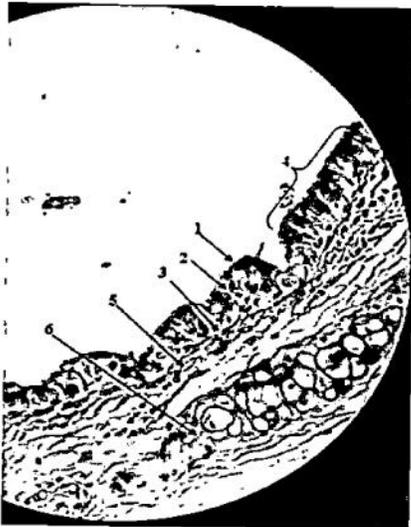
di pertengahan dari saluran nafas sehingga absorpsinya belum sempurna seperti paru, tetapi absorpsinya lebih baik dari trakea sehingga reaksinya terhadap benda asing lebih mudah terabsorpsi dibandingkan trakea sehingga partikel tersebut lebih mudah mengendap di dalam bronus. Setiap partikel yang terhirup akan terkumpul di saluran pernapasan dan dapat sampai ke peredaran darah. Ukuran partikel yang masuk menentukan tempat terkumpulnya partikel yang terhirup. Jika semakin kecil ukuran partikel, semakin jauh jangkauannya di dalam saluran pernapasan.

Pada penelitian ini, pendedahan uap bensin yang merupakan zat iritan bagi tubuh seperti benzena dan timbal dengan durasi 8 jam/hari selama 30 hari (4 minggu) melalui inhalasi secara terus menerus menyebabkan infiltrasi sel limfosit, netrofil dan makrofag yang ditemukan pada gambaran histologi di lumen bronkus. Pada hewan uji kelompok K (tanpa perlakuan) tidak ditemukan infiltrasi sel limfosit, netrofil dan makrofag dan pada hewan uji kelompok perlakuan P2 dan P1 ditemukan infiltrasi sel limfosit, netrofil dan makrofag pada lumen bronkus. Infiltrasi sel-sel tersebut merupakan faktor pertahanan dalam tubuh akibat hadirnya benda asing pada saluran pernapasan. Abe *et al.* (2000) menunjukkan sel epitel pada pernapasan yang terpapar zat iritan akan menghasilkan sitokin seperti interleukin (IL) -8 dan granulosit makrofag, yang mungkin memiliki peran penting dalam induksi dan perpanjangan peradangan saluran napas dengan menarik dan mengaktifkan sel-sel inflamasi di saluran napas.

Menurut (Keenan, 2002), bahwa pendedahan kronis melalui inhalasi menyebabkan terjadinya pelepasan berbagai zat yang menimbulkan perubahan sekunder pada jaringan. Perubahan jaringan ini disebut peradangan. Peradangan ditandai oleh vasodilatasi pembuluh darah local yang mengakibatkan terjadinya aliran darah setempat berlebihan; peningkatan permeabilitas kapiler, memungkinkan kebocoran banyak sekali cairan ke interstisial; sering kali terjadi pembekuan darah akibat fibrinogen; migrasi sejumlah besar granulosit dan monosit dalam jaringan; dan pembengkakan sel jaringan. Pelepasan substansi ke dalam jaringan menyebabkan TNF α (*Tumor Necrosis Factor alfa*) terstimulasi. TNF α merupakan sitokin yang memediasi respon inflamasi melalui jalur NF-kB (*Nuclear Factor Kappa B*). TNF merangsang PKC ϵ (*Protein Kinase C Epsilon*) dan kemudian TNF α merangsang IL-6 (*interleukin 6*) dan IL-8 (*interleukin 8*), yang pada akhirnya akan mengundang bermigrasinya neutrofil ke lokasi inflamasi (Michael L. McCaskill, 2012).

Neutrofil adalah substansi inflamasi yang pertama untuk bermigrasi ke daerah peradangan. Ketika terjadi peradangan, penarikan netrofil dan makrofag akan menyebabkan fagositosis zat iritan. Netrofil akan menyerang dan menghancurkan benda asing sampai di sirkulasi darah. Sebaliknya makrofag jaringan yang memulai hidup sebagai monosit darah dan memiliki kemampuan untuk melahap jaringan yang telah dihancurkan pada beberapa jam. Tetapi pada suatu saat makrofag akan selanjutnya mencederai jaringan yang masih hidup dan ketika makrofag masuk ke dalam jaringan, sel-sel

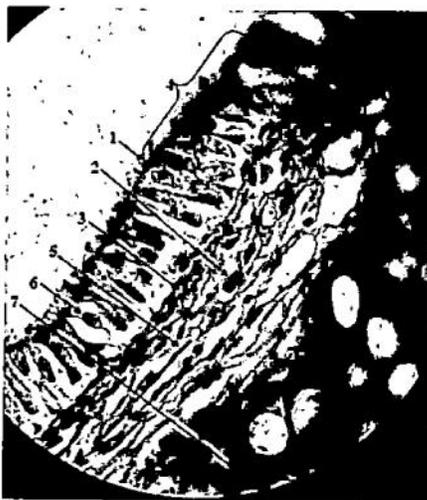
mulai membengkak (Dorlan, 2006). Hadirnya sel-sel limfosit, netrofil dan makrofag sehingga terjadi penumpukan sel yang abnormal sehingga jumlah rata-rata ketebalan epitel yang diberi perlakuan lebih tebal dibandingkan dengan tikus putih kelompok K.



Keterangan:

1. Silia
2. Sel Goblet
3. Membran Basalis
4. Epitel Kolumner Silia
5. Submukosa
6. Kartilago

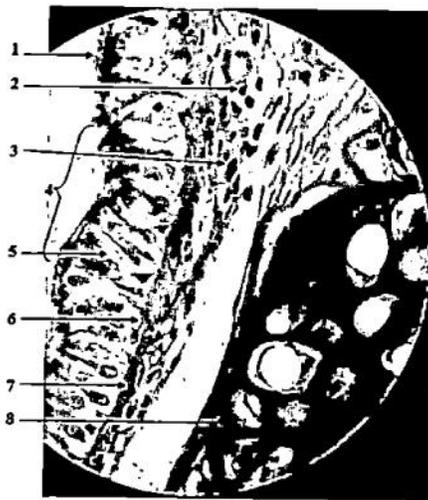
Gambar 14. Histologi Ketebalan sel epitel bronkus kelompok Kontrol (He, 100x10).



Keterangan:

1. Silia
2. Limfosit
3. Membran Basalis
4. Epitel Kolumner Silia
5. Submukosa
6. Sel Goblet
7. Kartilago

Gambar 15. Histologi Ketebalan sel epitel bronkus kelompok Pertamax (He, 100x10).



K eterangan:

1. Silia
2. Limfosit
3. Makrofag
4. Epitel Kolumner Silia
5. Sel Goblet
6. Membran Basalis
7. Submukosa
8. Kartilago

Gambar 16. Histologi Ketebalan sel epitel bronkus kelompok Premium (He, 100x10).

2. Panjang Diameter Bronkus Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan pada tabel 2, didapatkan rata-rata ukuran diameter bronkus kelompok perlakuan P2 sebesar 978,22 μm dan kelompok perlakuan P1 sebesar 1054,67 μm sedangkan, kelompok K didapatkan ukuran diameter sebesar 1284,78 μm . Berdasarkan data di atas maka, kelompok perlakuan memiliki panjang diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan kelompok K (tanpa perlakuan). Semakin tebal epitel bronkus pada kelompok perlakuan uap bensin jenis P2 dan P1 maka semakin sempit diameter bronkus kelompok tersebut.

Bronkus memiliki epitel berlapis silia yang berfungsi sebagai pelindung dari iritan. Udara yang tercampur iritan secara kronik masuk ke saluran pernapasan melalui hidung, trakea, bronkus, sampai menuju alveolus. Apabila terjadi gangguan pembersihan pada saluran bronkus maka

udara yang masuk dapat menyebabkan peradangan pada bronkus. Peradangan yang terjadi menyebabkan obstruksi pada saluran pernapasan. Obstruksi yang terjadi menyebabkan lumen bronkus melakukan vasokonstriksi sehingga diameter lumen terlihat lebih sempit dibandingkan yang normal (Price & Wilson, 2006).

Lumen bronkus pada hewan uji K berbeda dengan perlakuan dikarenakan adanya substansi yang mengiritasi bronkus pada kelompok perlakuan. Kelompok P2 memiliki diameter yang lebih sempit dari kelompok P1. Pada kelompok P2 terdapat timbal yang ikut masuk ke dalam sistem pernapasan. Timbal merupakan senyawa yang memiliki sifat mudah menguap dan waktu paruh dalam tubuh lebih lama dibandingkan dengan senyawa lain. Sehingga P2 memiliki diameter lebih kecil daripada P1.



$d = 1540 \mu\text{m}$

Gambar 17. Panjang diameter bronkus (μm) pada kelompok hewan uji Kontrol (K), (He, 100x10).



$d= 1120 \mu\text{m}$

Gambar 18. Panjang diameter bronkus (μm) pada kelompok hewan uji Pertamax (P1), (He, 100x10).



$d= 980 \mu\text{m}$

Gambar 19. Panjang diameter bronkus (μm) pada kelompok hewan uji Premium (P2), (He, 100x10).

3. Jumlah Sel Goblet Bronkus Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan

Pada penelitian ini, didapatkan jumlah sel goblet pada kelompok perlakuan uap jenis P2 dan P1 sebesar 11,6356 μm dan 9,9444 μm . Sedangkan, pada kelompok K memiliki jumlah sel goblet sebesar 6,7778 μm . Al-saggraf *et al*, 2009 menjelaskan pemaparan uap bensin pada 15 ekor babi

selama 30 hari menyebabkan penurunan jumlah sel goblet secara signifikan dibandingkan dengan kelompok K. Sedangkan, pada penelitian ini terdapat peningkatan sel goblet yang signifikan antara kelompok perlakuan P2 dan P1 dibandingkan dengan kelompok K.

Uap bensin dengan kandungan bahan iritan seperti benzena dan timbal dapat mempengaruhi bertambahnya jumlah sel goblet dan kelenjar submukosa membesar sehingga jumlah sel goblet pada kelompok perlakuan lebih banyak dibandingkan dari kelompok K.

Ade *et al.* (2000) menjelaskan sel epitel memiliki peran dalam mekanisme pertahanan saluran napas melalui sistem mukosiliar serta hambatan mekanis. Dalam sistem pernapasan setiap partikel dari senyawa uap bensin seperti benzena dan timbal merupakan iritan. Sel goblet yang berfungsi sebagai penghasil mukus (lendir) melapisi seluruh permukaan dari hidung hingga bronkiolus untuk menjaga kelembabannya.

Fawcett (2002) menjelaskan bahwa, pendedahan kronik dari uap bensin menyebabkan produksi hasil sekresi mukus dari sel goblet mengalami sedikit modifikasi sehingga mukus yang disekresikan bertambah banyak namun, bensin memiliki kandungan alkohol yang dapat menurunkan fungsi mukosiliaris sehingga kerja silia melambat dalam membersihkan benda asing yang masuk ke saluran pernapasan. Sel goblet mengeluarkan mukus lebih banyak tetapi proporsi sel bersilia terhadap sel goblet tidak seimbang, yang sebenarnya silia diperlukan untuk membantu mendorong dengan cepat bahan iritan dari uap bensin yang menempel pada permukaan sel tetapi akibat

penurunan kerja dari sel bersilia sehingga zat iritan yang ditangkap oleh mukus tidak dapat dikeluarkan atau dipindahkan oleh silia maka terjadi kongesti saluran pernapasan (Junquiera *et al*, 2004).

Pada proses fisiologis dalam tubuh ketika awal paparan zat iritan pada permukaan bronkus maka, mukus akan berfungsi untuk menangkap partikel-partikel kecil dan besar agar tidak mencapai alveolus. Lendir kemudian dikeluarkan dari saluran pernapasan oleh silia. Silia menggerakkan lendir keluar dari paru secara perlahan-lahan. Partikel yang tertangkap di dalamnya kemudian akan ditelan atau dibatukkan (Ester, 2006). Namun, akibat penurunan fungsi dari sel silia menyebabkan sel goblet mengalami peningkatan fungsi dalam memproduksi mukus dan terjadi peningkatan jumlah sel goblet dalam melindungi permukaan epitel. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan bahwa terdapat perbedaan jumlah sel goblet pada bronkus pada masing-masing perlakuan. Perbedaan tersebut dikarenakan kandungan substansi pada bensin P2 dan P1. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, substansi yang paling mempengaruhi pernapasan merupakan substansi yang terdapat pada P2 yaitu timbal. Timbal merupakan logam berat dan memiliki sifat mudah menguap sehingga mudah untuk mempengaruhi tubuh. Logam berat memiliki masa yang lebih tinggi dibandingkan dengan substansi lain yang terkandung dalam bensin. Sehingga timbal lebih mudah menempel pada permukaan saluran pernapasan sehingga menyebabkan sekresi mukus dari sel goblet lebih banyak.