

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. GAMBARAN UMUM PENELITIAN**

Peneliti menggunakan tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar jantan yang berumur 1 bulan sebagai subyek penelitian ini. Jumlah sampel tikus yang digunakan adalah 28 tikus yang dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan. Setiap kelompok yaitu pewangi (P1), karbon (P2), karbon pewangi (P3), dan kontrol (K) masing-masing terdiri atas 7 tikus.

Sebelum diberikan perlakuan, tikus diaklimatisasi terlebih dahulu dengan lingkungan laboratorium selama 1 minggu. Kelompok perlakuan pewangi dimasukkan ke dalam kotak perlakuan dan diberikan penginduksian pewangi selama 8 jam. Perlakuan tersebut diberikan setiap hari hingga hari ke-35. Kelompok karbon juga diberikan penginduksian karbon dengan rentang waktu yang sama, yaitu selama 8 jam, begitu juga dengan kelompok karbon pewangi. Kelompok kontrol tidak mendapatkan perlakuan apapun, namun diberikan perawatan yang sama seperti kelompok yang diberikan perlakuan.

Selama masa perlakuan, hewan uji diberikan pakan dan minum standar setiap harinya. Selain waktu-waktu perlakuan, hewan uji dipelihara di kandang pemeliharaan. Kandang dibersihkan setiap dua hari sekali, dan dilakukan penggantian sekam. Pada hari ke-36 setelah perlakuan selesai, tikus dibedah untuk diambil organ yang akan diamati yaitu testis dan kauda epididimis. Testis difiksasi di dalam larutan formalin 10% sebelum

dilakukan pembuatan preparat histologi, sementara kauda epididimis diambil dan dicacah kecil-kecil kemudian dimasukkan ke bilik hitung *Improve Neubauer* untuk menghitung jumlah sperma. Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung jumlah sperma di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 10x10 pada 5 lapang pandang. Sedangkan untuk mengamati diameter tubulus seminiferus, dibuat preparat histologi dengan metode blok parafin menggunakan teknik pengecatan *Hematoksilin Eosin* yang kemudian diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10x10 pada 5 lapang pandang.

## **B. HASIL**

### **1. Diameter Tubulus Seminiferus**

Penelitian yang dilakukan dari hari pertama hingga hari ke-35 memperlihatkan kondisi tikus putih yang sehat, aktif, dan tidak terdapat kelainan/kecacatan pada organ tubuh tikus putih. Hal ini dapat dibuktikan dengan kenaikan berat badan tikus dari hari ke hari yang dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Hasil uji distribusi data menunjukkan bahwa data dari semua kelompok normal dengan  $p > 0,05$ , sehingga dapat dilakukan analisis menggunakan uji *One Way Anova*. Hasil pengukuran diameter tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.1** Ukuran rerata diameter tubulus seminiferus tikus putih (*Rattus norvegicus*) setelah pemberian perlakuan dan hasil uji *One Way Anova*

No.	Kelompok	Rata-rata* $\pm$ SD (*dalam $\mu\text{m}$ )	<i>One Way Anova Test</i>
1.	Pewangi	208,7232 $\pm$ 10,16102	$p = 0,752$
2.	Karbon	216,0807 $\pm$ 13,84544	
3.	Karbon Pewangi	214,4527 $\pm$ 6,02263	
4.	Kontrol	216,1028 $\pm$ 22,78130	

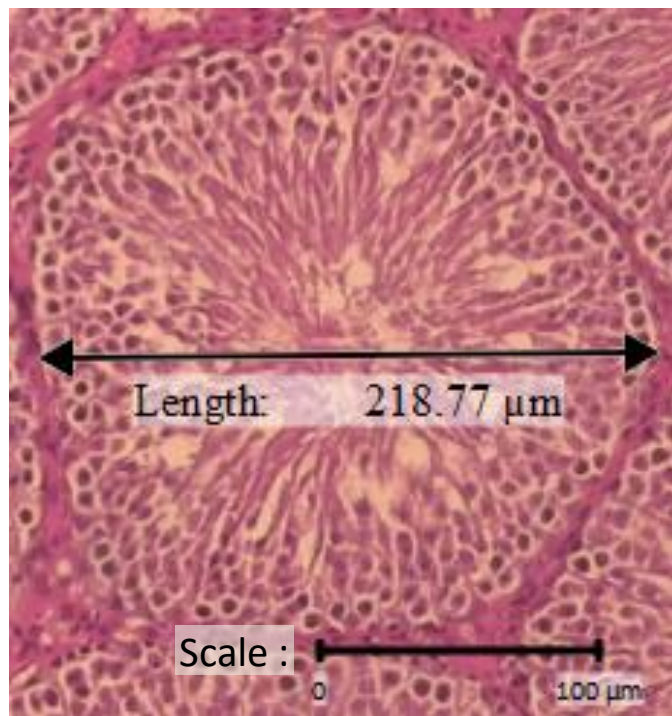
Keterangan : SD = Standar Deviasi; Angka rata-rata antara keempat kelompok di atas tidak berbeda secara bermakna dengan uji *One Way Anova* pada tingkat kepercayaan 95%

Uji analisis *One Way Anova* pada tabel di atas menunjukkan bahwa nilai signifikansinya adalah 0,752 ( $p > 0,05$ ), yang artinya tidak ada perbedaan bermakna antara keempat kelompok yang dibandingkan. Kelompok kontrol memiliki rerata ukuran diameter tubulus seminiferus tertinggi dibandingkan dengan 3 kelompok perlakuan yang lain, yaitu sebesar 216,1028  $\pm$  22,78130  $\mu\text{m}$ . Kelompok perlakuan karbon memiliki diameter yang lebih besar daripada kelompok perlakuan karbon pewangi, namun hampir sama ukurannya dengan kelompok kontrol yaitu sebesar 216,0807  $\pm$  13,84544  $\mu\text{m}$ . Sedangkan kelompok perlakuan pewangi memiliki rerata ukuran diameter tubulus seminiferus terkecil dibanding dengan rerata diameter ketiga kelompok lainnya.

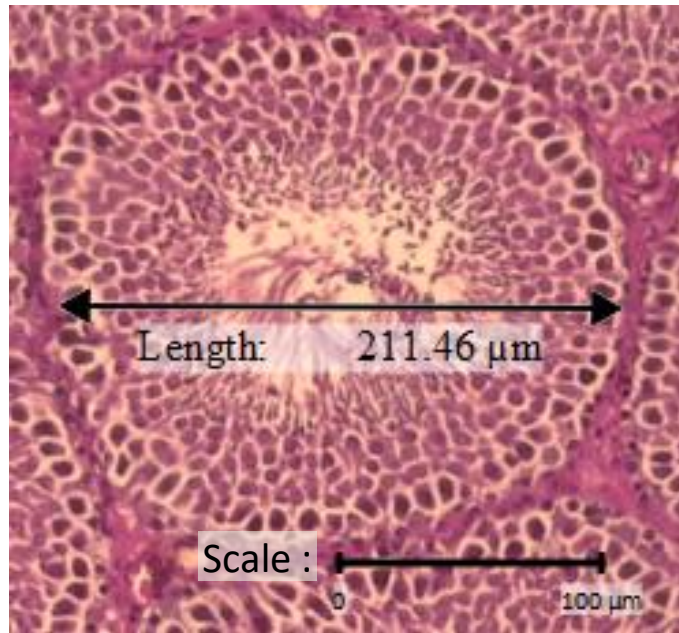
**Tabel 4.1** menunjukkan bahwa kelompok kontrol memiliki rerata ukuran diameter tubulus seminiferus terbesar (terbaik) dibandingkan dengan kelompok karbon, karbon pewangi, dan pewangi. Sedangkan kelompok pewangi memiliki rerata ukuran diameter tubulus seminiferus terkecil (terburuk). Perbedaan keempat kelompok perlakuan tersebut tidak bermakna, artinya penginduksian karbon,

karbon pewangi, dan pewangi kurang memberi pengaruh terhadap besarnya ukuran diameter tubulus seminiferus pada hewan uji.

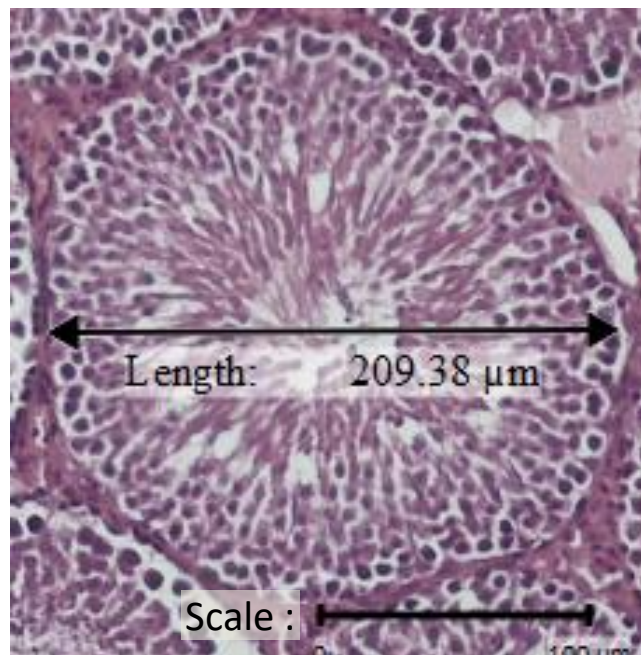
Gambaran histologi tubulus seminiferus tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diamati dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



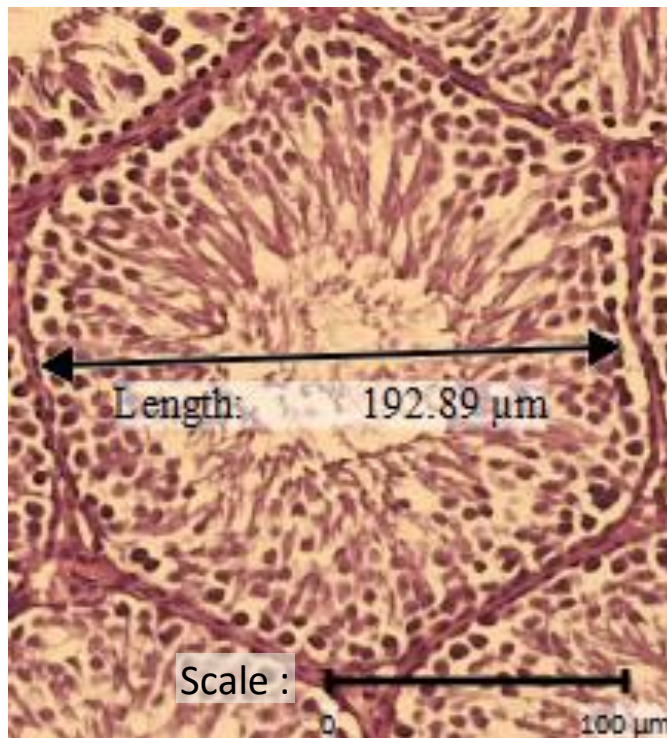
**Gambar 4.1** Gambaran histologi tubulus seminiferus tikus putih *Rattus norvegicus* kelompok karbon dengan pewarnaan HE dan perbesaran 10x10



**Gambar 4.2** Gambaran histologi tubulus seminiferus tikus putih *Rattus norvegicus* kelompok karbon pewangi dengan pewarnaan HE dan perbesaran 10x10



**Gambar 4.3** Gambaran histologi tubulus seminiferus tikus putih *Rattus norvegicus* kelompok kontrol dengan pewarnaan HE perbesaran 10x10



**Gambar 4.4** Gambaran histologi tubulus seminiferus tikus putih *Rattus norvegicus* kelompok pewangi dengan pewarnaan HE dan perbesaran 10x10

## 2. Jumlah Sperma

Penelitian yang dilakukan dari hari pertama hingga hari ke-35 memperlihatkan kondisi tikus putih yang sehat, aktif, dan tidak ada kelainan/kecacatan pada organ tubuh tikus putih. Hal ini dapat dibuktikan dengan kenaikan berat badan tikus dari hari ke hari yang dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Uji statistik diawali dengan uji normalitas sebaran data menggunakan Saphiro Wilk. Hasil uji distribusi menunjukkan bahwa data dari setiap kelompok tersebut normal dengan  $p > 0,05$ , sehingga dapat dilanjutkan dengan uji *One Way Anova*. Hasil pengujian variabel ini dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

**Tabel 4.2** Jumlah rerata sperma tikus putih (*Rattus norvegicus*) setelah pemberian perlakuan dan hasil uji *One Way Anova*

No.	Kelompok	Rata-rata* $\pm$ SD *(dalam satuan sperma/mL)	<i>One Way Anova Test</i>
1.	Pewangi	$2,19 \times 10^6 \pm 9,11 \times 10^5$	$p = 0,269$
2.	Karbon	$4,04 \times 10^6 \pm 23,3 \times 10^5$	
3.	Karbon Pewangi	$3,10 \times 10^6 \pm 15,26 \times 10^5$	
4.	Kontrol	$3,50 \times 10^6 \pm 19,08 \times 10^5$	

Keterangan : SD = Standar Deviasi; Angka rata-rata antara keempat kelompok di atas tidak berbeda secara bermakna dengan uji *One Way Anova* pada tingkat kepercayaan 95%

Hasil pengamatan jumlah sperma secara mikroskopik pada keempat kelompok, yaitu kelompok pewangi (P1), karbon (P2), karbon pewangi (P3), dan kontrol (K) menunjukkan perbedaan yang tidak bermakna secara statistik. Jumlah sperma pada kelompok perlakuan karbon (P2) menunjukkan jumlah sperma yang paling banyak di antara ketiga kelompok lainnya dengan rerata jumlah  $4,04 \times 10^6 \pm 23,3 \times 10^5$  sperma/mL sampel.

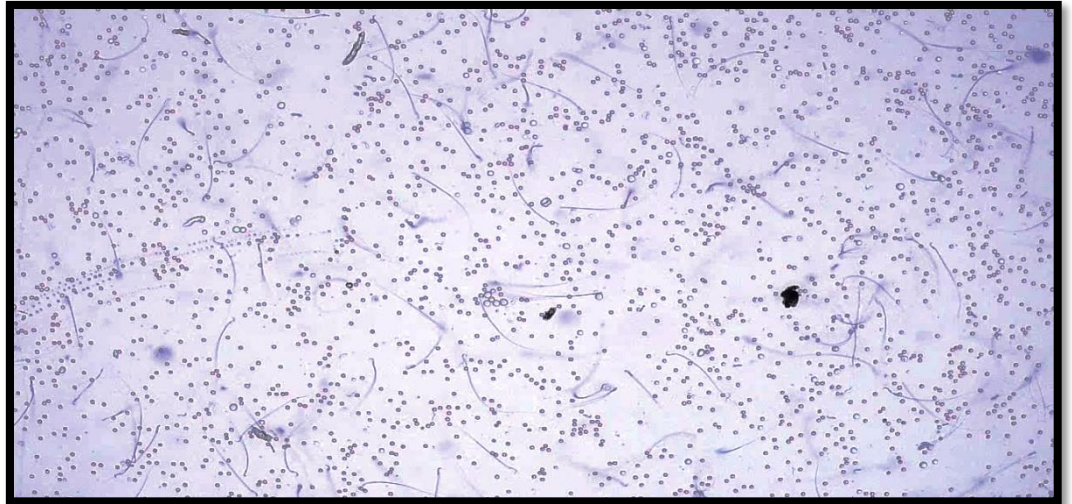
Sementara itu, jumlah sperma dari tikus kelompok kontrol (K) yang tidak diberikan perlakuan didapatkan hasil yang menunjukkan jumlah yang lebih rendah dibandingkan kelompok karbon (P2), namun lebih tinggi dari kelompok karbon pewangi (P3) yaitu sebesar  $3,50 \times 10^6 \pm 19,08 \times 10^5$  sperma/mL sampel.

Beda halnya dengan jumlah sperma dari tikus kelompok karbon pewangi (P3). Jumlah sperma kelompok ini lebih rendah dari tikus kelompok karbon (P2) dan kontrol (K), namun lebih tinggi dari kelompok pewangi (P1) yaitu sebesar  $3,095 \times 10^6 \pm 15,26 \times 10^5$  sperma/mL sampel.

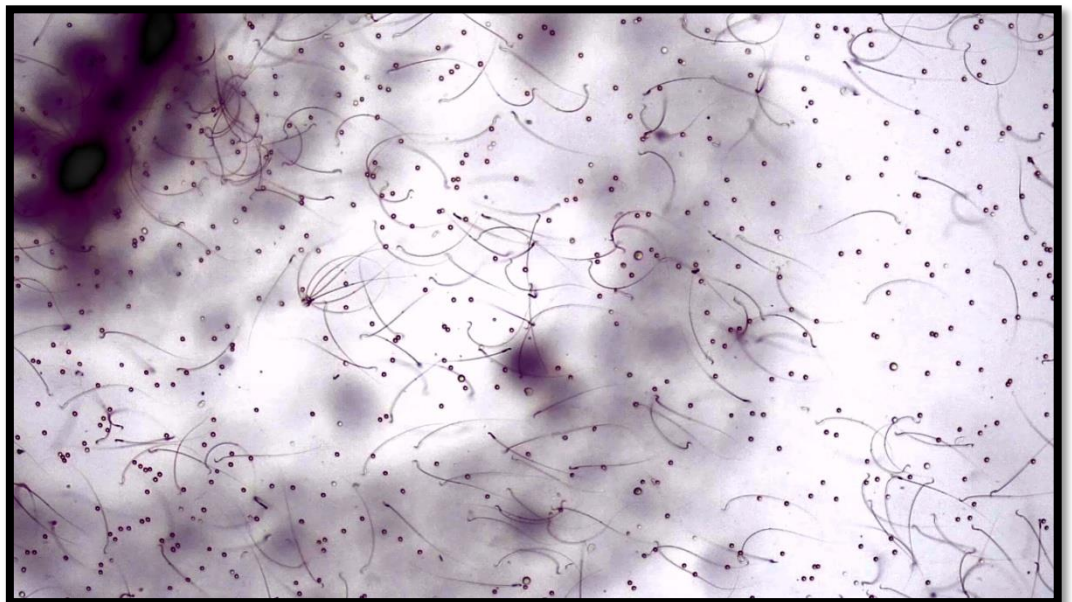
Sedangkan tikus kelompok pewangi (P1) memiliki jumlah sperma yang paling sedikit di antara ketiga kelompok lainnya dengan jumlah sperma sebesar yaitu  $2,19 \times 10^6 \pm 9,11 \times 10^5$  sperma/mL sampel. Setelah diuji dengan analisis uji *One Way Anova*, didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,269 ( $p > 0,05$ ), yang artinya tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara keempat kelompok yang dibandingkan.

**Tabel 4.2** di atas menunjukkan bahwa kelompok yang diberikan perlakuan pewangi memiliki jumlah sperma yang paling sedikit (terburuk) dibandingkan kelompok lainnya. Sedangkan kelompok yang diberikan perlakuan karbon memiliki jumlah sperma terbanyak (terbaik). Bila diurutkan dari jumlah sperma yang paling banyak (terbaik) ke jumlah sperma yang paling sedikit (terburuk), maka kelompok karbon (P2) yang terbesar diikuti kelompok kontrol (K), kemudian kelompok karbon pewangi (P3) dan yang terburuk adalah pewangi (P1). Gambaran persebaran sperma tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diamati dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

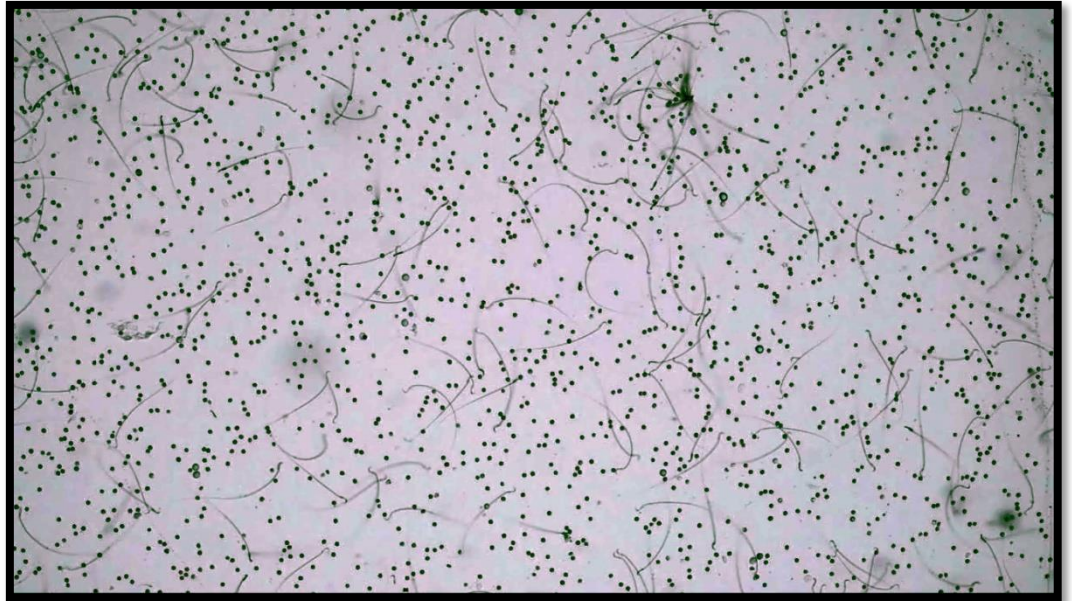




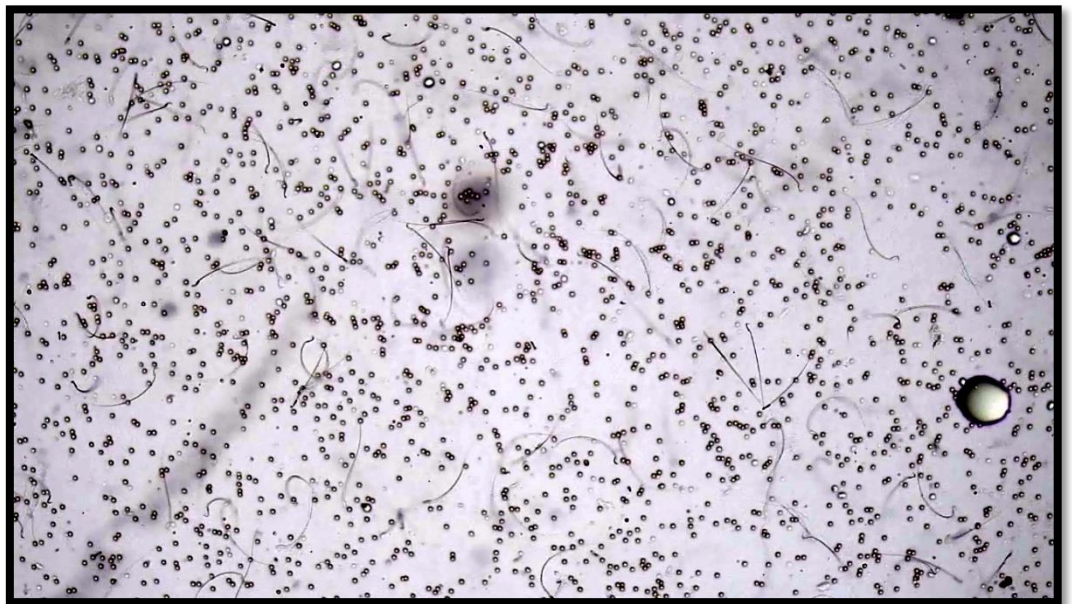
**Gambar 4.5** Gambaran persebaran sperma kelompok karbon perbesaran 10x10.



**Gambar 4.6** Gambaran persebaran sperma kelompok karbon pewangi perbesaran 10x10.



**Gambar 4.7** Gambaran persebaran sperma kelompok kontrol perbesaran 10x10.



**Gambar 4.8** Gambaran persebaran sperma kelompok pewangi perbesaran 10x10.

## C. PEMBAHASAN

### 1. Diameter Tubulus Seminiferus

Hasil penelitian pada diameter tubulus seminiferus menunjukkan tidak adanya perbedaan yang bermakna antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan terhadap variabel ini dilihat dari uji *One Way Anova* dengan  $p=0,752$ . Perbedaan yang tidak bermakna ini kemungkinan dapat terjadi karena subyek penelitian yang digunakan dan juga lama paparannya. Jika merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Manarul Ulfah (2015) yang mendapatkan hasil signifikan, terdapat perbedaan subyek penelitian yang digunakan, yaitu penelitian Manarul Ulfah (2015) menggunakan subyek penelitian berupa bayi *Rattus norvegicus* berusia 8 hari, sementara penelitian ini menggunakan *Rattus norvegicus* berusia 1 bulan. Kita ketahui bahwa pada tikus berusia 1 bulan, imunitasnya lebih kuat dibanding tikus yang masih bayi, sehingga ini dapat mempengaruhi hasil penelitian. Selain itu, penelitian Manarul Ulfah melakukan pemaparan pada *Rattus norvegicus* selama 67 hari, sementara penelitian ini hanya 35 hari.

Pada **Tabel 4.1**, dapat dilihat bahwa kelompok perlakuan pewangi (P1) memiliki rerata ukuran diameter paling kecil di antara kelompok lain, dan lebih kecil dibandingkan dengan kelompok perlakuan karbon pewangi (P3). Kelompok P1 pada penelitian ini diketahui menggunakan pewangi ruangan yang mengandung formaldehid dengan kadar 0,62 ppm. Paparan formaldehid dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan efek samping yang berbahaya

bagi tubuh (Kim *et al.*, 2015). Ozen *et al.* (2005) dalam penelitiannya menyatakan bahwa inhalasi formaldehid dapat menyebabkan diameter tubulus seminiferus dan level serum testosteron mengalami penurunan yang signifikan. Pernyataan ini berhubungan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, yakni ukuran diameter tubulus seminiferus kelompok pewangi (P1) mengalami reduksi, dan ukurannya menjadi yang paling kecil dibandingkan dengan kelompok perlakuan lainnya.

Pengaruh negatif dari paparan formaldehid ini dapat disebabkan karena formaldehid dapat memicu terjadinya stres oksidatif pada tubulus seminiferus (Zhou *et al.*, 2016). Testis diketahui sangat sensitif terhadap pengaruh stres oksidatif karena terdapat asam lemak tak jenuh yang sangat tinggi (Aitken dan Roman, 2008). Keadaan stres oksidatif terjadi ketika ada ketidakseimbangan antara level antioksidan dengan Substansi Oksigen Reaktif (SOR). Peningkatan SOR akan merusak DNA, protein, dan unsur lipid yang menyusun membran sel. Keadaan ini memicu penurunan aktifitas dari enzim *Superoxide Dismutase* (SOD) yang berperan sebagai antioksidan enzimatik yang terlibat dalam inaktivasi *scavenger* utama dan terminasi radikal oksigen bebas (Heryani *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2006). Stres oksidatif yang terjadi karena inhalasi formaldehid ini dapat memicu rendahnya tingkat perlindungan pada jaringan dan organ (Matsuoka *et al.*, 2010).

Pernyataan ini juga didukung oleh penelitian yang pernah dilakukan oleh Yuningtyaswari *et al.* (2013), yang meneliti tentang pengaruh paparan pewangi ruangan yang mengandung formaldehid dan



senyawa VOC lain terhadap diameter tubulus seminiferus tikus putih. Hasilnya, paparan pewangi ruangan dapat mempengaruhi sistem reproduksi laki-laki, yaitu mereduksi ukuran diameter tubulus seminiferus. Steinemann (2017) menyatakan bahwa kandungan pewangi ruangan selain formaldehid, juga terdapat lebih dari 100 senyawa kimia yang berbeda, termasuk VOC (terpena seperti *limonene*, *alfa-pinene*, dan *beta-pinene*; terpenoid seperti *linalool* dan *alfa-terpineol*; etanol, *benzena*, toluena dan xilena) dan semi-VOC (seperti ftalat). Setiap senyawa kimia ini memiliki efek yang berbeda-beda terhadap tubuh.

Salah satu kandungan dari pewangi ruangan, yaitu ftalat dapat mengganggu produksi hormon seperti testosteron dan abnormalitas reproduksi jika terhirup oleh manusia (Slecht *et al.*, 2008). Spermatogenesis dan fertilitas pria bergantung pada jumlah hormon testosteron pada testis (Walker, 2011). Ketiadaan hormon testosteron dan reseptor androgen dapat menyebabkan spermatogenesis tidak dapat berlanjut ke tahap meiosis (Walker, 2011). Ftalat juga dapat menyebabkan infertilitas, penurunan jumlah sperma, kriptorkidisme, hipospadia, dan defek saluran reproduksi lain yang berhubungan dengan sindrom ftalat (Slecht *et al.*, 2008).

**Tabel 4.1** memperlihatkan bahwa kelompok pewangi (P1) mempunyai rerata ukuran diameter tubulus seminiferus yang lebih kecil dari kelompok karbon pewangi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif berpengaruh baik terhadap perubahan ukuran

diameter tubulus seminiferus yang disebabkan paparan pewangi ruangan. Karbon aktif yang dipaparkan bersama pewangi pada kelompok perlakuan P3 dapat menyerap kandungan formaldehid yang terdapat pada pewangi ruangan sehingga ukuran diameter tubulus seminiferus pada kelompok ini lebih besar dibanding kelompok perlakuan pewangi (P1). Hal ini disebabkan karena karbon aktif dapat meningkatkan jumlah adsorpsi formaldehid dengan adanya peningkatan interaksi antara permukaan dari karbon aktif dan formaldehid (Tanada, *et al.*, 1999). Ada 2 jenis mekanisme penyerapan (adsorpsi) oleh karbon aktif, yaitu adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi). Pada proses fisisorpsi, adsorben akan mengikat adsorbat melalui gaya Van der Waals (Castellan, 1982, dikutip dalam Kamal, 2009). Sedangkan pada proses adsorpsi kimia, interaksi antara adsorbat dengan adsorben terjadi melalui pembentukan ikatan kimia. Proses kemisorpsi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. (Kamal, 2009)

Karbon aktif yang dipaparkan bersama pewangi dapat mengurangi produk yang mengandung VOC di udara, seperti hidrokarbon, bau udara organik dan beracun. Pada proses penyerapannya, molekul senyawa VOC yang mengkontaminasi udara tertarik dan terakumulasi di permukaan karbon aktif. Karbon yang digunakan sebagai adsorben adalah karbon yang memiliki permukaan yang luas (Shepherd, 2001). Selain itu, pada penelitian Pari *et al.*

(2004), yang melakukan penelitian mengenai efektivitas penggunaan karbon aktif untuk menyerap formaldehid pada kayu lapis, didapatkan bahwa penggunaan karbon aktif dapat mengurangi kadar emisi formaldehid pada kayu lapis dan mengurangi kadar formaldehid bebas.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka dapat dijelaskan mengapa diameter tubulus seminiferus kelompok P3 lebih besar daripada kelompok P1, yaitu karena fungsi dari karbon aktif yang dapat menyerap polutan kimiawi yang berbahaya. Karbon aktif menyaring udara yang berada di dalam kandang perlakuan sehingga akan mengurangi paparan polutan pada tubulus seminiferus tikus jantan yang menjadi subjek penelitian.

Rerata diameter kelompok kontrol (K) dibandingkan dengan kelompok karbon aktif (P2), kelompok pewangi (P1) dan kelompok karbon pewangi (P3) menunjukkan diameter rerata P2 mendekati kelompok K, sehingga dapat diartikan kelompok K cenderung lebih baik dari kelompok P2. Hal ini dapat terjadi karena penggunaan karbon aktif belum sempurna dalam menghilangkan semua polutan yang ada di udara. Selain itu, rerata ukuran diameter tubulus seminiferus kelompok K tidak berbeda nyata dengan kelompok P2. Hal ini menunjukkan bahwa paparan karbon aktif pada kelompok P2 tidak memberikan pengaruh negatif terhadap ukuran diameter tubulus seminiferus karena terbukti tidak mereduksi ukuran diameter kelompok tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa karbon aktif tidak berbahaya bagi tubuh. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi penyerapan polutan udara oleh

karbon aktif kemungkinan juga dapat mempengaruhi efektifitasnya dalam menyerap senyawa polutan dalam pewangi ruangan, di antaranya adalah luas permukaan, karakteristik senyawa yang akan diserap, suhu udara, dan juga konsentrasi senyawa tersebut.

Kesimpulannya, walaupun tidak terdapat perbedaan signifikan pada variabel ini, namun terdapat suatu kecenderungan hasil yaitu kelompok perlakuan karbon aktif memiliki hasil lebih baik daripada kelompok perlakuan pewangi dan kelompok perlakuan karbon pewangi yang juga memiliki ukuran diameter lebih besar dari pewangi. Hasil tersebut dapat menunjukkan suatu kecenderungan bahwa penggunaan karbon aktif secara tidak langsung dapat mencegah terjadinya reduksi ukuran diameter tubulus seminiferus akibat paparan pewangi ruangan.

## 2. Jumlah Sperma

Hasil penelitian terhadap variabel kedua yaitu jumlah sperma, didapatkan perbedaan yang tidak signifikan pada semua kelompok dengan  $p=0,269$  pada uji *One Way Anova*. Pada **Tabel 4.2** dapat dilihat bahwa perbandingan rerata jumlah sperma antara kelompok pewangi (P1) dengan kelompok karbon pewangi (P3) mendapatkan hasil bahwa kelompok P3 memiliki rerata jumlah sperma yang lebih banyak daripada kelompok P1. Penurunan jumlah sperma ini terjadi akibat kerusakan pada membran sel akibat adanya paparan formalin yang merupakan sumber radikal bebas eksogen yang akan meningkatkan produksi Senyawa Oksigen Reaktif (SOR). SOR merupakan mediator



yang memegang peranan penting dalam kejadian cedera sel dan kerusakan oksidatif (Burkhart *et al.*, 1990; Murray *et al.*, 1996; Saito *et al.*, 2005; Gurel *et al.*, 2005; Mc Coy, 2007).

Genotoksisitas dari formaldehid selain dapat menyebabkan penurunan jumlah sperma, namun juga dapat menyebabkan produksi sperma yang abnormal. Keseimbangan pro-oksidan dan antioksidan sangat penting bagi fungsi biologis normal sel dan jaringan. Sistem antioksidan meliputi antioksidan enzimatik seperti SOD, GSH-Px (*Glutathione Peroxidase*) dan antioksidan non-enzimatik seperti GSH (*glutathione*). SOD dan GSH-Px merupakan enzim utama yang memangsa SOR pada organ reproduksi pria. *Glutathione* memperbaiki molekul yang teroksidasi dan rusak serta berperan dalam meregulasi fungsi seluler. Stres oksidatif terjadi ketika ada kerusakan pada homeostasis oksidatif, yang kemudian menghasilkan kadar SOR berlebihan dan menyebabkan peroksidasi lipid. *Malondialdehyde* (MDA) adalah produk yang paling penting dari peroksidasi lipid, yang mengganggu biosintesis protein dengan cara membentuk adisi dengan DNA, RNA dan protein. Diketahui bahwa testis manusia dan spermatozoa sangat sensitif terhadap kerusakan akibat SOR. SOR yang berlebihan meningkatkan apoptosis sel germinal dan menghambat aktivitas spermatozoa (Zhou, 2006). Sheweita *et al.*, 2005, melaporkan hampir 40% dari pria infertil menunjukkan tingkat SOR yang tidak normal.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Yuningtyaswari, *et al.* (2013). Ia menyatakan bahwa paparan pewangi ruangan, selain dapat mereduksi ukuran tubulus seminiferus namun juga dapat mengurangi jumlah sperma pada tikus. Kandungan radikal bebas yang berupa formaldehid dan turunan *benzena* pada pewangi ruangan inilah yang dapat menyebabkan jumlah sperma pada kelompok P1 menjadi berkurang.

Badan Standardisasi Nasional (BSN) dalam peraturan Standar Nasional Indonesia nomor 19-0232-2005, tertera bahwa Kadar Tertinggi yang Diperkenankan (KTD) dari formaldehid di udara adalah sebesar  $0,37 \text{ mg/m}^3$  atau 0,3 ppm. Dalam peraturan tersebut juga disebutkan bahwa formaldehid tergolong ke dalam golongan zat kimia A-2 yaitu zat kimia yang diperkirakan karsinogen untuk manusia (*suspected human carcinogen*). Pewangi ruangan dalam penelitian ini memiliki kadar formaldehid 0,62 ppm, lebih tinggi daripada standar yang telah ditetapkan BSN, sehingga pewangi ruangan dengan kadar ini dapat memberikan efek negatif bagi tubuh jika dipaparkan dalam waktu lama.

Menurut Heryani *et al.* (2011), paparan formalin dapat menyebabkan penurunan jumlah sel-sel spermatogenik akibat sifat sitotoksik formalin. Penurunan jumlah sel-sel spermatogenik ini akan mempengaruhi tingkat kesuburan seseorang, sehingga dapat menyebabkan terjadinya infertilitas pada pria. Razi *et al.* (2013), dalam penelitiannya menyatakan bahwa paparan formaldehid dapat

menurunkan jumlah sel Leydig dan sel Sertoli, serta meningkatkan jumlah sperma abnormal. Selain itu, paparan formaldehid juga dapat menurunkan jumlah testosteron yang berakibat pada malfungsi sel Leydig. Sel Leydig adalah sel utama pada jaringan testikuler yang mengontrol fungsi fisiologis sel Sertoli agar berjalan normal. Adanya gangguan pada sel Leydig dan sel Sertoli dapat mempengaruhi proses spermatogenesis, sehingga nantinya akan berpengaruh pada jumlah sperma.

Pada **Tabel 4.2** dapat dilihat bahwa kelompok pewangi (P1) mempunyai jumlah sperma yang lebih sedikit dibandingkan dengan kelompok karbon pewangi (P3). Perbedaan jumlah tersebut dapat diartikan bahwa terdapat pengaruh dalam penggunaan karbon aktif terhadap perubahan jumlah sperma pada kelompok yang diberikan paparan pewangi ruangan. Karbon aktif yang dipaparkan bersama pewangi dapat mengurangi produk yang mengandung VOC di udara, seperti hidrokarbon, bau udara organik dan beracun. Pada proses penyerapannya, molekul senyawa VOC yang mengkontaminasi udara tertarik dan terakumulasi di permukaan karbon aktif. Karbon yang digunakan sebagai adsorben adalah karbon yang memiliki permukaan yang luas (Shepherd, 2001). Kapasitas adsorpsi karbon aktif akan meningkat dengan meningkatnya berat molekul adsorbat, diameter dinamis, titik didih, dan kerapatan (Li *et al.*, 2012).

Selain formaldehid, pewangi ruangan juga mengandung xilena dan toluena, yang juga dapat diserap oleh karbon aktif. Terserapnya

senyawa ini disebabkan karena xilena dan toluena merupakan molekul nonpolar, di mana karbon aktif juga merupakan molekul yang nonpolar, sehingga afinitas antara karbon aktif dengan xilena dan toluena sangat kuat. Akibatnya, karbon aktif dapat menyerap xilena dan toluena dengan mudah, dan jumlah senyawa tersebut berkurang di udara (Li *et al.*, 2012).

Maka dari itu, pada kelompok karbon aktif yang dipaparkan bersama pewangi, jumlah spermanya lebih banyak daripada kelompok yang hanya dipaparkan pewangi. Dapat dinyatakan karbon aktif yang digunakan bersama pewangi memiliki pengaruh terhadap jumlah sperma yang diinduksi pada hewan uji, dan kelompok yang diinduksi dengan karbon pewangi (P3) cenderung lebih baik daripada kelompok yang diinduksi hanya dengan pewangi (P1).

Rerata jumlah sperma kelompok kontrol (K) lebih rendah daripada jumlah sperma kelompok karbon aktif (P2). Hal ini menunjukkan bahwa kelompok karbon aktif (P2) cenderung lebih baik dibandingkan dengan kelompok kontrol. Perbedaan ini dapat terjadi karena kelompok kontrol (K) diletakkan di tempat berbeda dengan kelompok perlakuan, di mana kelompok perlakuan diletakkan di dalam kandang perlakuan berbentuk kotak, sementara kelompok kontrol selalu ditaruh di ruang pemeliharaan. Kemungkinan terdapat polusi udara lain yang terdapat di dalam ruang pemeliharaan sehingga dapat mempengaruhi jumlah sperma kelompok kontrol, salah satunya adalah amoniak yang terkandung dalam urin tikus. Amoniak dalam beberapa

penelitian dapat menyebabkan penurunan motilitas sperma, namun belum diketahui dampak dan mekanisme yang mendasari (Zhao *et al.*, 2016).

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan dengan adsorben lainnya (Walas 1990, dikutip dalam Maulana, 2011). Karbon aktif yang baik harus memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga besar (Sudibandriyo 2003, dikutip dalam Maulana, 2011). Pari *et al.*, (2004) dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa penambahan arang aktif berpengaruh sangat nyata terhadap emisi formaldehida.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon aktif dapat mengurangi efek negatif dari induksi polutan pewangi ruangan gel dengan kandungan formaldehid sebesar 0,62 ppm terhadap jumlah sperma.