

**PENGARUH PEMBERIAN JUS BUAH TOMAT (*Lycopersicon esculentum*
Mill.) TERHADAP JUMLAH SEL SPERMATOGENIK DAN
HISTOLOGIS TUBULUS SEMINIFERUS MENCIT (*Mus musculus* L.)
YANG DIPAPAR ASAP ROKOK**

SKRIPSI

Oleh:
MOH. NUKMAN
NIM. 13620028



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2018**

PENGARUH PEMBERIAN JUS BUAH TOMAT (*Lycopersicon esculentum* Mill.) TERHADAP JUMLAH SEL SPERMATOGENIK DAN HISTOLOGIS TUBULUS SEMINIFERUS MENCIT (*Mus musculus* L.) YANG DIPAPAR ASAP ROKOK

SKRIPSI

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:
MOH. NUKMAN
NIM. 13620028

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2018**

PENGARUH PEMBERIAN JUS BUAH TOMAT (*Lycopersicon esculentum* Mill.) TERHADAP JUMLAH SEL SPERMATOGENIK DAN HISTOLOGIS TUBULUS SEMINIFERUS MENCIT (*Mus musculus L.*) YANG DIPAPAR ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
MOH. NUKMAN
NIM. 13620028

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 10 Januari 2018

Pembimbing I,



Kholifah Holil, M.Si

NIP.19751106 200912 2 002

Pembimbing II,

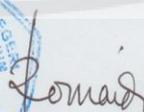


Umayyatus Syarifah, M.A

NIP.19820925 200901 2 005

Mengetahui

Ketua Jurusan Biologi,



Romadi, M.Si.

NIP. 19810201 200901 1 019

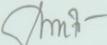
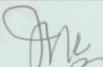
PENGARUH PEMBERIAN JUS BUAH TOMAT (*Lycopersicon esculentum* Mill.) TERHADAP JUMLAH SEL SPERMATOGENIK DAN HISTOLOGIS TUBULUS SEMINIFERUS MENCIT (*Mus musculus L.*) YANG DIPAPAR ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
MOH. NUKMAN
NIM. 13620028

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

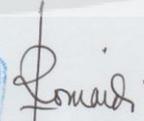
Tanggal 10 Januari 2018

Penguji Utama	<u>Dr. drh. Hj. Bayvinatul M, M.Si</u> NIP. 19710919 200003 2 001	
Ketua Penguji	<u>Dr. Retno Susilowati, M.Si</u> NIP. 19671113 199402 2 001	
Sekretaris Penguji	<u>Kholifah Holil, M.Si.</u> NIP.19751106 200912 2 002	
Anggota Penguji	<u>Umaiyatus Svarifah, M.A</u> NIP.19820925 200901 2 005	

Mengetahui dan Mengesahkan

Ketua Jurusan Biologi,




Romaidi, M.Si.

NIP. 19810201 200901 1 019

SURAT PERNYATAAN

ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Moh. Nukman

NIM : 13620028

Jurusan : Biologi

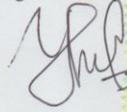
Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Pemberian Jus Buah Tomat (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Terhadap Jumlah Sel Spermatogenik Dan Histologis Tubulus Seminiferus Mencit (*Mus Musculus L*) Yang Dipapar Asap Rokok

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 Januari 2018

Yang membuat pernyataan



Moh. Nukman

NIM. 13620028

MOTTO

Adil Berfikir Ikhlas Berkarya

Dzikir, Fikir dan Amal Sholeh



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan do'a dan restu kepada penulis selama studi.
2. Segenap keluarga yang telah memberikan banyak sekali motivasi, terimakasih untuk semuanya.
3. Santri Adh-Dholam (Cut, Al, Amin, Ojan, Coro, Lemu dan Kacong), terimakasih telah mewarnai hari-hari indah di kota rantau Malang.
4. Nukleus Biologi A, bangga menjadi bagian dari kalian.
5. Teman-teman Biologi 2013 UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, banyak pelajaran berharga yang dapat penulis ambil hikmahnya.
6. Sahabat-sahabati PMII Rayon "Pencerahan" Galileo yang memberikan banyak sekali pelajaran berharga.
7. Teman-teman HMJ Biologi "Semut Merah", terimakasih untuk pengalaman berharganya.
8. Sedulur-seduluri AMAZHONE (Asosiasi Mahasiswa Zainul Hasan Genggong), atas kebersamaannya.
9. Teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih untuk semua kenangannya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan tugas akhir/skripsi dengan baik. Shalawat serta Salam semoga selalu terlimpah curahkan bagi baginda Rasulullah SAW yang telah membawa cahaya kebenaran bagi umatnya.

Penulis mengucapkan terimakasih dan harapan *jazakumulloh ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini dengan baik, sehingga dengan hormat penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Romaidi, M.Si, D.Sc, selaku Ketua Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Kholifah Holil, M.Si dan Umaiyatus Syarifah, M.A, selaku dosen pembimbing yang dengan penuh keikhlasan, dan kesabaran telah memberikan bimbingan, pengarahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Retno Susilowati, M.Si, selaku dosen wali yang telah memberikan saran, nasehat dan dukungan sehingga penulisan skripsi dapat terselesaikan.

6. Ibu Dr. drh. Hj. Bayyinatul M, M.Si dan Dr. Retno Susilowati, M.Si, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga membantu terselesainya skripsi ini.
7. Seluruh dosen, Laboran dan Staf Administrasi Jurusan Biologi yang telah membantu dan memberikan kemudahan, terimakasih atas semua ilmu dan bimbingannya.
8. Semua pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah khazanah ilmu pengetahuan serta bermanfaat kepada para pembaca khususnya kepada penulis secara pribadi.

Amin Ya Rabbal Alamin

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Malang, 10 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xii
الملخص البحث	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Hipotesis	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Batasan Masalah	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
2.1 Rokok	10
2.1.1 Definisi Rokok	10
2.1.2 Klasifikasi Rokok	10
2.1.3 Status dan Klasifikasi Perokok	11

2.1.4 Kandungan Asap Rokok.....	13
2.2 Radikal Bebas.....	14
2.3 ROS (Reactive Oxygen Species) dan Stres Oksidatif.....	17
2.4 Antioksidan	19
2.4.1 Pengertian Antioksidan	19
2.4.2 Klasifikasi Antioksidan.....	20
2.5 Mencit (<i>Mus musculus</i> L)	21
2.5.1 Deskripsi Mencit (<i>Mus musculus</i> L)	21
2.5.2 Klasifikasi Mencit (<i>Mus musculus</i> L)	22
2.5.3 Sistem Reproduksi Mencit (<i>Mus musculus</i> L.) Jantan.....	22
2.6 Testis dan Tubulus Seminiferus	24
2.7 Spermatogenesis.....	27
2.8 Hormon Yang Berpengaruh Pada Hewan Jantan.....	30
2.9 Tomat (<i>Lycopersicon esculantum</i> Mill.).....	31
2.9.1 Taksonomi dan Varietas Buah Tomat	31
2.9.2 Morfologi dan Anatomi Buah Tomat.....	31
2.9.3 Komposisi dan Nilai Gizi Tomat	33
BAB III METODE PENELITIAN	42
3.1 Jenis Penelitian.....	42
3.2 Variabel Penelitian	42
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.4 Populasi Sampel Penelitian, dan Penentuan Dosis.....	43
3.5 Alat dan Bahan.....	44
3.5.1 Alat.....	44
3.5.2 Bahan	44
3.6 Prosedur Penelitian.....	44
3.6.1 Tahap Persiapan	45
3.6.2 Tahap Pelaksanaan	45
3.6.3 Tahap Pengambilan Data	46
3.7 Teknik Analisis Data.....	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Jumlah Sel Spermatogenik Mencit	50
4.2 Kualitas Tubulus Seminiferus Testis Mencit.....	57
BAB V PENUTUP.....	643
5.1 Kesimpulan	643
5.2 Saran	643
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN- LAMPIRAN	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi perokok menurut beberapa ilmuan.....	12
Tabel 2.2. Kandungan gizi buah tomat matang tiap 180 gram bahan.....	34
Tabel 3.1 Tingkat kerusakan tubulus seminiferus berdasarkan kualitas.....	48
Tabel 4.1 Rerata dan notasi pengaruh pemberian jus buah tomat terhadap jumlah sel spermatogenik mencit yang dipapar asap rokok.....	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rokok Kretek Sebagai Warisan Budaya.....	11
Gambar 2.2 Elektron (a) Stabil (b) Tidak Stabil.....	15
Gambar 2.3 Gambar mencit (<i>Mus musculus L</i>).....	22
Gambar 2.4 Sistem organ reproduksi mencit jantan.....	23
Gambar 2.5 anatomi testis dan tubulus seminiferus mencit.....	27
Gambar 2.6 Tahapan spermatogenesis pada mencit.....	29
Gambar 2.7 (a) morfologi tanaman tomat (b) anatomi tomat.....	33
Gambar 2.8 Struktur likopen.....	35
Gambar 2.9 Struktur molekul Vitamin C.....	38
Gambar 2.10 Struktur kimia β -karoten.....	39
Gambar 2.11 Struktur kimia vitamin E.....	40
Gambar 3.1 Sel spermatogenik di tubulus seminiferus.....	48
Gambar 4.1 Struktur histologis tubulus seminiferus testis.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil jumlah sel spermatogenik mencit.....	71
Lampiran 2. Uji normalitas hasil jumlah sel spermatogenik mencit.....	72
Lampiran 3. Uji homogenitas hasil jumlah sel spermatogenik mencit.....	73
Lampiran 4. Hasil ANAVA satu arah jumlah sel spermatogenik.....	74
Lampiran 5. Hasil uji lanjut BNT signifikan 5%	75
Lampiran 6. Pembuatan notasi manual uji BNT signifikan 5%	78
Lampiran 7. Dokumentasi penelitian.....	79
Lampiran 8. Bukti konsultasi skripsi	80

ABSTRAK

Moh. Nukman, 2018. **Pengaruh Pemberian Jus Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Terhadap Jumlah Sel Spermatogenik dan Histologis Tubulus Seminiferus Mencit (*Mus musculus* L) yang Dipapar Asap Rokok.** Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing Biologi: Kholifah Holil, M.Si dan Pembimbing Agama: Umaiatus Syarifah, M.A

Kata Kunci: Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Mencit (*Mus musculus* L.), Sel Spermatogenik, Tubulus Seminiferus, dan Asap Rokok.

Infertilitas selalu menjadi hal yang ditakuti bagi setiap manusia. Hal ini karena angka infertilitas selalu meningkat drastis setiap tahunnya. Salah satu penyebab terbesar infertilitas pada pria adalah rokok. Terdapat 3 komponen toksik utama dalam asap rokok yaitu nikotin, tar, dan karbonmonoksida. Buah tomat memiliki beberapa kandungan antioksidan untuk melawan radikal bebas asap rokok. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian jus tomat terhadap jumlah sel spermatogenik dan histologis tubulus seminiferus mencit yang dipapar asap rokok.

Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan RAL menggunakan 5 kelompok perlakuan {K-, K+, P1 (0,8 gr/ekor/hari), P2 (1,6 gr/ekor/hari), P3 (2,4 gr/ekor/hari)} dan 5 ulangan pada setiap perlakuan. Sampel penelitian adalah mencit jantan *Balb/C* berumur 8-12 minggu dengan bb 20-30 gram. Pemaparan rokok dilakukan pada pukul 08.00 WIB di *smoking chamber* dengan spuit, sedangkan pemberian jus tomat dilakukan dengan sonde lambung pada pukul 12.00 selama 35 hari. Mencit dibedah dan diambil organ testisnya lalu dibuat preparat histologis. Data dianalisis menggunakan uji statistik *One Way ANOVA* tunggal, dan dilanjutkan dengan uji lanjut BNT signifikan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis yang efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatogonium adalah P2, untuk sel spermatosit dan spermatid adalah P1. Dosis yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah ketiga macam sel spermatogenik yaitu P3. Pada pengamatan tingkat kerusakan tubulus seminiferus mencit, K+ mengalami kerusakan berat, P1 dan P2 mengalami kerusakan sedang, sedangkan P3 dan K- dikategorikan normal. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh pemberian jus tomat terhadap jumlah sel spermatogenik dan histologis tubulus seminiferus mencit yang dipapar asap rokok.

ABSTRACT

Moh. Nukman, 2018. **The Effect of Tomato Fruit Juice (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) On the Number of Spermatogenic Cells and Seminiferous Tubules Histology of Mice (*Mus Musculus L*) which Exposed by Cigarette Smoke.** Thesis. Department of Biology, Faculty of Science and Technology, State Islamic University (UIN) of Maulana Malik Ibrahim, Malang. Biology Mentor: Kholifah Holil, M.Si and Religious Mentor: Umaiyatus Syarifah, M.A

Keywords: Tomato Fruit (*Lycopersicon Esculentum* Mill.), Mice (*Mus musculus L.*), Spermatogenic Cells, Seminiferous Tubules, and Cigarette Smoke.

Infertility has always been a feared thing for every human being. This is because the infertility rate always increases drastically every year. One of the biggest causes of infertility in men is cigarettes. There are 3 main toxic components in cigarette smoke that are nicotine, tar, and carbon monoxide. Tomato fruit has some antioxidant content to fight free radicals of cigarette smoke. This research was conducted to know the effect of tomato juice on the number of spermatogenic cells and seminiferous tubules histology of mice which exposed by cigarette smoke.

This research was experimental with RAL using 5 treatment groups (K-, K+, P1 (0.8 gr/mice/day), P2 (1.6 gr/mice/day), P3 (2.4 gr/mice/day)) and 5 replications on each treatment. The research sample was male mice Balb/C aged 8-12 weeks with bb 20-30 gram. Cigarette exposed at 08.00 AM in smoking chamber with a sput, while tomato juice was administered with sonde gastric at 12:00 for 35 days. Mice dissected and taken testicular organ then made histological blood smear. Data were analyzed using One Way single ANAVA statistical test, and continued with BNT test 5% significant.

The results showed that the effective dose to increase spermatogonia cell number is P2, for spermatocyte and spermatid cells are P1. The best dose to increase the number of spermatogenic cells is P3. Based on observation of damage level of seminiferous tubules, K+ was severely damaged, P1 and P2 were medium damaged, while P3 and K- were categorized as normal. From these results, it can be concluded that there is an effect of tomato juice on the number of spermatogenic cells and histological of seminiferous tubules of mice exposed by cigarette smoke.

الملخص البحث

محمد نعمان. ٢٠١٨ تأثير عصير الطماطم (ليكوبرسيكون اسكولنتوم ميل) على عدد الخلايا المنوية ونسجية الأنابيب المنوية من الفئران (موس موسكلوس) يتعرض بدخان السجائر. أطروحة. قسم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، والجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. مشرفة علم الأحياء: خليفة خليل، M.Si و مشرفة الديني: أمية الشريفة ، M.A

الكلمات المفتاحية: الطماطم (ليكوبرزيكون إسكولنتوم)، الفئران (موس موسكلوس)، الخلية المنوية، الأنابيب المنوية ، ودخان السجائر.

وكان العقم دائما شيء مخيف لكل إنسان. وذلك لأن معدل العقم دائما يزيد بشكل كبير في كل عام. واحدة من أكبر أسباب العقم لدى الرجال هي السجائر. كانت ٣ مكونات سامة رئيسية في دخان السجائر التي هي النيكوتين والقطران وأول أكسيد الكربون. الطماطم له بعض المحتوى المضادة للأكسدة لمحاربة الجذور الحرة من دخان السجائر. هدفت هذه الدراسة لتحديد أثر عصير الطماطم على عدد من الخلايا المنوية والأنابيب المنوية النسيجية من الفئران المعرضة بدخان السجائر.

نوع من هذه البحوث التجريبية بتصميم عشوائي كامل (RAL) باستخدام ٥ مجموعات {K-، K+، P1 (٠,٨ غرام/فائر/يوم)، P2 (١,٦ غرام/ فائر/يوم)، P3 (٢,٤ غرام/فائر/يوم)} و 5 مكدرات على كل علاج. وكانت عينة البحث من الفئران الذكور C/Balb الذين تتراوح أعمارهم بين ٨ - ١٢ أسابيع بوزن البدن ٢٠-٣٠ غرام. التدخين السجائر تتعرض في الساعة :٠٠ :٨ في غرفة التدخين بالحقنة، و يعطي عصير الطماطم المصنوع بالمسبار المعدة في الساعة :٠٠ :١٢ لمدة ٣٥ يوما. الفئران تشريح وأخذها الخصية ثم قدمت الاستعدادات النسيجية. تم تحليل البيانات باستخدام تحليل المتغيرات طريقة واحدة ، واستمر ب BNT هام ٥٪.

وأظهرت النتائج أن جرعة فعالة لزيادة عدد الخلايا سفرماتوغونيوم هي P2، للسفرماتوسيت والسفرماتيد هي P1. أفضل جرعة لزيادة عدد الخلايا المنوية هي P3. على الملاحظة من مستوى الضرر أنبوبي المنوية من الفئران، K+ تضررت بشدة، P1 و P2 معطوبة بشكل معتدل، ثم P3 و K- كالمعتاد. من هذه النتائج، هناك الاستنتاج أن هناك تأثير عصير الطماطم على عدد من الخلايا المنوية والأنابيب المنوية النسيجية من الفئران المعرضة بالدخان السجائر.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infertilitas atau kemandulan selalu menjadi hal yang ditakuti bagi setiap manusia. Hal ini karena angka infertilitas sendiri mengalami peningkatan yang drastis setiap tahunnya. Menurut perkiraan *World of Health Organization* (WHO) akan terjadi penambahan 2 juta pasangan infertil pertahun di masa yang akan datang (WHO, 2010). Menurut Departemen Kesehatan RI (2006), di Indonesia sendiri infertilitas terjadi lebih dari 20% pada populasi penduduknya dengan persentase 40% pada pria, 40% pada wanita dan 20% pada keduanya. Hal ini yang menyebabkan pasangan suami istri tidak mendapat keturunan. Normalnya, diperkirakan 85-90% pasangan yang sehat akan mendapat pembuahan dalam 1 tahun (DepKes, 2006). Mengacu pada angka kejadian tersebut, maka infertilitas perlu mendapat penanganan yang memadai demi keberlanjutan hidup manusia.

Allah SWT sebenarnya sudah menjelaskan agar manusia dapat memperbanyak keturunan. Hal ini terkait anjuran memperbanyak keturunan selama masih sesuai dengan syariat Islam. Firman Allah SWT dalam al-Quran surah al-baqarah (2):187 yaitu:

أَجَلٌ لَّكُمْ لَيْلَةُ الصَّيَامِ الرَّفَثُ إِلَىٰ نِسَائِكُمْ ۚ هُنَّ لِيَاسٌ لَّكُمْ وَأَنْتُمْ لِيَاسٌ هُنَّ ۗ عَلِمَ اللَّهُ أَنَّكُمْ كُنْتُمْ تَخْتَانُونَ أَنْفُسَكُمْ فَتَابَ عَلَيْكُمْ وَعَفَا عَنْكُمْ ۗ فَالَّذِينَ بَشَرُوهُنَّ وَابْتَعُوا مَا كَتَبَ اللَّهُ لَكُمْ ۗ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ مِنَ الْفَجْرِ ۗ ثُمَّ أَتَمُوا الصَّيَامَ إِلَىٰ اللَّيْلِ ۗ

وَلَا تُبَشِّرُوهُنَّ وَأَنْتُمْ عَاكِفُونَ فِي الْمَسْجِدِ ۚ تِلْكَ حُدُودُ اللَّهِ فَلَا تَقْرُبُوهَا ۚ كَذَلِكَ يُبَيِّنُ اللَّهُ آيَاتِهِ
لِلنَّاسِ لَعَلَّهُمْ يَتَّقُونَ (١٨٧)

"Dihalalkan bagi kamu pada malam hari bulan puasa bercampur dengan isteri-isteri kamu; mereka adalah pakaian bagimu, dan kamupun adalah pakaian bagi mereka. Allah mengetahui bahwasanya kamu tidak dapat menahan nafsumu, karena itu Allah mengampuni kamu dan memberi maaf kepadamu. Maka sekarang campurilah mereka dan ikutilah apa yang telah ditetapkan Allah untukmu, dan makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam, yaitu fajar. Kemudian sempurnakanlah puasa itu sampai (datang) malam, (tetapi) janganlah kamu campuri mereka itu, sedang kamu beri'tikaf dalam mesjid. Itulah larangan Allah, maka janganlah kamu mendekatinya. Demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepada manusia, supaya mereka bertakwa".

Menurut tafsir Ibnu Aqil (Abdullah, 2003) Lafadz *وَأَبْتَعُوا مَا كَتَبَ اللَّهُ لَكُمْ* mengandung makna seseorang dianjurkan untuk mencari apa-apa yang telah ditetapkan dan diperbolehkan oleh Allah SWT seperti mencampuri istri dan mendapatkan anak. Potongan ayat ini tentu mengandung suatu anjuran karena *fi'il* yang dipakai (*وَأَبْتَعُوا*) adalah *fi'il amr* atau kata kerja yang digunakan dalam suatu kalimat perintah maupun anjuran. Ayat tersebut tidak mengandung suatu dasar hukum wajib dalam syariat Islam. Jadi *fi'il amr* tersebut mengandung makna anjuran bukan perintah. Anjuran tersebut adalah anjuran untuk memperbanyak keturunan.

Dari ayat al-Quran tersebut, mengandung hikmah berupa anjuran untuk memperbanyak keturunan karena manusia merupakan *khalifah fil-ardh* (pemimpin di muka bumi). Ada beberapa cara untuk memperbanyak keturunan, salah satunya adalah dengan menurunkan angka infertilitas. Meskipun diketahui banyak faktor-faktor yang dapat menyebabkan naiknya angka infertilitas, namun setidaknya ada sebagian faktor yang dapat ditangani secara khusus.

Ahli andrologi menjelaskan bahwa faktor internal infertilitas pria 25% disebabkan oleh varikokel, 10% oleh infeksi, 5% oleh faktor imunologis dan 20% lainnya termasuk kedalam kelainan endokrin, trauma, dan sistemik (Dohle, 2004). Selain itu, faktor eksternal seperti gaya hidup yang tidak sehat juga menjadi penyebab seorang pria menjadi infertil. Puscheck (2011) menyatakan bahwa beberapa faktor eksternal seperti kebiasaan merokok, mengkonsumsi alkohol, stres, diet yang buruk, olahraga berat, mengalami kelebihan berat badan, kurang gizi, dan penyakit seksual menular.

Berdasarkan beberapa faktor di atas, salah satu penyebab terbesar infertilitas pada pria di Indonesia adalah rokok. Jumlah konsumsi rokok mencapai 215 milyar batang pertahun dengan jumlah perokok aktif mencapai 60% penduduknya, 59% diantaranya pria dan 37% wanita (Riset Kesehatan Dasar, 2007). Asap rokok yang dihirup oleh perokok aktif mengandung komponen gas dan partikel. Komponen gas terdiri dari nitrogen dan senyawa hidrokarbon, sedangkan komponen partikel beberapa diantaranya terdiri dari tar, nikotin, benzopiren, fenol dan cadmium. Namun terdapat 3 komponen toksik utama yang terdapat dalam asap rokok dan diduga kuat sebagai penyebab infertil yaitu (1) nikotin, suatu bahan adiktif yang dapat membuat seseorang ketagihan, (2) tar, bahan yang bersifat karsinogenik, dan (3) karbonmonoksida, bahan gas beracun (Karim, 2011).

Banyak penelitian dan informasi tentang bahaya rokok baik terhadap kesehatan diri sendiri maupun orang lain. Rasulullah SAW sendiri telah bersabda dalam hadits yang diriwayatkan oleh imam Malik dalam al-Muwaththa':

أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ : لَا ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ

“*Sesungguhnya Rasulullah SAW bersabda: tidak boleh melakukan perbuatan yang mencelakakan (mudharat) bagi diri sendiri maupun orang lain (II/571, no. 31)*”.

Lafadz *لَا ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ* dari hadits di atas bermakna tidak boleh menimbulkan madharat (bahaya) bagi diri sendiri tanpa alasan yang dibenarkan dalam syariat Islam. Para ahli fiqih meng-*qiyas*-kan semua perkara-perkara yang berbahaya dengan kaidah ini, terutama masalah-masalah kontemporer yang tidak ada pada zaman Rasulullah SAW. Salah satunya adalah konsumsi rokok karena bahaya radikal bebasnya.

Aitken dan Roman (2008) menyatakan bahwa paparan radikal bebas rokok secara terus-menerus akan menyebabkan terjadinya stres oksidatif. Akibatnya, pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) meningkat dan level antioksidan endogen testis menurun. Hal ini dapat mengganggu siklus pembentukan sperma (spermatogenesis) serta kelainan pada histologis tubulus seminiferus.

Nugraheni (2003) menjelaskan mekanisme kerja radikal bebas pada asap rokok yaitu menghambat kerja *GnRH* dengan cara meniru neurotransmitter asetilkolin kemudian mengikat reseptor-reseptor nikotin sehingga mengalami stres oksidatif. Akibatnya, proses umpan balik antara hipotalamus dan hipofisis anterior terganggu. Gangguan ini dapat menghambat pembentukan hormon *FSH* dan *LH*, kemudian pembentukan hormon testosteron juga terhambat (Guyton, 1991). Akibatnya, proses spermatogenesis menjadi terganggu dan produksi jumlah sel spermatogenikpun akan menurun dan histologis tubulus seminiferus mengalami kerusakan.

Menurunnya jumlah sel spermatogenik dan rusaknya histologis tubulus seminiferus seorang perokok akan berdampak pada infertilitas. Hal ini dikarenakan pada seorang perokok jumlah sel sperma yang normal lebih sedikit daripada jumlah sperma yang abnormal. Selain itu, rusaknya anatomi dan fisiologi tubulus seminiferus selaku tempat terjadinya spermatogenesis akan berdampak buruk pada proses spermatogenesis, sehingga kecil persentasenya untuk mendapatkan sel sperma yang normal.

Perlawanan utama terhadap radikal bebas asap rokok ini dapat dilakukan dengan pemberian antioksidan. Antioksidan atau peredam radikal bebas adalah senyawa yang dapat melindungi sistem biologis terhadap efek yang merusak dari suatu proses atau reaksi yang dapat menyebabkan oksidasi berlebih (Krisnky, 1996). Antioksidan juga merupakan senyawa yang dapat menghambat oksigen reaktif dan radikal bebas dalam tubuh. Senyawa antioksidan ini akan menyerahkan satu atau lebih elektronnya sehingga radikal bebas menjadi bentuk molekul yang stabil. Secara alami tubuh mempunyai antioksidan sebagai inhibitor yang bekerja menghambat oksidasi dengan cara bereaksi dengan radikal bebas reaktif membentuk radikal bebas yang relatif stabil. Akan tetapi, bila terjadi paparan radikal bebas yang terlalu banyak, antioksidan alami tersebut tidak mampu untuk mengatasinya (Simanjuntak, 2008).

Terdapat beberapa spesies tanaman di alam yang dapat dijadikan sebagai antioksidan, salah satunya adalah buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang memiliki beberapa kandungan antioksidan untuk melawan radikal bebas pada asap rokok. Tomat adalah tumbuhan dari keluarga *Solanaceae*. Atessahin

(2006) menyatakan bahwa tomat diketahui sebagai salah satu sumber terbaik likopen serta memiliki komponen antioksidan lain yang efisien dalam menghancurkan radikal bebas asap rokok. Siagian (2010) juga menambahkan bahwa selain likopen, vitamin C dan vitamin E yang juga bekerja sebagai antioksidan dalam tubuh.

Mekanisme aksi likopen sebagai antioksidan yaitu sebagai antioksidan sekunder yang menunda, memperlambat serta mencegah proses stres oksidasi (Prayoga, 2015). Ketika elektron radikal bebas stabil maka radikal bebas tidak dapat mengikat reseptor nikotinic sehingga stres oksidasi dapat dicegah. Akibatnya, mekanisme umpan balik hipotalamus dan hipofisis anterior dapat berjalan dengan baik dan produksi hormon-hormon reproduksi seperti *FSH*, *LH*, dan testosteron bisa normal kembali (Hruska, 2000).

Sebuah penelitian yang dilakukan Wulandari (2009) menyimpulkan bahwa jus tomat dapat mengurangi kerusakan kualitas spermatozoa pada testis tikus setelah dipapar nikotin dari asap rokok. Akan tetapi, dalam penelitian ini hanya sebatas menguji kualitas spermatozoa. Oleh karena itu, terdapat beberapa perbedaan dalam penelitian kali ini untuk melengkapi penelitian sebelumnya. Diantaranya yaitu; (1) peneliti menggunakan jus murni buah tomat tanpa pengenceran, (2) peneliti menggunakan 2 parameter yaitu kuantitas dari jumlah sel spermatogenik dan tingkat kerusakan pada histologis tubulus seminiferus.

Dasar perlakuan pada penelitian ini yaitu ada 5 kelompok, yaitu K-, K+, dan 3 kelompok perlakuan lainnya diberi paparan asap rokok dan jus buah tomat dengan dosis 0,8 gr/ekor/hari (P1), 1,6 gr/ekor/hari (P2), dan 2,4 gr/ekor/hari

(P3). Dosis jus tomat 1,6 gr/ekor/hari setara dengan 5,5 mg/hari pada manusia sudah dapat mengurangi stres oksidatif meskipun belum cukup optimal (Handaru *et al*, 2010). Dosis lainnya diambil rentang setengah di bawah dan di atas dari dosis tersebut (0,8 gr/ekor/hari dan 2,4 gr/ekor/hari). Penentuan lama waktu pemaparan asap rokok diambil dari keseluruhan siklus spermatogenesis pada mencit (4 siklus) yaitu selama 35 hari. Total paparan yaitu sebanyak 1 batang rokok kretek per hari dan durasinya selama 130 detik (konversi dari perokok pasif kategori sedang pada manusia)

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah ada pengaruh pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap jumlah sel spermatogenik mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok?
2. Apakah ada pengaruh pemberian jus buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) terhadap histologis tubulus seminiferus mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap jumlah sel spermatogenik mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok.

2. Untuk mengetahui pengaruh pemberian jus buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) terhadap histologis tubulus seminiferus mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok.

1.4 Hipotesis

Adapun hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ada pengaruh pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap jumlah sel spermatogenik mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok.
2. Ada pengaruh pemberian jus buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) terhadap histologis tubulus seminiferus mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis: Menambah khasanah keilmuan tentang manfaat tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dalam menangkap radikal bebas dan pengaruhnya terhadap jumlah sel spermatogenik serta histologis tubulus seminiferus.
2. Manfaat Praktis: Pemanfaatan tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat dijadikan untuk menurunkan bahaya radikal bebas asap rokok dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia.

1.6 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Buah tomat yang digunakan adalah yang banyak digunakan di Indonesia, yaitu spesies *Lycopersicon esculentum* Mill.
2. Asap rokok berasal dari pembakaran rokok kretek dengan kandungan nikotin 2.0 mg dan tar 36,07 mg, tanpa variasi rokok.
3. Mencit yang digunakan adalah mencit jantan tipe Balb/C yang berumur sekitar 8-12 minggu, dengan berat badan 20-30 gram.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Rokok

2.1.1 Definisi Rokok

Rokok adalah silinder dari kertas berukuran panjang antara 70 hingga 120 mm, diameter sekitar 10 mm yang berisi daun-daun tembakau yang telah dicacah, dan bentuk dari rokok bervariasi tergantung negara. Kandungan utama dalam rokok yaitu nikotin. Nikotin terdapat dalam asap rokok dan juga dalam tembakau yang tidak dibakar, dimana asap rokok yang dihisap mengandung kurang lebih 4000 jenis bahan kimia dan 200 diantaranya bersifat racun (Zahar G dan Bambang S, 2011).

2.1.2 Klasifikasi Rokok

Rokok dapat dibedakan menurut proses pembuatannya, bahan pembungkusnya, penggunaan filter pada rokok, serta bahan baku dan isi dari rokok tersebut. Berdasarkan penggunaan filter, rokok hanya dibagi menjadi rokok dengan filter dan rokok tanpa filter. Filter adalah gabus yang diletakkan pada pangkal dari rokok yang dimaksudkan untuk mengurangi inhalasi bahan-bahan kimia berbahaya yang terbakar pada saat merokok (Susanna D *et al*, 2003).

Klasifikasi berdasarkan bahan baku rokok, membedakan rokok menjadi rokok putih dan rokok kretek. Rokok putih menggunakan bahan baku tembakau yang diberi saus sebagai penambah rasa dan pemberi aroma. Sedangkan rokok kretek menggunakan tembakau rajangan yang dicampur dengan cengkeh. Selain bahan baku, jumlah nikotin, tar dan komponen anorganik pada rokok juga

berbeda. Rokok kretek memiliki kandungan nikotin, tar dan komponen anorganik yang lebih besar dibandingkan rokok putih (Susanna D *et al*, 2003).

Pemilihan rokok kretek untuk diteliti termasuk mengenai asapnya juga dilandasi alasan yang subjektif. Alasan subjektif itu, antara lain kretek merupakan produk khas Indonesia, warisan leluhur, dan hampir seluruh komponen kretek tersedia melimpah di dalam negeri. Selain itu, dibalik bisnis kretek juga bergantung nafkah hidup jutaan rakyat Indonesia. Terdapat perputaran uang yang sangat besar bernilai triliunan rupiah, sehingga bisnis rokok kretek ini signifikan menopang kekuatan ekonomi negara (Zahar G dan Bambang S, 2011).



Gambar 2.1 Rokok Kretek Sebagai Warisan Budaya (okezone.com, 2015).

2.1.3 Status dan Klasifikasi Perokok

Berdasarkan status dari seorang yang terpapar asap rokok, terdapat 2 status perokok yaitu perokok pasif dan perokok aktif:

- 1) Perokok pasif adalah seseorang yang tidak merokok (*passive smoker*) yang terpapar asap rokok. Asap rokok lebih berbahaya terhadap perokok pasif daripada perokok aktif. Asap rokok yang dihembuskan oleh perokok aktif dan kemudian terhirup oleh perokok pasif 5 kali lebih banyak mengandung

karbonmonoksida serta 4 kali lebih banyak mengandung tar dan nikotin (Sapphire, 2009).

- 2) Perokok aktif adalah seseorang yang merokok dan terpapar asap rokok langsung. Perokok aktif kebanyakan tidak bisa hidup tanpa rokok. Hal itu disebabkan karena kecanduan (Bustan, 2007).

Terdapat banyak sumber mengenai klasifikasi perokok berdasarkan jumlah rokok yang dikonsumsi tiap hari. Klasifikasi perokok akan diringkas dalam tabel berikut (Hata *et al*, 2012):

Tabel 2.1 Klasifikasi perokok menurut beberapa ilmuan

Kategori Perokok	Klasifikasi menurut beberapa ilmuan			
	Indeks Brinkman	Sitepoe	Smet	Mu'tadin
Perokok Ringan	0-199 poin	1-10 batang per hari	1-4 batang per hari	Sekitar 10 batang per hari, selang waktu 60 menit setelah bangun tidur
Perokok Sedang	200-599 poin	11-24 batang per hari	5-14 batang per hari	11-21 batang rokok per hari, selang waktu 31-60 menit setelah bangun tidur
Perokok Berat	lebih dari 600 poin	Lebih dari 24 batang per hari	Lebih dari 15 batang per hari	21-30 batang rokok per hari, selang waktu 6-30 menit setelah bangun tidur
Perokok Sangat Berat	-	-	-	Lebih dari 31 batang rokok per hari, selang waktu lima menit setelah bangun tidur

2.1.4 Kandungan Asap Rokok

Asap rokok meliputi asap utama (*main stream*) yang keluar dari pangkal batang rokok yang dihisap oleh perokok aktif dan asap sampingan (*side stream*) yang berasal dari pembakaran pada ujung rokok dan dikeluarkan ke lingkungan sekitar. Asap rokok mengandung lebih dari 4000 bahan kimia, partikel yang dihasilkan berukuran nanometer sampai mikrometer. Partikel ini terbentuk dari senyawa aromatik yang mempunyai gugus radikal bebas sehingga mudah bereaksi dengan sel tubuh (Lolivianda, 2013).

Asap rokok baik asap utama (*main stream*) maupun asap sampingan (*side stream*) mengandung komponen gas dan partikel. Komponen gas terdiri dari nitrogen dan senyawa hidrokarbon, sedangkan komponen partikel beberapa diantaranya terdiri dari tar, nikotin, benzopiren, fenol dan cadmium. Namun terdapat 3 komponen toksik utama yang terdapat dalam asap rokok yaitu nikotin, tar, dan karbonmonoksida (Karim, 2011).

Nikotin merupakan senyawa yang mudah diserap ke dalam sistem pembuluh darah melalui paru-paru dan selanjutnya disirkulasikan ke otak. Nikotin dapat menghambat kerja sel Leydig yang menyebabkan penurunan kadar hormon testosteron. Tar merupakan getah tembakau yang berwarna coklat berisi berbagai jenis hidrokarbon aromatik polisiklik, amin aromatik dan N-nitrosamine. Tar diketahui sebagai bahan karsinogenik yang menyebabkan kerusakan kromosom pada saat perkembangan spermatosit menjadi spermatid. Karbonmonoksida merupakan gas racun yang tidak berwarna dan tidak berbau.

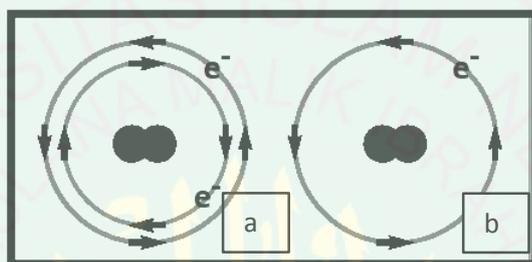
Karbonmonoksida dapat menyebabkan berkurangnya pengiriman dan pemanfaatan oksigen pada jaringan tubuh (Batubara *et al*, 2013).

Menurut Anita (2004), asap rokok kretek terutama asap rokok sampingan dapat mempengaruhi proses spermatogenesis, kualitas semen dan perubahan kadar hormon testosteron. Pengaruh tersebut dapat terjadi melalui 2 mekanisme, yaitu (1) secara langsung, komponen radikal bebas dalam asap rokok kretek terutama nikotin dapat menyebabkan peroksidasi lipid di testis yang mengakibatkan terhambatnya sintesis hormon testosteron, (2) secara tidak langsung, nikotin dalam asap rokok dapat mempengaruhi sistem saraf pusat melalui mekanisme umpan balik antara hipotalamus-hipofisis anterior, sehingga sintesis hormon testosteron testis terganggu. Akibatnya, proses spermatogenesis juga mengalami gangguan.

2.2 Radikal Bebas

Radikal bebas adalah suatu atom yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbital paling luar, sehingga sangat reaktif dan mampu bereaksi dengan protein, lipid, karbohidrat, atau DNA, sehingga reaksi antara radikal bebas dan molekul itu berujung pada timbulnya suatu penyakit (Seidenberg *et al.*, 1986). Elektron pada radikal bebas tidak semuanya berpasangan karena elektronnya sebagian ada yang ganjil. Suatu radikal tidak bermuatan positif atau negatif, keadaan radikal ini sangat reaktif karena adanya elektron yang tidak berpasangan. Suatu radikal bebas dijumpai sebagai zat yang sangat reaktif dan berenergi tinggi (Fessenden *et al*, 1997).

Elektron tidak berpasangan menyebabkan instabilitas dan bersifat reaktif. Hilang atau bertambahnya satu elektron pada molekul lain, akan menyebabkan radikal bebas baru dan terjadi perubahan dramatis fisik dan kimiawi (Trilling JS dan Jaber R., 1996). Gambaran mengenai elektron yang stabil dan tidak stabil dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Elektron (a) Stabil (b) Tidak Stabil (Hellen W dan Lynn E, 2000)

Radikal bebas merupakan produk sampingan dari pembentukan energi selama proses metabolisme tubuh. Oksidasi lemak, karbohidrat, dan protein menghasilkan ATP (Adenosine triphosphate) juga diperoleh anion superoksida dan hidroksil radikal yang biasa kita kenal sebagai radikal bebas. Selain dihasilkan oleh proses metabolisme dalam tubuh, radikal bebas juga dapat terbentuk melalui aktivitas kendaraan bermotor, merokok, dan sinar ultraviolet juga mampu merubah elektron dalam atom menjadi bersifat radikal (Wardhana *et al*, 2012).

Radikal bebas memiliki kecenderungan untuk menstabilkan muatannya dengan cara mengionisasi elektron senyawa lain dan membentuk senyawa radikal bebas baru sehingga terbentuk reaksi berantai pembentukan radikal bebas. Jika elektron suatu senyawa berikatan dengan radikal bebas secara ikatan

kovalen, maka akan berbahaya karena elektron digunakan bersama-sama pada elektron valensi (Rizqiyah, 2014).

Radikal bebas dapat merusak beberapa komponen penting dalam tubuh antara lain: (1) membran sel, terutama komponen penyusun membran berupa asam lemak tak jenuh (PUFA) yang merusak bagian dari fosfolipid dan mungkin juga protein bagian dalam, (2) kerusakan protein, (3) kerusakan DNA, dan (4) peroksida lipida (Hodgson E dan Levi P E, 2000).

Radikal bebas rokok dengan cepat memasuki sirkulasi vena pulmonal dan mencapai otak dalam waktu 10-20 detik serta mudah berdifusi ke jaringan otak. Nikotin bersifat kolinergik dan mengikat reseptor asetilkolin nikotin (NACHRs). Pengikatan inilah yang menjadi penyebab adanya stress oksidatif dan mengganggu proses kerja hormonal (Picciotto, M. R, *et al.*, 1998).

Umumnya radikal bebas diperlukan bagi kelangsungan beberapa proses fisiologis dalam tubuh, terutama untuk transportasi elektron. Radikal bebas dalam kadar normal dibutuhkan untuk perkembangan sel. Oleh sebab itu radikal bebas juga berperan dalam sistem imun dalam tubuh manusia. Apabila terjadi ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan yang disebut *stress oxidative* maka akan mengganggu kerja sistem imun. Sistem imun yang melemah dapat ditemukan pada perokok baik aktif maupun pasif, hal ini disebabkan pembakaran asap rokok yang menghasilkan radikal bebas berkali-kali lipat dibandingkan dengan radikal bebas pada metabolisme tubuh pada keadaan normal. Secara alami dalam tubuh manusia telah memiliki mekanisme pertahanan terhadap radikal bebas, yaitu antioksidan endogen intrasel yang terdiri atas enzim-

enzim yang disintesis oleh tubuh seperti *Superoksida dismutase* (SOD), katalase dan glutathion peroksidase (Venkataraman *et al*, 2004)

Nugraheni (2003) menjelaskan mekanisme kerja radikal bebas pada asap rokok secara tidak langsung yaitu menghambat kerja *GnRH* dengan cara meniru neurotransmitter asetilkolin lalu mengikat reseptor-reseptor nikotin yang banyak terdapat di beberapa jaringan seperti testis, kelenjar adrenal, hati dan prostat sehingga mengalami stres oksidatif. Akibatnya, proses umpan balik antara hipotalamus dan hipofisis anterior terganggu. Gangguan ini dapat menghambat pembentukan hormon *FSH* dan *LH*, kemudian pembentukan hormon testosteron juga terhambat. Guyton dan Arthur (2007) menambahkan bahwa terhambatnya hormon testosteron dapat mengganggu proses spermatogenesis karena hormon inilah yang menginduksi terjadinya spermatogenesis di tubulus seminiferus.

2.3 ROS (*Reactive Oxygen Species*) dan Stres Oksidatif

ROS adalah molekul oksigen yang sangat reaktif dan termasuk dalam kelompok radikal bebas yang mengandung molekul oksigen. Sedangkan stress oksidatif merupakan ketidakseimbangan antara produksi ROS dengan antioksidan. ROS sangat mudah menyebabkan kerusakan pada spermatozoa karena membran selnya mengandung sejumlah besar asam lemak tidak jenuh (*Poly Unsaturated Fatty Acids*), sehingga mudah teroksidasi (peroksidasi lipid) dan sitoplasmanya hanya mengandung sedikit enzim antioksidan yang dapat menetralkan ROS. Proses peroksidasi lemak akan mengakibatkan berkurangnya aktivitas dan jumlah sel sperma yang abnormal (Jedrzejowska RW *et al*, 2013).

Istilah peroksidasi lipid umumnya merupakan suatu proses terjadinya degradasi lipid secara oksidatif. Peroksidasi lipid merupakan proses dimana radikal bebas mengikat elektron-elektron lipid pada membran sel yang berakibat langsung pada kerusakan sel. Ada pun zat yang terlibat dalam proses peroksidasi lipid antara lain *Poly Unsaturated Fatty Acid* (PUFA), fosfolipid, glikolipid, kolesterol ester dan kolesterol. Asam lemak tak jenuh (PUFA) merupakan bahan yang paling sering terlibat dalam mekanisme oksidasi karena mengandung banyak ikatan ganda diantara molekulnya (Niki *et al*, 2005).

Sel yang teroksidasi di testis merupakan sumber ROS bagi organ testis itu sendiri, sehingga menyebabkan peningkatan stres oksidatif. Jika stress oksidatif berlebih, maka komunikasi antar sel di testis seperti sel Sertoli, sel Leydig, dan sel spermatogenik lainnya dapat mengalami kerusakan. Hal inilah yang secara langsung mengganggu proses pembentukan sperma di tubulus seminiferus, sehingga persentase jumlah sel spermatogenik yang dihasilkan menurun (Suciati, 2014).

Keadaan stres oksidatif dapat menimbulkan kerusakan oksidatif mulai dari tingkat sel, jaringan sampai ke organ tubuh. Beberapa penyakit yang sudah diteliti dan diduga kuat berkaitan dengan aktifitas radikal bebas mencakup lebih dari 50 jenis penyakit, salah satu diantaranya adalah infertilitas (Hodgson E dan Levi P E, 2000).

Kerusakan oksidatif dapat terjadi pada banyak kelas molekul, termasuk lipid, protein, asam nukleat, dan gula. Ini berarti bahwa sel, nukleus, dan membran mitokondria, struktural dan protein sitoplasma, karbohidrat kompleks,

RNA, dan DNA adalah semua berpotensi terjadi stres oksidatif. Dalam jaringan seperti testis dengan tingkat metabolisme dan replikasi sel yang tinggi, stres oksidatif dapat dengan mudah terjadi (Pryor et al, 2006).

Stress oksidatif merupakan kondisi dimana terjadi peningkatan ROS yang akan menyebabkan kerusakan sel, jaringan atau organ (Moller *et al.*, 1996; Sharma dan Agarwal, 1996; Saleh *et al.*, 2003). Pada kondisi stres oksidatif, radikal bebas akan menyebabkan terjadinya peroksidasi lipid membran sel dan merusak organisasi membran sel. Membran sel ini sangat penting bagi fungsi reseptor dan fungsi enzim, sehingga terjadinya peroksidasi lipid membran sel oleh radikal bebas dapat mengakibatkan hilangnya fungsi seluler secara total (Evans, 2000; Singh, 1992). Stress oksidatif menyebabkan infertilitas melalui efek negatifnya ke spermatozoa seperti peningkatan hilangnya motilitas, peningkatan kerusakan membran, penurunan morfologi, viabilitas, dan kemampuan spermatozoa (Twig *et al.*, 1998).

2.4 Antioksidan

2.4.1 Pengertian Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang bisa menghilangkan, membersihkan dan menahan pembentukan efek spesies oksigen reaktif (*Reactive Oxygen Species/ ROS*) (Wardhana *et al.*, 2012). Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menghambat proses autooksidasi pada semua bahan yang mengandung lipid. Puspita (2005) menyatakan bahwa antioksidan menghambat pembentukan radikal bebas dengan bertindak sebagai donor H terhadap radikal bebas sehingga radikal bebas berubah menjadi bentuk yang lebih stabil.

2.4.2 Klasifikasi Antioksidan

Berdasarkan sumbernya, antioksidan dikelompokkan menjadi 2 yaitu (Rock *et al*, 1996):

- a. Antioksidan endogen merupakan antioksidan secara alami berada dalam sel manusia diantaranya adalah superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), dan glutathion peroksidase (GPx).
- b. Antioksidan eksogen adalah antioksidan yang berasal dari luar tubuh, berasal dari makanan sehari-hari seperti vitamin-vitamin (vitamin C, vitamin E, β -karoten), dan senyawa fitokimia (karotenoid, isoflavon, saponin, polifenol). Antioksidan eksogen sendiri dibagi dalam 2 kelompok, yaitu: (1) antioksidan alami, antioksidan yang diperoleh dari hasil bahan alami. (2) antioksidan sintetik, antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesis kimia.

Berdasarkan mekanisme kerjanya dalam menekan radikal bebas, antioksidan digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu (Winarsi, 2007):

- a. Antioksidan primer, meliputi enzim superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutathion peroksidase (GSH-Px). Antioksidan primer disebut juga antioksidan enzimatis. Suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan primer, apabila dapat mendonorkan atom hidrogen secara cepat kepada senyawa radikal, kemudian senyawa radikal yang terbentuk segera berubah menjadi senyawa yang lebih stabil. Belliville (1996) menyebutkan bahwa antioksidan primer bekerja dengan mengubah

radikal bebas yang telah terbentuk menjadi molekul yang kurang reaktif.

Antioksidan kelompok ini disebut juga *chain-breaking-antioxidant*.

- b. Antioksidan sekunder atau disebut juga antioksidan nonenzimatis.

Antioksidan ini juga disebut sistem pertahanan preventif. Dalam sistem pertahanan ini, terbentuknya senyawa oksigen reaktif dihambat dengan cara penangkapan oksigen dan mengubah hidroperoksida menjadi spesies non radikal. Antioksidan non-enzimatis dapat berupa nonnutrisi dan komponen nutrisi dari sayuran dan buah-buahan, termasuk senyawa metabolit sekunder. Kerja sistem antioksidan ini yaitu dengan memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas. Akibatnya, radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler.

- c. Antioksidan tersier, kelompok antioksidan tersier meliputi sistem enzim DNA-repair dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim-enzim ini berfungsi dalam perbaikan biomolekuler yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas.

2.5 Mencit (*Mus musculus L*)

2.5.1 Deskripsi Mencit (*Mus musculus L*)

Mencit (*Mus musculus L*) merupakan salah satu hewan percobaan yang sering digunakan di laboratorium yang biasa disebut dengan tikus putih. Mencit memiliki ciri-ciri: mata berwarna merah, kulit berpigmen, berat badan bervariasi, tetapi umumnya pada umur 4 minggu berat badan mencapai 18-20 gram (Mangkoewidjojo, 1988). Gambar mencit disajikan pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Gambar mencit (*Mus musculus* L.) (Mangkoewidjojo, 1988)

2.5.2 Klasifikasi Mencit (*Mus musculus* L)

Klasifikasi mencit adalah sebagai berikut (Boolootion, 1991):

Kingdom : Animalia

Filum : Chordata

Kelas : Mammalia

Ordo : Rodentia

Famili : Muridae

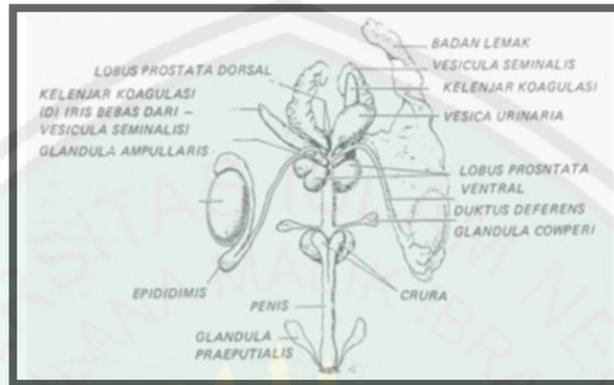
Genus : Mus

Spesies : *Mus musculus* L.

2.5.3 Sistem Reproduksi Mencit (*Mus musculus* L.) Jantan

Organ reproduksi jantan terdiri atas organ reproduksi primer, kelompok kelenjar kelamin pelengkap, dan organ kopulasi. Organ reproduksi primer mencit jantan disebut gonad atau testis yaitu kelenjar benih yang merupakan bagian alat reproduksi utama pada hewan jantan. Kelenjar kelamin pelengkap terdiri atas kelenjar vesikularis, kelenjar prostat, dan kelenjar cowper, serta saluran-saluran reproduksi yang terdiri dari epididimis, dan vas deferen. Organ kopulasi mencit jantan yaitu penis yang merupakan alat kelamin luar, berfungsi untuk

menyalurkan sperma pada organ reproduksi betina (Marimbi, 2010). Sistem organ reproduksi jantan disajikan dalam gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 Sistem organ reproduksi jantan (Heffner, 2006)

Yatim (1994) mengemukakan bahwa saluran reproduksi jantan terdiri dari duktus efferens, epididimis, vas deferens, duktus ejakulatoris dan uretra. Terdapat 2 macam sel epitel yang melapisi ductuli efferens yaitu sel epitel yang bersilia dan bermikrofilii. Epididimis merupakan tempat pematangan dan penyimpanan spermatozoa. Saluran vas deferens merupakan lanjutan langsung dari epididimis. Saluran vas deferens berlumen dan berdinding lebih tebal dari saluran sebelumnya, lapisan terdalam disebut lapisan mukosa yang membentuk lipatan longitudinal.

Menurut Marimbi (2010) duktus ejakulatoris memiliki otot-otot yang kuat dan berperan selama ejakulasi. Saluran ini bermuara pada uretra. Uretra tersusun atas sekelompok sel epitel transisional, jaringan ikat longgar, pembuluh darah dan dibungkus lapisan otot lurik yang tebal. Pada alat kelamin bagian luar yaitu penis yang berfungsi untuk menyalurkan semen ke dalam tubuh betina setelah melalui proses yang telah di jelaskan di atas. Penis

terdiri atas 3 batang silinder jaringan yang erektil (dapat berereksi), terdiri dari 2 batang korpus kavernosa sebelah atas, 1 batang korpus spongiosum di bawah. Korpus spongiosum menyelaputi uretra. Batang yang erektil itu terdiri dari ruangan-ruangan banyak yang kusut dan terhubung antar sesamanya. Jika penis berereksi, darah memenuhi batang silinder jaringan tadi sehingga keras dan tegang (Yatim, 1994).

2.6 Testis dan Tubulus Seminiferus

Testis merupakan organ reproduksi primer pada hewan jantan. Testis berbentuk bulat lonjong, sepasang kiri dan kanan dan berada dalam kantong (*scrotum*) (Yatim, 1994). Ada sekitar 250 ruang dalam satu testis, ruang itu berbentuk piramida dengan puncaknya pada mediastinum. Sekat tidak tertutup sempurna sehingga ada hubungan antara lobuli bersebelahan. Setiap lobuli mengandung lilitan tubuli semeniferi (tunggal: tubulus seminiferus). Spermatozoa serta hormon *inhibin*, ABP (*androgen binding protein*) dan estrogen dihasilkan dalam tubulus. Antara tubuli dalam setiap septa diisi oleh jaringan interstisial. Jaringan ini mengandung sel Leydig, penghasil hormon androgen (testosteron) (Yatim, 1994).

Testis normal mempunyai 2 fungsi yang penting (1) memproduksi spermatozoa hidup dan subur (2) memproduksi hormon androgen, atau hormon kelamin jantan, testosteron. Testis tergantung pada chorda spermaticus dengan bagian anterior testis lebih ke bawah atau dengan posisi ventral. Testis ini diselubungi oleh selapis tenunan pengikat yang tipis dan elastis disebut tunica albugenia. Bila diraba terasa kukuh dan kuat. Segmen-segmen

testis mengandung banyak tubuli seminiferus yang berkelok-kelok, jaringan longgar dan sel-sel interstisial yang berserakan (Salisbury, 1987).

Tubulus seminiferus dibatasi oleh epitel berlapis kompleks bergaris tengah sekitar 150-250 μm dan panjang 30-70 cm. Tubulus kontortus membentuk jala dimana setiap tubulus berujung buntu atau bercabang. Pada ujung apikal tiap-tiap tubulus, lumen menyempit dan epitel yang membatasi dengan segera berubah menjadi lapisan selapis kubus yang mempunyai satu flagela. Segmen yang pendek ini dikenal sebagai tubulus rektus atau tubulus lurus, menghubungkan tubulus seminiferus dengan saluran-saluran anastomosis yang dibatasi oleh epitel labirin, rete testis. Tubulus seminiferus terdiri atas unsur-unsur berikut (1) jaringan fibrosa (2) lamina basalis (3) epitel germinativum atau seminiferus kompleks. Epitel terdiri atas 2 jenis sel: sel Sertoli dan sel yang merupakan turunan spermatogenik. Sel turunan spermatogenik tersusun dalam 4-8 lapisan yang menempati ruang antara membrana basalis dan lumen tubulus. Sel ini membelah beberapa kali dan akhirnya berdiferensiasi menghasilkan spermatozoa (Junquiera, 1980).

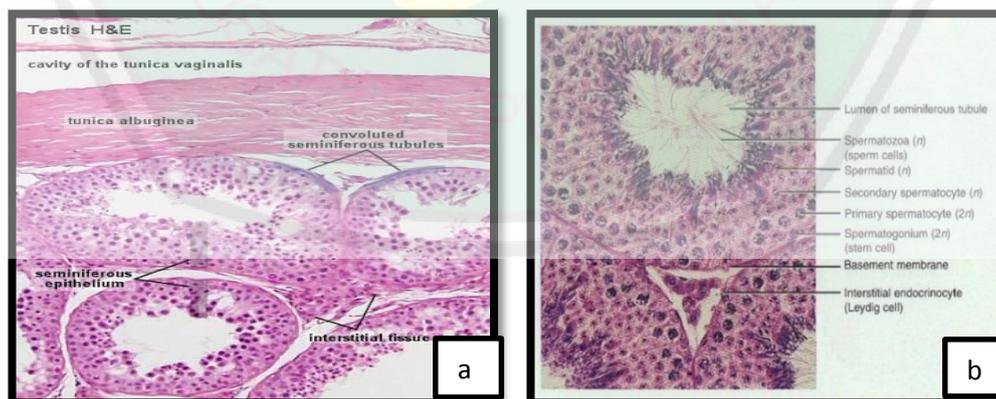
Sel-sel Sertoli adalah sel-sel piramidial panjang yang saling bertautan dengan sel-sel spermatogenik. Sel-sel ini mempunyai 3 fungsi utama (1) penyokong, pelindung dan mengatur nutrisi spermatozoa yang sedang berkembang karena sel spermatogenik dipisahkan dari suplai darah oleh selubung sel Sertoli. Sel-sel spermatogenik ini tergantung pada sel-sel Sertoli (2) fagositosis, selama spermatogenesis sitoplasma spermatid yang berlebihan dibuang sebagai badan residu. Fragmen sitoplasma ini difagosit,

dihancurkan dan selanjutnya diresorpsi oleh lisosom sel Sertoli (3) sekresi, sel-sel ini terus mengekskresi ke dalam tubulus seminiferus suatu cairan yang mengalir ke arah duktus genitalis dan digunakan untuk transport sperma. Sekresi protein pengikat androgen oleh sel-sel Sertoli di bawah pengawasan FSH dan testosteron, berperan untuk mengkonsentrasikan testosteron dalam tubulus seminiferus yang akan digunakan dalam spermatogenesis (Junquiera, 1980).

Selain sel epitel tubulus dan sel Sertoli, ada pula sel-sel spermatogenik yaitu sel spermatogonium, spermatosit primer, spermatosit sekunder, spermatid, dan spermatozoa. Ciri utama sel spermatogonium yaitu berukuran relatif besar, berbentuk bulat, sitoplasma sel pucat, inti sel rapat dan besar dengan kromatin ireguler, gelap dan terletak di dekat membran basal epitel tubulus. Sel spermatosit primer sangat khas karena sel ini merupakan sel yang paling besar dibandingkan dengan sel spermatogenik lainnya, dan memiliki inti yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan sel spermatogonia. Spermatosit sekunder memiliki bentuk yang menyerupai spermatosit primer, hanya saja ukurannya lebih kecil dan letaknya lebih mendekati lumen. Sel spermatid berada disekitar lumen yaitu pada lapisan setelah spermatosit primer, berukuran paling kecil, berbentuk bulat, memiliki sitoplasma yang sedikit dan kromatin pada inti selnya padat (Yatim, 1994).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perubahan anatomi dan fisiologis testis ada 2 macam, yaitu faktor endogen dan eksogen (Gupta, 2005):

- a. Faktor endogen: (1) hormon, kerja sistem hormon reproduksi (FSH, LH, dan testosteron) yang optimal membuat anatomi dan fisiologis testis normal, (2) psikologis, seseorang yang mengalami gangguan kejiwaan memungkinkan untuk mengalami gangguan di testis meskipun tidak secara langsung, (3) genetik, kelainan pada anatomi testis dapat diturunkan secara genetik dari orang tua, (4) umur, semakin mendekati andropause maka fungsi kerja testis semakin menurun, dan (5) radikal bebas, efek dari paparan radikal bebas secara langsung dapat merusak anatomi dan fisiologis testis.
- b. Faktor eksogen: bahan kimia, suhu, radiasi, nutrisi, trauma, dan polusi. Faktor eksogen tidak secara langsung mempengaruhi anatomi dan fisiologis testis dan dampaknya juga sangat lama. Akan tetapi pemaparan yang terus-menerus juga dapat mengakibatkan kondisi anatomi dan fisiologis testis menjadi abnormal.



Gambar 2.5 anatomi (a) testis (b) tubulus seminiferus mencit (Hafez, 1980).

2.7 Spermatogenesis

Spermatogenesis adalah proses pembentukan sel spermatogonium menjadi spermatozoa. Spermatogenesis terjadi pada semua tubulus seminiferus

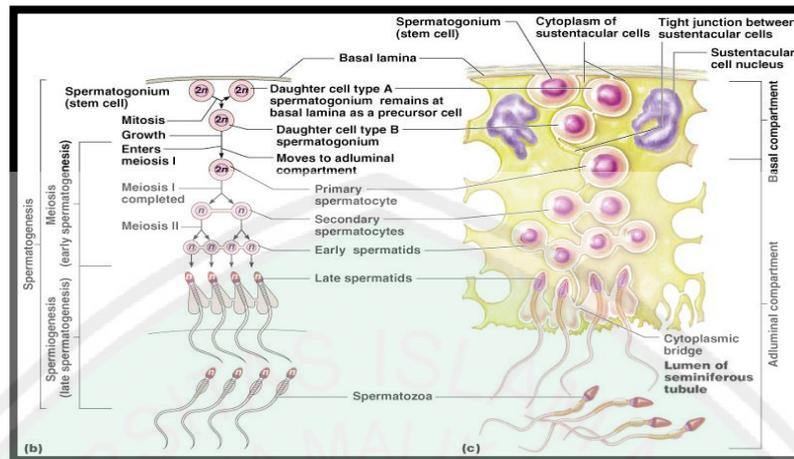
selama kehidupan seks aktif sebagai akibat perangsangan hormon gonadotropin, adenohipofisis dan terus berlangsung selama hidup (Yatim, 1994). Spermatogenesis pada mencit berlangsung selama 4 siklus dan 1 siklus membutuhkan waktu kurang lebih 207 ± 6 jam atau $8,63 \pm 0,25$ hari, sehingga keseluruhan proses spermatogenesis membutuhkan waktu kurang lebih 35 hari (Rugh, 1968).

Proses pembentukan sel ini menandakan bahwa manusia diciptakan oleh Allah SWT dengan terencana dan bukan terjadi secara kebetulan. Firman Allah SWT dalam al Qur'an surah al Mu'minun (23) 12-13:

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ سُلَّةٍ مِّنْ طِينٍ (١٢) ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَارٍ مَّكِينٍ (١٣)

“Dan sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari suatu saripati (berasal) dari tanah. Kemudian Kami jadikan saripati itu air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kokoh (rahim)”.

Ayat ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan penciptaan manusia. Tahapan yang pertama dijelaskan pada lafadh “سُلَّةٍ”, menurut al-Qurthubi (2006) dalam tafsirnya kata tersebut bermakna “sari pati tanah”. Ayat berikutnya diawali dengan kata “ثُمَّ” yang berarti “kemudian” dan menunjukkan adanya tahapan yang terjadi di dalamnya. Ayat di atas mengisyaratkan bahwa dari pembentukan sperma yang diawali dari sari pati tanah membutuhkan beberapa tahapan. Tahapan inilah yang dikenal dalam ilmu biologi sebagai proses spermatogenesis. Tahapan spermatogenesis pada mencit disajikan pada gambar 2.6 sebagai berikut:



Gambar 2.6 Tahapan spermatogenesis pada mencit (Campbell, 2004)

Spermatogenesis merupakan proses perkembangan sel-sel spermatogenik yang terdiri dari 3 tahap yaitu tahap spermatositogenesis atau proliferasi, tahap meiosis dan spermiogenesis. Spermatositogenesis merupakan proliferasi sel induk spermatogonia yang membelah secara mitosis menghasilkan spermatosit primer. Spermatosit primer mengalami pembelahan meiosis I menjadi spermatosit sekunder. Pembelahan meiosis I terdiri dari profase, metafase, anafase dan telofase. Profase dari spermatosit primer dibedakan menjadi leptoten, zigoten, pakiten, diploten dan diakinesis. Spermatosit pakiten merupakan sel yang mudah diamati karena memiliki kromatid tebal, memendek, dan ukuran relatif besar dibandingkan sel spermatogenik yang lainnya. Pada pembelahan meiosis II spermatosit sekunder menjadi spermatid. Spermatid mengalami perubahan morfologi dari bentuk bulat menjadi bentuk oval dan berekor yaitu spermatozoa melalui proses spermiogenesis (Johnson and Everitt, 1990).

2.8 Hormon Yang Berpengaruh Pada Hewan Jantan

Umpan balik hipotalamus dan hipofisis anterior dalam sistem reproduksi jantan merupakan mekanisme dimana hipotalamus mensekresikan hormon GnRH. Hormon ini merangsang kelenjar hipofisis anterior untuk mensekresi FSH dan LH. Kedua hormon ini memegang peran utama mengatur fungsi seksual jantan. FSH mengawali proses proliferasi spermatogenesis, LH yang disekresi oleh kelenjar hipofisis anterior akan merangsang sel interstitial untuk mensekresi testosteron yang diperlukan untuk pematangan akhir spermatozoa di testis. Gangguan pada proses sekresi dan pengangkutan LH, FSH, dan testosteron dapat mengganggu spermatogenesis (Prajogo, 2007).

Organ testis memproduksi sejumlah hormon jantan yang semuanya disebut androgen. Salah satu yang paling poten dari androgen adalah testosteron. Fungsi testosteron adalah merangsang pendewasaan spermatozoa yang terbentuk dalam tubuli seminiferus, merangsang pertumbuhan kelenjar-kelenjar asesoris (prostata, vesikularis dan bulbourethralis) dan merangsang pertumbuhan sifat jantan. LH merangsang sel Leydig untuk memproduksi androgen. Sebagai reaksi lanjutan meningkatnya kadar testosteron dalam tubuh, terjadilah proses pendewasaan spermatozoa dalam tubuli seminiferus dan kegiatan metabolisme dalam kelenjar-kelenjar kelamin (Partodihardjo, 1992).

2.9 Tomat (*Lycopersicon esculantum* Mill.)

2.9.1 Taksonomi dan Varietas Buah Tomat (*Lycopersicon esculantum* Mill.)

Secara lengkap para ilmuwan mengklasifikasikan tanaman tomat dengan sistematis sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 1993):

Divisi: Spermatophyta

Subdivisi: Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Solanales

Famili : Solanaceae

Genus : *Lycopersicon*

Spesies : *Lycopersicon esculantum* Mill.

Buah tomat memiliki beberapa varietas. Buah tomat menurut bentuknya, dapat digolongkan menjadi: (1) Tomat Cherry (*Lycopersicon esculantum* Mill., var. *Cerasiforme* (Dun) Alef), bentuknya seperti kelengkeng; (2) Tomat Tegak (*Lycopersicon esculantum* Mill., var. *validum* Bailey); (3) Tomat Kentang atau Tomat Daun Lebar (*Lycopersicon esculantum* Mill., var. *grandifolium* Bailey); (4) Tomat Apel atau Pir (*Lycopersicon esculantum* Mill., var. *pyriforme* Alef); (5) Tomat Biasa (*Lycopersicon esculantum* Mill., var. *commune*) (Pratiwi, 2009).

2.9.2 Morfologi dan Anatomi Buah Tomat (*Lycopersicon esculantum* Mill.)

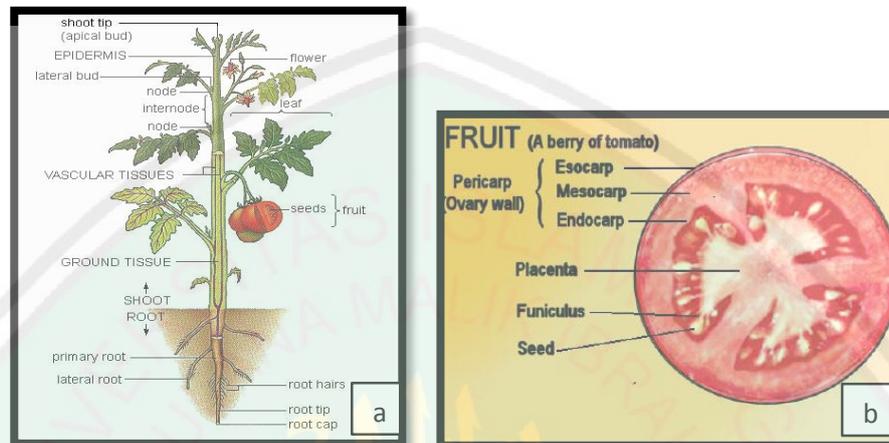
Tanaman tomat merupakan tanaman setahun (annual) atau tahunan (perennial) yang berumur pendek dan perawakannya perdu. Tinggi tanaman mencapai 2-3 m atau lebih, memiliki batang bulat dan membengkok pada buku-buku, bagian yang masih muda berambut biasa dan ada yang berkelenjar.

Tanaman ini dapat tumbuh tegak atau merambat pada tali, namun harus dibantu dengan beberapa ikatan. Jika dibiarkan merambat maka akan cukup rimbun menutupi tanah karena bercabang banyak. Daunnya berbentuk bulat telur memanjang dan meruncing, lemas, tepi daun bergerigi dan menyirip kasar, dan permukaan daun berbulu. Berakar tunggang, namun relatif tidak dalam (Rukmana, 1994). Kuntum bunganya terdiri dari 5 helai daun kelopak dan 5 mahkota berwarna kuning. Buahnya berbentuk bulat, bulat lonjong, bulat pipih, atau oval. Buah yang masih muda berwarna hijau muda sampai hijau tua, buah yang sudah tua berwarna merah cerah atau gelap, merah kekuning-kuningan, atau merah kehitaman. Daging buahnya lembut, lunak, dan banyak mengandung biji. Buah tomat memiliki rasa manis, asam, dan sedikit dingin (Pratiwi, 2009).

Bentuk bakal buahnya ada yang bulat panjang, berbentuk bola atau jorong melintang. Buahnya buni, berdaging, berbiji banyak, agak berbulu. Bentuk buahnya ada yang bulat, lonjong, bulat pipih, ada pula yang beralur sedang hingga dalam. Apabila masih muda, buahnya cukup keras dan akan lunak jika sudah masak (Rismunandar, 1995).

Buah tomat terdiri dari beberapa bagian yaitu perikarp, plasenta, funikulus, dan biji. Anatomi buah tomat dapat dilihat pada Gambar 2.7. Perikarp meliputi eksokarp, mesokarp, dan endokarp. Eksokarp adalah lapisan terluar dari buah dan sering mengandung zat warna buah terdiri dari dinding perikarp dan kulit buah. Perikarp meliputi dinding luar dan dinding radial (septa) yang memisahkan rongga lokula. Mesokarp adalah lapisan yang paling dalam berupa selaput terdiri dari parenkim dengan ikatan pembuluh (jaringan tertutup) dan lapisan bersel

tunggal yaitu lokula. Endokarp adalah lapisan paling dalam terdiri dari biji, plasenta, dan *columella* (Rancic *et al*, 2010).



Gambar 2.7 (a) morfologi tanaman tomat (b) anatomi tomat (Rismunandar, 1995).

2.9.3 Komposisi dan Nilai Gizi Tomat (*Lycopersicon esculantum* Mill.)

Terdapat banyak tanaman yang memiliki kandungan gizi yang khasiat bagi tubuh. Sebenarnya Allah SWT sudah menjelaskan bahwa setiap tanaman yang memiliki kandungan berbeda-beda beserta manfaatnya, termasuk salah satunya adalah buah tomat. Hal ini difirmankan Allah SWT dalam al-Quran potongan surah Al-An'am (6): 99 yaitu:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا

مُتَرَاكِبًا (٩٩)

“Dan Dia-lah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak”.

Menurut tafsir al-Mishbah (Shihab, 2002) ayat di atas mengandung makna bahwa setiap tanaman memiliki kandungan yang berbeda-beda. Semua kandungan tersebut, tidak ada satupun yang Allah SWT ciptakan sia-sia,

termasuk salah satunya adalah buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang memiliki kandungan gizi kompleks untuk melawan radikal bebas pada asap rokok. Kandungan gizi pada buah tomat dapat dilihat pada table berikut (tabel 2.2):

Tabel 2.2. Kandungan gizi buah tomat matang tiap 180 gram bahan

Nutrien	Jumlah	Kebutuhan per hari (%)	Kepadatan nutrisi
Likopen	67 mg	63,2	37,3
Vitamin C	34,38 mg	57,3	27,3
Vitamin A	1121,40 IU	22,4	10,7
Vitamin K	14,22 mcg	18,8	8,5
molybdenum	9,00 mcg	12,0	5,7
Kalium	399,6 mg	11,4	5,4
Mangan	0,19 mg	9,5	4,5
Serat	1,98 g	7,9	3,8
Kromium	9,00 mcg	7,5	3,6
Vitamin B1	0,11 mg	7,3	3,5
Vitamin B6	0,14 mg	7,0	3,3
Folat	27,00 mcg	6,8	3,2
Tembaga	0,13 mg	6,5	3,1
Vitamin B3	1,13 mg	5,6	2,7
Vitamin B2	0,09 mg	5,3	2,5
Magnesium	19,80 mg	5,0	2,4
Besi	0,81 mg	4,5	2,1
Vitamin B5	0,44 mg	4,4	2,1
Phosphor	43,20 mg	4,3	2,1
Vitamin E	0,68 mg	3,4	1,6
Tryptophan	0,01 g	3,1	1,5
Protein	1,53 g	3,1	1,5

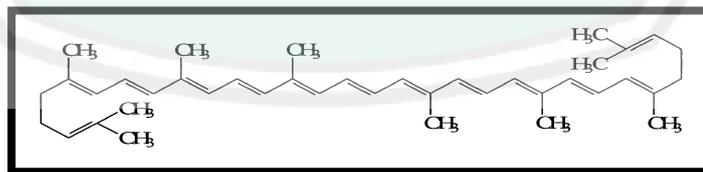
(Sumber: Whfoods.org, 2007).

Kandungan antioksidan yang menonjol dari tomat adalah likopen dan vitamin C serta beberapa antioksidan lain yang jumlahnya relatif kecil yaitu vitamin E, flavonoid dan asam fenolat (Grolier P *et al*, 1997). Berdasarkan fungsinya, karotenoid dan vitamin C dapat digolongkan sebagai antioksidan sekunder yang berperan dalam menangkap radikal bebas serta mencegah

terjadinya reaksi berantai sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih besar (Kumalaningsih S. 2007).

2.8.3.1 Likopen

Likopen adalah pigmen yang memberi warna merah pada tomat (Siagian A. 2010). Likopen terdiri dari hidrokarbon polien dengan rantai asiklik terbuka tak jenuh, mempunyai 13 ikatan rangkap, dimana 11 diantaranya ikatan rangkap konjugasi yang tersusun linier (Rao AV dan Agarwal S, 2000). Likopen memiliki karakteristik fisik dengan rumus molekul $C_{40}H_{56}$, berat molekul 536,88, warna merah terang, bentuk kristal seperti jarum dan panjang kecoklatan, tidak larut dalam air, larut dalam benzene, n-heksan, metilen klorida dan pelarut organik lain, titik leleh $172^{\circ}C-175^{\circ}C$, dan titik didih terdekomposisi. Sedangkan karakteristik kimianya antara lain akan mengendap dengan kehadiran ion Ca^{2+} dalam larutannya, bereaksi dengan oksigen bebas ($C_{40}H_{56} + n O_n \rightarrow (n+1) R-C-O$), dan teroksidasi oleh zat-zat oksidator membentuk molekul yang lebih kecil dengan bentuk $R-C=O$ (Lockwood (2007)). Gambar struktur likopen secara singkat dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Struktur likopen (Helmenstine, 2007)

Likopen mempunyai aktivitas antioksidan 2 kali lebih kuat dibandingkan beta karoten dan 10 kali lipat lebih kuat dibandingkan vitamin E. Reaksi likopen sebagai antioksidan di dalam tubuh lebih baik daripada vitamin A, C, E, maupun mineral lainnya. Antioksidan likopen berupa karotenoid utama yang terdapat

dalam tomat. Likopen disebut sebagai salah satu antioksidan paling kuat di dunia (Winarsi H, 2007).

Likopen diketahui merupakan *scavenger* yang efisien untuk oksigen tunggal. Selama menangkap oksigen tunggal, energi dipindahkan dari oksigen tunggal ke molekul likopen, mengubahnya ke dalam keadaan dengan peningkatan energi 3 kali lipat. Karena itu, likopen memungkinkan untuk digunakan sebagai perlindungan terhadap oksidasi lipid, protein, dan DNA (Matos HR *et al*, 2000). Likopen paling banyak kandungannya pada beberapa jaringan antara lain paru-paru, kelenjar adrenal, hati, prostat, dan testis, (Nugroho, 2007).

Likopen tidak seperti karotenoid lain yang akan hilang atau berkurang apabila mengalami proses pengolahan. Likopen justru akan semakin kaya pada bahan makanan tersebut setelah diolah. Tsang (2005) menyatakan bahwa hal ini disebabkan karena likopen terikat dengan struktur sel tomat dan proses pengolahan dapat melepaskan likopen dari struktur sel tersebut. Sunarmani dan Kun Tanti (2008) juga menambahkan bahwa tomat yang diproses menjadi jus memiliki kandungan likopen yang tinggi dibandingkan dalam bentuk segar.

Likopen tomat memiliki manfaat sebagai senyawa anti-infertil dengan meningkatkan jumlah, motilitas, dan morfologi spermatozoa pada pria akibat rokok. Kandungan yang terdapat dalam tomat seperti likopen dapat digunakan sebagai antioksidan kuat untuk melawan radikal bebas yang merupakan salah satu penyebab infertilitas pada pria (Prayoga, 2015). Penelitian Mangiagalli MG (2012) menyimpulkan bahwa seseorang yang mengkonsumsi makanan yang kaya likopen 2 kali dalam sehari selama 3 bulan berturut-turut akan meningkatkan

jumlah spermatozoa orang tersebut sekitar 67%, struktur sperma akan mengalami perbaikan sebanyak 63% dan motilitasnya meningkat sebesar 73%.

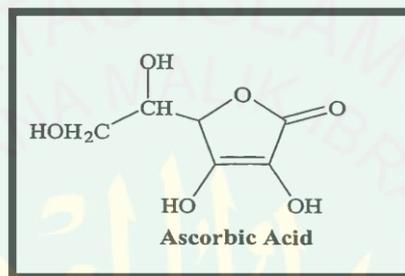
Mekanisme aksi likopen pada tomat sebagai antioksidan yang melawan radikal bebas asap rokok yaitu sebagai antioksidan sekunder yang memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan cara menangkapnya dan mengubahnya menjadi non-radikal (Prayoga, 2015). Jika elektron radikal bebas stabil, maka radikal bebas tidak dapat mengikat reseptor nikotinic sehingga stres oksidasi dapat dicegah. Akibatnya, mekanisme umpan balik hipotalamus dan hipofisis anterior dapat berjalan dengan baik dan produksi hormon-hormon reproduksi seperti FSH, LH, dan testosteron bisa normal kembali (Hruska, 2000).

Likopen yang banyak didistribusikan ke beberapa jaringan seperti di testis dapat juga secara langsung menunda, memperlambat serta mencegah proses peroksidasi lipid dengan cara memecah ikatan nikotin dengan asam lemak tidak jenuh (*Poly Unsaturated Fatty Acids*) yang ada di jaringan testis khususnya di tubulus seminiferus (Nugroho, 2007).

2.8.3.2 Vitamin C (Asam Askorbat)

Vitamin C adalah substansi yang larut dalam air. Vitamin C juga menjadi antioksidan dalam cairan ekstraseluler, dan mempunyai aktivitas intraseluler yang baik (Tuminah, 1999). Kumalaningsih (2007) mengemukakan bahwa vitamin C merupakan antioksidan yang berperan penting dalam membantu menjaga kesehatan sel. Sumber vitamin C yang penting berada dalam makanan terutama berasal dari buah-buahan dan sayur-sayuran.

Vitamin C ini memiliki formula $C_6H_8O_6$ dengan berat molekul (BM) sebesar 176.13. Purwantaka (2005) menyatakan bahwa vitamin C mampu menangkap radikal bebas hidroksil. Hal ini dikarenakan vitamin C memiliki gugus pendonor elektron berupa gugus enadiol. Struktur kimia vitamin C dalam bentuk asam askorbat disajikan pada gambar 2.9 berikut ini (Winarti, 2010):



Gambar 2.9 Struktur molekul Vitamin C (Winarti, 2010)

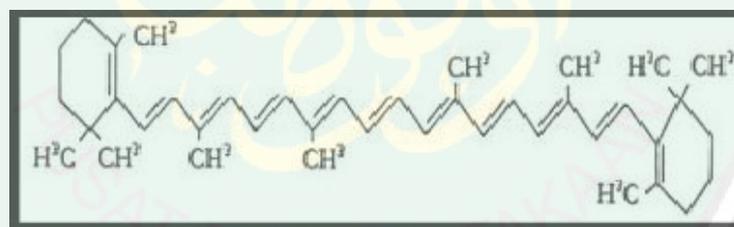
Peran vitamin C sebagai senyawa antioksidan non-enzimatis adalah dengan cara mendonorkan elektron (oksidasi) terhadap radikal oksigen seperti superoksida, radikal hidroksil, radikal peroksil, radikal sulfur, dan radikal nitrogen oksigen yang dapat menghambat proses metabolisme tubuh (Astuti, 2009). Muhammad (2009) mengemukakan bahwa vitamin C disebut sebagai antioksidan dengan mendonorkan elektronnya, sehingga dapat mencegah terbentuknya senyawa lain dari proses oksidasi dengan melepaskan satu rantai karbon. Meskipun telah memberikan elektronnya pada radikal bebas, vitamin C akan teroksidasi menjadi *semidehydroascorbut acid* atau *radical ascorbic* yang relatif stabil.

Vitamin C berfungsi sebagai antioksidan, dan juga memiliki fungsi lain yaitu menjaga dan memacu kesehatan pembuluh-pembuluh kapiler, membantu penyerapan zat besi, dapat menghambat produksi nitrosamin yang merupakan

salah satu zat pemicu kanker. Vitamin C juga diperlukan untuk melindungi molekul-molekul dalam tubuh seperti protein, peroksidasi lipid, karbohidrat dan asam nukleat (Fauzi, 2008).

2.8.3.3 Vitamin A (β -karoten)

Vitamin A (β -karoten) merupakan salah satu dari 600 komponen karotenoid yang berfungsi sebagai antioksidan yang kuat untuk oksigen reaktif sehingga mampu mengikat radikal bebas (Winarsi, 2007). Muchtadi (2008) menambahkan bahwa β -karoten juga mampu menangkap oksigen reaktif dan radikal peroksil yang kemudian menetralkannya. Tilong (2011) juga menambahkan bahwa β -karoten sebagai antioksidan yang larut dalam lemak yang dapat menjaga kerusakan oksidasi dinding sel. Struktur kimia dari β -karoten disajikan pada gambar 2.10 berikut ini (Winarti, 2010):



Gambar 2.10 Struktur kimia β -karoten (Winarti, 2010)

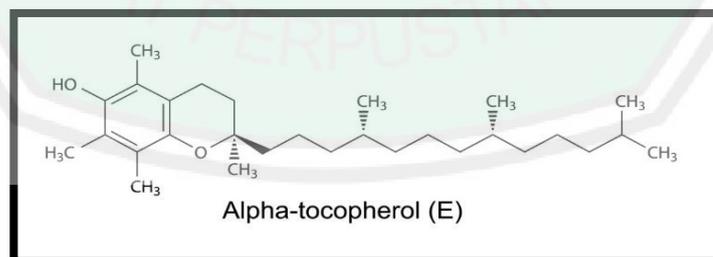
β -karoten bereaksi dengan senyawa radikal peroksil dalam 2 tahap yaitu dengan cara membentuk radikal karoten peroksil dan kemudian membentuk karoten peroksida. Senyawa β -karoten mampu berperan untuk menghentikan reaksi berantai dari radikal bebas (Muhammad, 2009). β -karoten berperan penting dalam pencegahan penyakit degeneratif, yaitu dengan cara mempertahankan fungsinya sebagai antioksidan (Kumalaningsih, 2007). Senyawa β -karoten mampu berperan untuk menghentikan reaksi berantai dari

radikal bebas. β -karoten dapat menangkap O_2 karena adanya 9 ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Energi untuk reaksi ini dibebaskan dalam bentuk panas sedemikian rupa sehingga sistem regenerasi tidak diperlukan (Winarti, 2010).

Asupan betakaroten yang cukup dapat mencegah berbagai macam penyakit seperti, kanker, sistem reproduksi, katarak, dan sebagainya (Winarsi, 2007). Penelitian epidemiologi menunjukkan bahwa asupan β -karoten yang tinggi dari sayur dan buah-buahan dapat menyebabkan beberapa penyakit yang ganas seperti kanker prostat (Muchtadi, 2008).

2.8.3.4 Vitamin E (Tocoferol)

Vitamin E (Tocoferol) adalah substansi yang larut dalam lemak. Vitamin E merupakan antioksidan utama dalam semua membran seluler, dan melindungi asam lemak tak jenuh terhadap peristiwa oksidasi (Tuminah, 1999). Vitamin E secara alami memiliki 8 isomer yang dikelompokkan dalam 4 tocoferol (β , α , γ , δ) dan 4 tocoterienol (β , ϵ , γ , δ) homolog. Struktur kimia vitamin E disajikan pada gambar 2.11 berikut ini (Winarsi, 2007):



Gambar 2.11 Struktur kimia vitamin E (Winarsi, 2007)

Tocoferol, terutama α -tocoferol, telah diketahui sebagai antioksidan yang mampu mempertahankan integritas membran eritrosit dan lipoprotein plasma. Sebagai antioksidan, vitamin E berfungsi sebagai donor ion hidrogen yang mampu mengubah radikal peroksil (hasil peroksidasi lipid) menjadi radikal

tocoferol yang kurang reaktif, sehingga tidak merusak rantai asam lemak (winarti, 2010). Muhammad (2009) menambahkan bahwa radikal vitamin E dapat mengalami regenerasi oleh adanya glutation atau asam askorbat dengan cara tocoferol memindahkan atom hidrogen yang memiliki elektron tunggal sehingga dapat menyingkirkan radikal bebas peroksil lebih cepat dibandingkan dengan reaksi radikal protein membran. Radikal tocoferol yang tidak reaktif akan dieliminasi oleh asam askorbat.

Vitamin E berkolaborasi dengan oksigen menghancurkan radikal bebas. Secara umum, manfaat dari vitamin E antara lain mencegah penyakit hati, mengurangi kelelahan, membantu memperlambat penuaan karena oksidasi, mensuplai oksigen ke darah, menguatkan dinding pembuluh kapiler darah dan juga membantu mencegah sterilitas (Iswara, 2010). Vitamin ini berfungsi sebagai pelindung terhadap peroksidasi lemak di dalam membran (Muchtadi, 2008).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) yang menggunakan 5 kelompok perlakuan yang masing-masing kelompok terdiri dari 5 ulangan yang ditentukan secara acak. Pada masing-masing kelompok diberikan cadangan sebanyak 2 ekor. Adapun perlakuan yang digunakan yaitu:

- a. Kelompok K-: kelompok kontrol negatif, sebanyak 5 ekor mencit tanpa diberi jus tomat dan tanpa dipapar asap rokok.
- b. Kelompok K+: kelompok kontrol positif, sebanyak 5 ekor mencit tanpa diberi jus tomat dan dipapar asap rokok.
- c. Kelompok P1: kelompok perlakuan, sebanyak 5 ekor mencit diberi jus tomat dengan dosis 0,8 gr/ekor/hari dan dipapar asap rokok.
- d. Kelompok P2: kelompok perlakuan, sebanyak 5 ekor mencit diberi jus tomat dengan dosis 1,6 gr/ekor/hari dan dipapar asap rokok.
- e. Kelompok P3: kelompok perlakuan, sebanyak 5 ekor mencit diberi jus tomat dengan dosis 2,4 gr/ekor/hari dan dipapar asap rokok.

3.2 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas : dosis jus tomat 0,8 gr/ekor/hari, 1,6 gr/ekor/hari, dan 2,4 gr/ekor/hari.

- b. Variabel terikat: jumlah sel spermatogenik mencit dan tingkat kerusakan tubulus seminiferus mencit.
- c. Variabel kontrol: usia mencit, pakan mencit, kandang mencit, lama pemaparan, dan jumlah rokok.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September - November 2017 di Laboratorium Fisiologi Hewan dan Laboratorium Hewan Coba Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang serta Laboratorium Fisiologi Manusia Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang.

3.4 Populasi Sampel Penelitian, dan Penentuan Dosis

Populasi penelitian ini adalah mencit strain *Balb/C* jantan karena lebih sensitif terhadap rangsang, lebih mudah diinfeksi serta mudah dalam pemeliharaannya. Mencit diperoleh dari Laboratorium Hewan Coba Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Total sampel penelitian terdiri dari 35 ekor mencit umur 8-12 minggu dengan berat badan kisaran 20-30 gram.

Dosis jus tomat 1,6 gr/ekor/hari setara dengan 5,5 mg/hari pada manusia sudah dapat mengurangi stres oksidatif meskipun belum cukup optimal (Handaru *et al*, 2010). Dosis lainnya diambil rentang setengah di bawah dan di atas dari dosis tersebut (0,8 gr/ekor/hari dan 2,4 gr/ekor/hari).

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: jas laboratorium, masker, sarung tangan, neraca analitik, blender, pengaduk, beaker glass, kertas saring, pipet ukur, gelas ukur, spuit yang dimodifikasi, tabung reaksi, kandang hewan coba, tempat makan dan minum mencit, *smoking chamber*, papan bedah, seperangkat alat bedah, korek api, sonde lambung, kaca preparat, mikrotom, freezer, dan mikroskop komputer.

3.5.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: buah tomat spesies *Lycopersicon esculentum* Mill, pakan pellet a1 dan minum mencit, sekam, rokok kretek, paraffin, NaCl fisiologis 0,9%, kloroform, alkohol 70%, xylol, cutter, aquades, HE (Hematoxilen Eosin), tissue dan testis mencit.

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi 3 tahap, yaitu:

- a. Tahap persiapan: tahap ini meliputi persiapan hewan coba (aklimatisasi), pembuatan jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.), serta penentuan dan pembuatan dosis perlakuan.
- b. Tahap pelaksanaan: tahap ini meliputi pengelompokan dan perlakuan hewan coba.

- c. Tahap pengambilan data: tahap ini meliputi pembuatan preparat histologis testis, pengamatan, dan pengambilan data jumlah sel spermatogenik (spermatogonium, spermatosit dan spermatid) serta tingkat kerusakan tubulus seminiferus.

3.6.1 Tahap Persiapan

3.6.1.1 Persiapan Hewan Coba

Sebelum penelitian dilakukan, hal-hal yang perlu dipersiapkan adalah tempat pemeliharaan hewan coba yang meliputi kandang, sekam kayu, tempat pakan dan minum mencit. Selanjutnya, mencit diaklimatisasi selama 7 hari dan diberi pakan serta minum yang berlebih (Lutfiani D, 2010).

3.6.1.2 Pembuatan Jus Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Buah tomat terlebih dahulu dipilih yang sudah matang dan berwarna merah. Pembuatan jus tomat tidak dibuat stok, tetapi dilakukan setiap hari sebelum perlakuan dengan diblender kurang lebih 2,5 menit, diambil filtratnya dengan disaring dan dibuang residunya (Gunawan, 2006). Sunarmani dan Kun Tanti (2008) menyatakan bahwa tomat yang diproses menjadi jus memiliki kandungan antioksidan yang tinggi dibandingkan dalam bentuk segar.

3.6.2 Tahap Pelaksanaan

3.6.2.1 Perlakuan Pemaparan Asap Rokok

Sebelum pemaparan, mencit dipindahkan ke dalam *smoking chamber* berukuran 30 x 15 x 15 dengan ventilasi udara terbatas. Rokok kretek lalu dibakar dan dihisap secara berkala dengan spuit yang telah dimodifikasi. Pemaparan asap rokok pada mencit dilakukan pada pukul 08.00 WIB selama 35 hari. Penentuan

lama waktu pemaparan asap rokok diambil dari keseluruhan siklus spermatogenesis pada mencit (4 siklus) yaitu selama 35 hari. Total paparan yaitu satu batang rokok per hari dan durasi setiap paparan selama 130 detik dengan jeda waktu 10 detik {konversi menurut Mu'tadin dalam Hata *et al* (2012) dari perokok pasif kategori sedang pada manusia yaitu 11-21 batang rokok per hari, selang waktu 31-60 menit setelah bangun tidur}

3.6.2.2 Perlakuan Pemberian jus tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Pemberian jus buah tomat sesuai dosis pada masing-masing kelompok dilakukan dengan cara oral menggunakan sonde lambung. Pemberiannya dilakukan sekitar pukul 12.00 selama 35 hari. Mencit dipuasakan sehari sebelum pembedahan. Selanjutnya mencit dibius dengan kloroform dan didislokasi lehernya, kemudian dilakukan pembedahan dan diambil bagian organ testisnya. Sampel testis yang telah diambil kemudian dibuat preparat dan dilakukan pengamatan dan pengambilan data.

3.6.3 Tahap Pengambilan Data

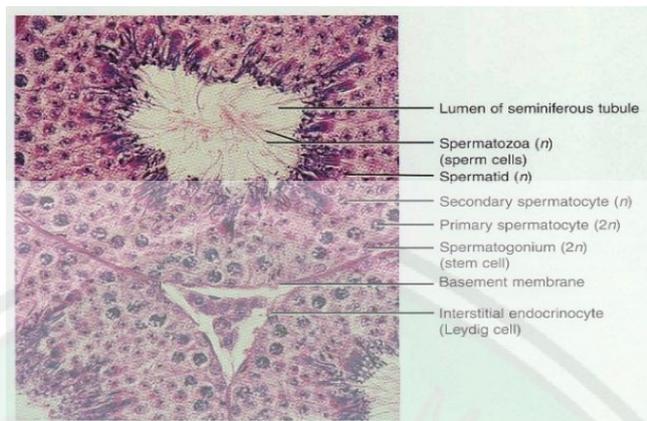
3.6.3.1 Pembuatan Preparat Tubulus Seminiferus Mencit

Pada akhir perlakuan mencit dibius dengan kloroform, kemudian dilakukan pembedahan dan diambil sampel testisnya. Sampel testis kemudian dibuat preparat histologis. Adapun langkah-langkah pembuatan preparat testis adalah mencit dibedah terlebih dahulu untuk pengambilan testis dan selanjutnya ditimbang. Dari setiap sampel dibuat preparat irisan dengan metode paraffin dengan larutan fiksatif Bouin. Kemudian dipilih irisan yang paling baik, diwarnai dengan HE (*Hematoxylin eosin*) (Suntoro, 1980).

3.6.3.2 Pengamatan dan Pengambilan Data

Pengamatan preparat testis dilakukan di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400X. Pada data jumlah sel spermatogenik dilakukan dengan cara menghitung jumlah sel spermatogenik yang meliputi spermatogonium, spermatosit dan spermatid. Perhitungan jumlah sel dilakukan pada 5 lapangan pandang secara acak dari kiri ke kanan. Berikut kriteria masing-masing sel spermatogenik menurut Yatim (1994):

- a. Sel spermatogonium, berukuran relatif besar, berbentuk bulat, sitoplasma sel pucat, inti sel besar dengan kromatin tidak teratur, inti yang sangat rapat, dan terletak di dekat membran basal epitel tubulus.
- b. Sel spermatosit primer, sangat khas karena sel ini merupakan sel yang paling besar dibandingkan dengan sel spermatogenik lainnya, dan memiliki inti yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan sel spermatogonium. Sel spermatosit sekunder menyerupai spermatosit primer akan tetapi ukurannya lebih kecil dan lebih mendekati lumen.
- c. Sel spermatid pada tubulus seminiferus berada disekitar lumen yaitu pada lapisan setelah spermatosit primer, berukuran paling kecil, berbentuk bulat, memiliki sitoplasma yang sedikit dan kromatin pada inti selnya padat.



Gambar 3.1 Sel spermatogenik di tubulus seminiferus (Hafez, 1980).

Pada pengamatan tingkat kerusakan tubulus seminiferus, data dibuat secara kualitatif yang diperoleh dari satu lapangan pandang secara acak. Kriteria tingkat kerusakan tubulus seminiferus dapat dilihat pada tabel 3.1:

Tabel 3.1 Tingkat kerusakan tubulus seminiferus berdasarkan kualitas

Kategori	Deskripsi
Normal	Susunan sel spermatogenik teratur dengan kerapatan 85%-100%, sel Sertoli dan Leydig rapat, lumen tampak terisi penuh oleh spermatozoa, epitel tubulus normal.
Ringan	Susunan sel spermatogenik teratur tapi sedikit longgar dengan kerapatan 70%-85%, lumen terisi oleh ≥ 10 spermatozoa, epitel tubulus normal.
Sedang	Susunan sel spermatogenik longgar dengan kerapatan 50%-70%, lumen terisi oleh < 10 spermatozoa, epitel tubulus sedikit rusak.
Berat	Susunan sel spermatogenik sangat longgar bahkan kosong dengan kerapatan $< 50\%$, sel Sertoli dan Leydig sangat sedikit bahkan tidak ada, lumen tidak terisi sel spermatozoa, epitel tubulus rusak.

Sumber: Sukmaningsih (2009)

3.7 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan dianalisis dengan menggunakan uji statistik *One Way ANOVA* tunggal karena hanya menggunakan satu faktorial. Bila terdapat perbedaan sangat nyata dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan BNT dengan signifikan 5% untuk melihat perbedaan sangat nyata antara kelompok kontrol dengan kelompok masing-masing perlakuan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat meningkatkan aktivitas antioksidan sehingga dapat menekan stres oksidatif pada mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok. Organ testis sangat mudah mengalami stres oksidatif karena pada membran sel spermatogeniknya mengandung sejumlah besar asam lemak tidak jenuh (*Poly Unsaturated Fatty Acids*) sehingga mudah teroksidasi. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan jumlah sel spermatogenik dan kerusakan tubulus seminiferus. Hasil dan pembahasan penelitian ini disajikan berdasarkan dua parameter penelitian, yaitu pengaruh pemberian jus buah tomat terhadap jumlah sel spermatogenik dan histologi tubulus seminiferus mencit yang dipapar asap rokok.

4.1 Jumlah Sel Spermatogenik Mencit

Hasil penelitian pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap jumlah sel spermatogenik mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok meliputi sel spermatogonium, spermatosit dan spermatid. Hasil yang diperoleh selanjutnya disajikan pada lampiran 1. Berdasarkan hasil ANAVA satu arah jumlah sel spermatogenik untuk semua perlakuan yang terdapat pada lampiran 2, sel spermatogonium diperoleh $F_{hitung} 22,71 \geq F_{tabel (1\%)}$ 4,43, sel spermatosit diperoleh $F_{hitung} 31,906 \geq F_{tabel (1\%)}$ 4,43, dan untuk sel spermatid diperoleh $F_{hitung} 9,788 \geq F_{tabel (1\%)}$ 4,43. Hal ini menunjukkan bahwa

ada pengaruh pemberian jus buah tomat terhadap jumlah dari ketiga sel spermatogenik menciit yang dipapar asap rokok.

Selanjutnya, untuk mengetahui pengaruh dari setiap perlakuan yang diberikan maka perlu dilakukan uji BNT taraf signifikan 5%. Berikut rangkuman hasil rerata dan notasi pengaruh pemberian jus buah tomat terhadap jumlah sel spermatogenik menciit yang dipapar asap rokok:

Tabel 4.1 Rerata dan notasi pengaruh pemberian jus buah tomat terhadap jumlah sel spermatogenik menciit yang dipapar asap rokok

Perlakuan	Rerata dan notasi BNT 5% pada jumlah sel spermatogenik		
	Spermatogonium	Spermatisit	Spermatid
K+	80,6 a	93 a	89,4 a
P1	89,2 ab	128 a	114 a
P2	113 b	148,4 b	153 b
P3	148,4 c	152 c	182 c
K-	172,6 c	192 d	215 d
Nilai BNT	24.45	23.93	27.70

Berdasarkan hasil uji BNT 5% (tabel 4.1) sel spermatogonium, menunjukkan bahwa pada perlakuan K+ berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3, dan K- tapi tidak berbeda nyata dengan P1. Perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P3 dan K- tapi tidak berbeda nyata dengan K+ dan P2. Sedangkan P2 berbeda nyata dengan perlakuan K+, P3 dan K- tapi tidak berbeda nyata dengan P1. P3 dan K- tidak berbeda nyata akan tetapi keduanya berbeda nyata dengan K+, P1, dan P2.

Pada pengamatan sel spermatogonium, nilai reratanya lebih sedikit jumlahnya dibanding dengan rerata pada jumlah sel spermatisit maupun spermatid. Hal ini ada kaitannya dengan sel epitel germinal yang merupakan

cikal bakal pembentukan spermatogonium sebelum akhirnya menjadi spermatosit, spermatid, kemudian spermatozoa. Menurut Soehadi dan Arsyad. (1982) nikotin mempunyai pengaruh teratogenik sehingga dapat diasumsikan nikotin punya pengaruh terhadap sel epitel germinal di dalam tubulus seminiferus testis, sehingga sel epitel germinal yang dihasilkan terganggu perkembangannya.

Dosis yang efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatogonium lebih tinggi kadarnya dibanding sel spermatogenik lainnya yaitu 1,6 gr/ekor/hari. Efek sitotoksik dari radikal bebas rokok yang mengganggu kerja umpan balik hipotalamus dan hipofisis anterior sehingga menghambat pembentukan hormon FSH dan LH. Partodihardjo (1992) menyatakan bahwa terhambatnya FSH akan mengganggu proses mitosis dan proliferasi. FSH sangat diperlukan dalam proses proliferasi jumlah sel spermatogonium. Bila pengangkutan glukosa terhambat, maka sintesis protein juga akan terhambat yang pada akhirnya mengakibatkan perkembangan jumlah sel spermatogonium terganggu.

Pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dengan berbagai variasi dosis terbukti memiliki pengaruh dalam meningkatkan jumlah sel spermatogonium mencit yang terpapar asap rokok tersebut. Dosis yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatogonium adalah perlakuan P3. Akan tetapi perlakuan P3 tidak melebihi K- dalam meningkatkan jumlah sel spermatogonium.

Sementara itu, hasil uji BNT 5% (tabel 4.1) pada sel spermatosit, menunjukkan bahwa pada perlakuan K+ dan P1 tidak berbeda nyata, akan tetapi keduanya berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan K-. Sedangkan P2

berbeda nyata dengan semua kelompok perlakuan (K+, P1 P3 dan K-). P3 juga berbeda nyata dengan semua kelompok perlakuan (K+, P1 P2 dan K-). Perlakuan K- juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan semua kelompok perlakuan (K-, P1 P2 dan P3).

Pada pengamatan sel spermatisit, rerata tertinggi yaitu pada perlakuan K- (192 sel), sedangkan rerata terendah yaitu pada K- (192 sel). Selisih keduanya sangat jauh bahkan dua kali lipatnya. Hal ini disebabkan oleh efek sitotoksik dari radikal bebas rokok yang mengganggu kerja umpan balik hipotalamus dan hipofisis anterior sehingga kemudian menghambat pembentukan hormon FSH dan testosteron.

Bartlett (1989) dalam Sukmaningsih (2009) menyatakan bahwa FSH menstimulasi terjadinya spermatogenesis dan testosteron dalam konsentrasi intratestikuler yang tinggi akan menjaga proses ini. Testosteron diperlukan untuk memulai proses meiosis sel spermatisit. Penurunan jumlah spermatisit ini didukung juga oleh pernyataan Johnson dan Everitt (1990) bahwa spermatisit sangat sensitif terhadap pengaruh luar dan cenderung mengalami kerusakan setelah profase meiosis pertama khususnya pada tahap pakiten, yaitu pada saat terjadinya pindah silang antara kromosom yang homolog. Bila spermatisit mengalami kerusakan, maka akan mengalami degenerasi dan difagositosis oleh sel Sertoli sehingga jumlahnya menjadi berkurang.

Pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dengan berbagai variasi dosis terbukti memiliki pengaruh dalam meningkatkan jumlah sel spermatisit mencit. Dosis yang efektif untuk meningkatkan jumlah sel

spermatisit adalah P1 (0,8 gr/ekor/hari). Sedangkan dosis yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatisit adalah perlakuan P3 (2,4 gr/ekor/hari). Akan tetapi perlakuan P3 tidak melebihi K- dalam meningkatkan jumlah sel spermatisit.

Sedangkan hasil uji BNT 5% (tabel 4.1) sel spermatid, menunjukkan bahwa pada perlakuan K+ dan P1 tidak berbeda nyata, akan tetapi keduanya berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan K-. Sedangkan P2 berbeda nyata dengan semua kelompok perlakuan (K+, P1 P3 dan K-). P3 juga berbeda nyata dengan semua kelompok perlakuan (K+, P1 P2 dan K-). Perlakuan K- juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan semua kelompok perlakuan (K-, P1 P2 dan P3). Adapun rerata tertinggi yaitu pada perlakuan K- dengan rerata 215, sedangkan rerata terendah yaitu pada perlakuan K+ dengan nilai 89,4. Dosis yang efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatid adalah P1 (0,8 gr/ekor/hari). Sedangkan dosis yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatid adalah perlakuan P3 (2,4 gr/ekor/hari).

Salah satu penyebab menurunnya jumlah spermatid pada perlakuan K+ yaitu jumlah spermatisit yang juga menurun karena spermatisit yang mengalami meiosis kedua akan menjadi spermatid. Selain itu, menurunnya sekresi testosteron karena perlakuan asap rokok menyebabkan terganggunya spermiogenesis. Pada penelitian Mc Lachlan *et al.* (1996) hormon testosteron dan FSH menyebabkan spermatid terikat pada sel Sertoli. Holdcraft (2004) menyatakan bahwa hormon testosteron akan menjaga semua tahap perkembangan spermatid. Penurunan hormon ini mengakibatkan terlepasnya spermatid dari sel Sertoli ke lumen

tubulus. Hal ini mengakibatkan gagalnya tahap spermiogenesis. Sel Sertoli mempunyai peranan penting dalam spermiogenesis tetapi asap rokok bersifat toksik terhadap fungsi sel Sertoli (Guvén *et al.* 1999).

Satriyasa (2005) menyatakan bahwa penurunan FSH akan menyebabkan perubahan struktur sitoskeletal sel Sertoli sehingga mengurangi kemampuan dalam mengikat spermatid. Sedangkan penurunan LH yang berdampak pada penurunan testosteron akan menyebabkan penurunan daya adhesi antara sel spermatid dengan sel Sertoli yang menyebabkan sel spermatid ke dalam lumen tubulus seminiferus. FSH juga turut membantu pematangan spermatid menjadi spermatozoa selama proses spermatogenesis. Penurunan FSH dan testosteron tersebut akan menyebabkan sel spermatid degenerasi.

Pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dengan berbagai variasi dosis terbukti memiliki pengaruh dalam meningkatkan jumlah sel spermatid. Dosis yang efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatid adalah P1 (0,8 gr/ekor/hari). Sedangkan dosis yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatid adalah perlakuan P3 (2,4 gr/ekor/hari). Akan tetapi perlakuan P3 tidak melebihi K- dalam meningkatkan jumlah sel spermatid.

Pada perlakuan P3 untuk semua perlakuan, dosis tomat mampu mengimbangi efek radikal bebas yang dapat menyebabkan peroksidasi lipid pada membran sel spermatogenik di testis. Padahal, paparan rokok yang diberikan sama dengan perlakuan kontrol lainnya. Hal ini mengindikasikan pada dosis 2,4

gr/ekor/hari dapat meningkatkan aktivitas oksidan yang lebih tinggi sehingga stres oksidatif pada jaringan testis mencit dapat dihambat secara maksimal.

Berdasarkan penelitian ini, ditemukan bahwa dosis yang paling tepat untuk meningkatkan jumlah ketiga sel spermatogenik bagi perokok yaitu 2,4 gr/ekor/hari (P3). Semakin tinggi dosis jus buah tomat yang diberikan, maka senyawa antioksidan yang terkandung dalam jus buah tomat juga semakin tinggi. Senyawa tersebut dalam hal ini mampu menangkal radikal bebas asap rokok yang mempengaruhi kerja hormon reproduksi sehingga meningkatkan jumlah produksi sel spermatogenik.

Komponen toksik rokok terutama nikotin diserap melalui paru-paru dan kecepatan absorpsinya hampir sama dengan masuknya nikotin secara intravena. Komponen tersebut masuk ke dalam otak dengan cepat dalam waktu kurang lebih 10 detik. Dapat melewati barrier di otak dan diedarkan keseluruh otak, kemudian menurun secara cepat, beredar keseluruh bahagian tubuh dalam waktu 15-20 menit pada waktu penghisapan terakhir (Arabia, 2004).

Radikal bebas rokok dengan mudah masuk ke alveoli dan dialirkan ke paru-paru yang mengakibatkan oksigen dalam darah berkurang karena masuknya komponen toksik ke aliran darah. Kelebihan radikal bebas membuat kadar MDA di hati meningkat sehingga hati tidak mampu bekerja maksimal untuk menetralkan racun dari asap rokok. Selanjutnya radikal bebas menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah termasuk ke testis melalui membran basalis dan menginduksi terjadinya reaksi berantai karena adanya PUFA (Koeman, 1987)

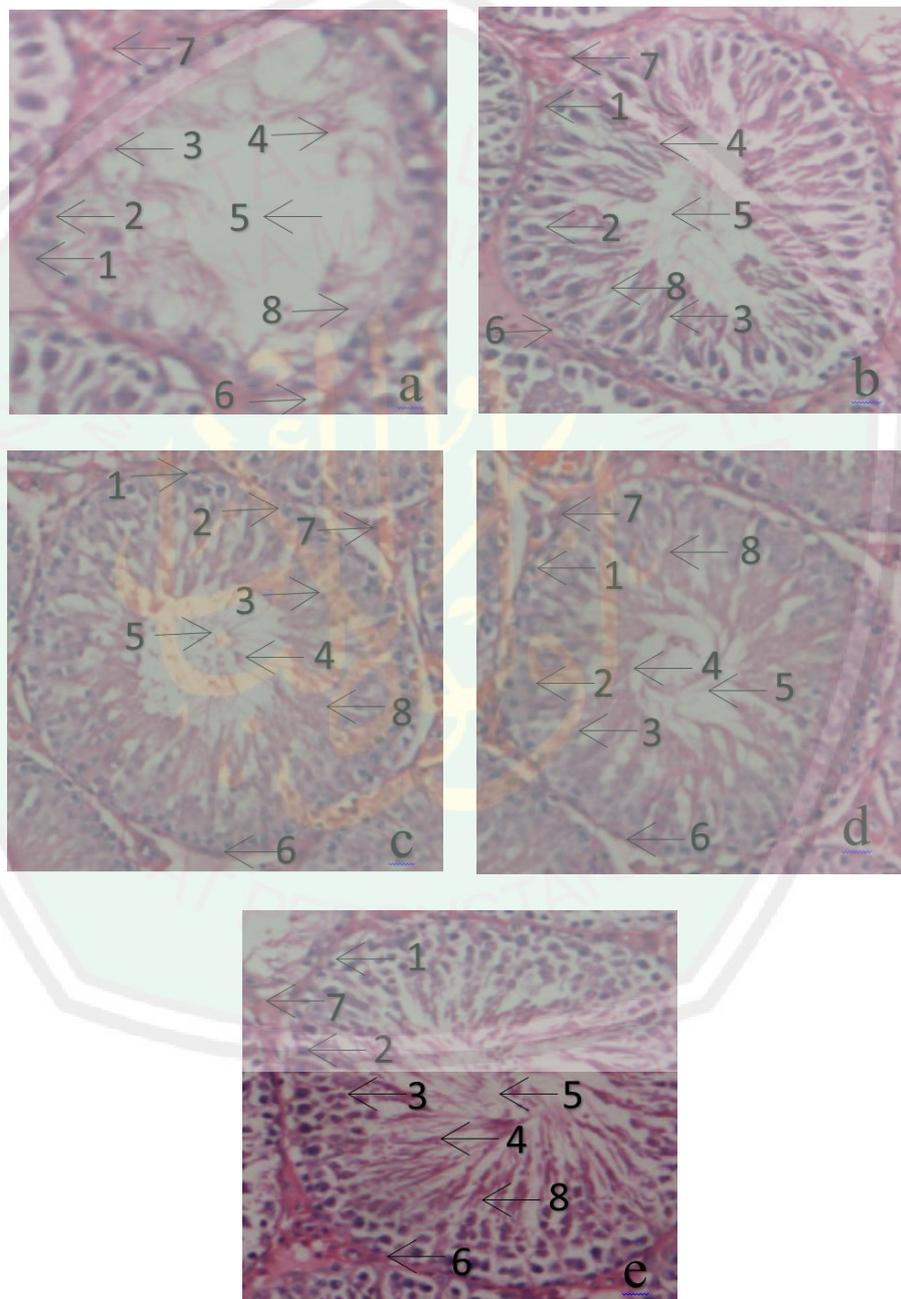
Membran sel spermatogenik kaya akan sumber *poly unsaturated fatty acid* (PUFA) mudah dirusak oleh bahan-bahan pengoksidasi. Hal ini sangat merusak karena merupakan suatu proses berkelanjutan. Komponen terpenting membran sel adalah fosfolipid, glikolipid, dan kolesterol. Dua komponen pertama mengandung asam lemak tak jenuh seperti asam linoleat, linolenat dan arakidonat sangat rawan terhadap serangan-serangan radikal terutama radikal hidroksil. Akibat dari serangan radikal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan parah membran sel sehingga menjadi sumber ROS yang membahayakan bagi kehidupan sel lainnya (Dotan Y, 2004).

Tomat memiliki kandungan Vitamin E (α -tocopherol) sebagai antioksidan lipofilik yang sangat penting untuk melindungi dan memelihara sperma mamalia. Selain itu, unsur ini sangat berkontribusi terhadap aktivitas sel Sertoli dan spermatosit. Begitu pula vitamin C (asam askorbat) berperan penting dalam proses spermatogenesis. Kekurangan vitamin C atau E menyebabkan induksi stres oksidatif di testis dan secara tidak langsung dapat mengganggu spermatogenesis serta produksi hormon reproduksi, sehingga jumlah sel spermatogenik berkurang (Johnson, 1979).

4.2 Kualitas Tubulus Seminiferus Testis Mencit

Pengamatan pada preparat histologi testis mencit dilakukan menggunakan mikroskop komputer dengan perbesaran 400 kali (10 X 40). Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan kualitas tubulus seminiferus pada semua dosis jus buah tomat yang diberikan setelah paparan asap rokok. Peningkatan

ini terjadi seiring meningkatnya dosis ekstrak jus buah tomat yang diberikan pada mencit. Struktur histologis tubulus seminiferus pada setiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Struktur histologis tubulus seminiferus testis mencit (40x10). a. K+, b. P1, c. P2, d. P3, dan e. K-. Keterangan: 1. Spermatogonium 2. Spermatosit 3. Spermatid 4. Spermatozoa 5. Lumen 6. Membran tubulus 7. Sel Leydig 8. Sel Sertoli

Menurut Nurliani (2005) sel spermatogenik penyusun tubulus seminiferus tersusun lengkap dengan sel-sel yang berasosiasi secara berurutan ke arah lumen menurut tingkat perkembangannya seperti spermatogonium, 1-2 spermatisit, spermatid dan lumen yang berisi spermatozoa. Selain itu, juga terdapat sel Leydig (penghasil testosteron) di jaringan interstisial serta sel Sertoli di dalam tubulus seminiferus yang berfungsi sebagai penyokong nutrisi, fagositosis, dan sekresi.

Berdasarkan preparat tubulus seminiferus mencit (gambar 4.4), dapat ditentukan tingkat kerusakannya dengan menggunakan kriteria kualitas tubulus seminiferus menurut Sukmaningsih (2009) (lihat tabel 3.1). Dari data yang diperoleh, perlakuan K+ tubulus seminiferus mencit dikategorikan mengalami kerusakan berat. Hal ini dikarenakan pada preparat tampak sel spermatogeniknya sangat longgar dengan tingkat kerapatan 30%, epitel tubulus juga mengalami kerusakan, bagian lumen tubulus tidak terisi oleh spermatozoa. Sedangkan pada perlakuan P1 (0,8 gr/ekor/hari), tubulus seminiferus dikategorikan mengalami kerusakan sedang. Hal ini dikarenakan pada preparat tampak sel spermatogeniknya sedikit longgar dengan tingkat kerapatan 60%, lumen hanya terisi oleh 4 spermatozoa (<10 sel). Begitu pula pada perlakuan P2 (1,6 gr/ekor/hari) tubulus seminiferus dikategorikan mengalami kerusakan sedang karena sel spermatogeniknya tampak lebih sedikit longgar dengan tingkat kerapatan 70%, dan hanya 8 spermatozoa yang terbentuk (<10 sel).

Pada perlakuan P3 (2,4 gr/ekor/hari), tubulus seminiferus dikategorikan normal. Hal ini dikarenakan sel spermatogenik yang rapat dengan tingkat

kerapatan 85%, epitel tubulus juga tampak normal, lumen tubulus juga terisi oleh >10 spermatozoa. Pada perlakuan K- tubulus seminiferus juga dikategorikan normal dikarenakan tampak sel spermatogenik dengan kerapatan 100%, tersusun teratur dan terisi penuh, epitel tubulus juga tampak normal dan tidak mengalami kerusakan, lumen tubulus juga terisi oleh >10 spermatozoa.

Radikal bebas rokok dengan cepat memasuki sirkulasi vena pulmonal dan mencapai otak dalam waktu 10-20 detik serta mudah berdifusi ke jaringan otak. Nikotin bersifat kolinergik dan mengikat reseptor asetilkolin nikotin (NACHRs) yang banyak terdapat di beberapa jaringan seperti testis, kelenjar adrenal, hati dan prostat. Pengikatan inilah yang menjadi penyebab adanya stress oksidatif dan mengganggu proses kerja hormonal (Picciotto, M. R, *et al.*, 1998).

Sel-sel di testis rentan terhadap kerusakan oksidatif oleh radikal bebas karena membran plasma mereka mengandung kelimpahan asam lemak tidak jenuh. Peroksidasi lipid pada membran seluler pada akhirnya dapat menyebabkan disfungsi dan kerusakan struktural sel. Oleh karena itu, kelainan yang diamati pada struktur testis yang ditemukan dalam penelitian ini dapat dikaitkan dengan peroksidasi asam lemak tak jenuh ganda dalam membran plasma selnya (Alvarez, J.G dan Storey, B.T, 2005).

Sel yang teroksidasi di testis merupakan sumber ROS bagi organ testis itu sendiri, sehingga menyebabkan peningkatan stres oksidatif. Jika stress oksidatif berlebih, maka sel Sertoli, sel Leydig, dan sel spermatogenik lainnya dapat mengalami kerusakan. Hal inilah yang secara langsung merusak struktur anatomi tubulus seminiferus.

Berdasarkan pengamatan kualitas tubulus seminiferus, dapat disimpulkan bahwa jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat memperbaiki kerusakan tubulus seminiferus yang terpapar asap rokok. Dosis yang paling efektif untuk memperbaiki kualitas tubulus seminiferus bagi perokok adalah P3 yaitu 2,4 gr/ekor/hari. Hal ini dikarenakan kandungan senyawa-senyawa antioksidan yang terkandung di dalam buah tomat lebih banyak. Beberapa senyawa antioksidan yang menonjol dalam buah tomat adalah likopen dan vitamin C serta beberapa antioksidan lain yang jumlahnya relatif kecil seperti vitamin A, vitamin E, flavonoid, dan asam fenolat.

Mekanisme aksi likopen sebagai antioksidan yaitu memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas rokok atau dengan cara menangkapnya dan mengubahnya menjadi non-radikal (Prayoga, 2015). Likopen yang banyak didistribusikan ke beberapa jaringan seperti di testis juga dapat secara langsung menunda, memperlambat serta mencegah proses peroksidasi lipid dengan cara memecah reaksi berantai yang ada di jaringan testis (Nugroho, 2007).

Peran vitamin C sebagai antioksidan adalah dengan cara mendonorkan elektron (oksidasi) terhadap radikal oksigen dari asap rokok yang dapat menghambat proses metabolisme tubuh (Astuti, 2009). Muhammad (2009) mengemukakan bahwa vitamin C dapat mendonorkan elektronnya sehingga dapat mencegah terbentuknya senyawa lain dari proses oksidasi dengan melepaskan satu rantai karbon.

Vitamin A (β -karoten) mampu menangkap oksigen reaktif dan radikal peroksidasi dari nikotin dan beberapa komponen toksik rokok lainnya yang

kemudian menetralkannya (Muchtadi, 2008). Tilong (2011) juga menambahkan bahwa β -karoten sebagai antioksidan yang larut dalam lemak yang dapat menjaga kerusakan oksidasi dinding sel. Sedangkan vitamin E merupakan antioksidan utama dalam semua membran seluler, dan melindungi asam lemak tak jenuh terhadap peristiwa oksidasi di testis (Tuminah, 1999).

Jika elektron radikal bebas rokok stabil dan tidak reaktif terhadap komponen sel, maka radikal bebas tersebut tidak dapat mengikat reseptor nikotinik sehingga stres oksidasi dapat dicegah. Akibatnya, mekanisme umpan balik hipotalamus dan hipofisis anterior dapat berjalan dengan baik dan pembentukan hormon-hormon reproduksi seperti FSH, LH, dan testosteron bisa normal kembali (Hruska, 2000). Normalnya kerja hormon tersebut membuat proses spermatogenesis berjalan dengan baik sehingga tidak mengurangi jumlah sel spermatogenik yang seharusnya dihasilkan. Selain itu, normalnya kerja hormon dapat mengatasi struktur tubulus seminiferus yang mengalami kerusakan akibat radikal bebas asap rokok.

Sel spermatogenik dan tubulus seminiferus yang normal dapat dijadikan salah satu parameter seseorang tidak rentan terhadap infertilitas. Hal ini menunjukkan bahwa jus buah tomat dapat digunakan sebagai alternatif yang aman untuk kesuburan. Kesuburan sendiri merupakan hal yang sangat didambakan oleh setiap manusia. Apalagi sebagai umat Islam, memperbanyak keturunan merupakan anjuran dari Rasulullah SAW.

Setiap manusia sudah dijamin rezekinya oleh Allah SWT. Takut miskin karena banyaknya anak yang mesti ditanggung dan dinafkahi

merupakan faktor yang dilarang syariat. Allah melarang hamba-Nya membunuh anak-anak karena takut miskin, seperti yang dilakukan oleh orang-orang jahiliyah (At-Thawari, 2007), Allah SWT berfirman:

وَلَا تَقْتُلُوا أَوْلَادَكُمْ خَشْيَةَ إِمْلَاقٍ ۖ نَحْنُ نَرْزُقُهُمْ وَإِيَّاكُمْ ۚ إِنَّ قَتْلَهُمْ كَانَ خِطَاً كَبِيراً ۝ ٣١

“Dan janganlah kamu membunuh anak-anakmu karena takut kemiskinan. Kamilah yang akan memberi rezki kepada mereka dan juga kepadamu. Sesungguhnya membunuh mereka adalah suatu dosa yang besar” (Qs. Al-Isra’ 31).

Menurut tafsir Ibnu Aqil (Abdullah, 2003) ayat ini menunjukkan bahwa Allah SWT sangat sayang kepada hambanya melebihi orang tua mereka. Dia telah melarang umat Islam membunuh anak-anak mereka. Jadi, setiap anak yang lahir merupakan amanah dari Allah yang harus dijaga dan dipenuhi segala kebutuhannya baik yang berupa fisik (sandang, pangan, papan, kesehatan dan pendidikan) dan psikis (kasih sayang dan rasa aman), sehingga akan tercipta keturunan yang berkualitas untuk membangun generasi yang berperadaban baik guna membangun masyarakat madani.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) berpengaruh terhadap jumlah sel spermatogenik mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok. Dosis yang paling efektif untuk meningkatkan jumlah sel spermatogenik yang terpapar asap rokok adalah P3 yaitu 2,4 gr/ekor/hari.
2. Pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) berpengaruh terhadap tubulus seminiferus mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok. Dosis yang paling efektif untuk memperbaiki kualitas tubulus seminiferus yang terpapar asap rokok adalah P3 yaitu 2,4 gr/ekor/hari.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikemukakan beberapa saran yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian sejenis dengan menambahkan dosis dari dosis yang paling efektif akan tetapi dengan interval yang sama, sehingga dapat diketahui adanya kemungkinan pengaruh yang lebih baik diatas dosis 2,4 gr/ekor/hari.
2. Perlu dilakukan penimbangan testis mencit dan pengukuran diameter tubulus seminiferus agar dapat diketahui kaitannya dengan jumlah sel spermatogenik dan kualitas tubulus seminiferus.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 2*. Bogor: Pustaka Imam Syafi'i
- Aina, N. 2005. Pengaruh Paparan Asap Rokok Terhadap Spermatogenesis dan Kualitas Spermatozoa Mencit (*Mus musculus L.*) Galur Swiss. *Skripsi. UNS. hlm.1-2, 60-1.*
- Aitken RJ dan Roman, SD. 2008 Antioxidant Systems and Oxidative Stress in The Testes. *Landes Bioscience. Vol. 1. No. 15-24.*
- Al Qurthubi, Muhammad bin Ahmad abi Bakr Abi 'Abdullah. 2006. *Tafsir al-Qurthubi al-Jami' li Ahkam al-Quran, Cet I*, Daar Ar-Risalah, Beirut.
- Alvarez, J.G.; Storey, B.T. Differential incorporation of fatty acids into and peroxidative loss of fatty acids from phospholipids of human spermatozoa. *Mol. Reprod. Dev.* 1995, 42, 334–346.
- Amarowicz, R., Naczek M., and Shahidi F. 2000. Antioxidant Activity of Crude Tannis of Canola and Repeseed Hulls. *JAOCS. 77. 957-961*
- Amelia, F., Afrani GN., Arini. Fikriyani A,N., Uche S., dan Murrukmihadi M. 2013. Extraction and Stability Test of Anthocyanin from Buni Fruits (*Antidesma bunius L*) as an Alternative Natural and Safe Food Colorants. *Journal Food Pharmaceutical and Sciences. 1, 49-53.*
- Anita, N. 2004. Perubahan Sebaran Stadia Epitel Seminiferus, Penurunan Jumlah Sel-sel Spermatogenik dan Kadar Hormon Testosteron Total Mencit (*Mus musculus L.*) Galur DDY yang Diberi Asap Rokok Kretek. *Badan Litbang Kesehatan. <http://digilib.litbang.depkes.go.id>.*
- Arabia M. 2004. *Nicotinic infertility: assessing DNA and plasma membrane integrity of human spermatozoa. Andrologia.* Diakses dari <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.
- Astuti, Sussi. 2009. Pengaruh pemberian Tepung kedelai Kaya isoflavon Terhadap Kadar *Malonaldehyde* (MDA), Aktivitas Superoksida Dismutase (SOD) Testis Dan Profil Cu, Zn-SOD Tubuli Seminiferi Testis Tikus Jantan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan.10 (2): 129-134.*
- At thawari, Thariq. 2007. *KB Cara Islam*. Solo: PT. Aqwam Media
- Atessahin, A. 2006. Protective Role of Lycopene on Cisplatin Induced Changes in Sperm Characteristics, Testicular Damage and Oxidative Stress in Rats. *Reprod Toxicol. (21) PP: 42-47.*
- Batubara Immanuel V.D., Benny W., dan Lydia Tendean. 2013. Pengaruh Paparan Asap Rokok Kretek Terhadap Kualitas Spermatozoa Mencit Jantan (*Mus Musculus*). *Jurnal E-Biomedik (Ebm), Volume 1, Nomor 1, Maret 2013, Hlm. 330-337.*
- Belliville, NF. 1996. *Zat Gizi Antioksidan Penangkal Senyawa Radikal Bebas Dampaknya Terhadap Kesehatan, Prosiding Seminar*. Jakarta: CFNS-IPB.
- Booolotion, R.A. 1991. *Zoologi*. Macmillan Publishing Co. Inc. New York. Collier Macmillan Publishers London.
- Bustan MN. 2007. *Epidemiologi Penyakit Tidak Menular*. Jakarta: Rineka.
- Campbell, Reece, Mitchell. 2004. *Biologi Jilid 3*. Jakarta: Erlangga

- Departemen Kesehatan RI. 2006. *Pedoman Penyelenggaraan dan prosedur Rekam Medis Rumah. Sakit di Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- Dohle, GR., Zsolt K., Jungwirth A., Diemer T., Giewerckman A., dan Krausz C. 2004 Guideline for Investigations and Treatment of Male Infertility. *Eur Urol.* 46(5):555-8.
- Dotan Y, Lichtenberg D PI. Lipid Peroxidation cannot be used as a Universal Criterion of Oxidative Stress. *PubMed.* 2004;43(3).
- Fauzi, T.M., 2008. Pengaruh Pemberian Timbal Asetat Dan Vitamin C Terhadap Kadar Malondialdehyde dan Kualitas Spermatozoa di Dalam Epididimis Mencit Albino (*Mus musculus* L) Strain BalB/C. *Tesis*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Fessenden. Ralph J., dan, Joan S. 1997. *Dasar-dasar Kimia Organik*. Jakarta: Bina Aksara
- Grolier P, Bartholin G, Broers L, *et al.* 1997. *Composition of Tomatoes and Tomato Products in Antioxidants*. In: "White Book" on the Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products. Avignon.
- Gupta, G. S. 2005. *Proteomics of Spermatogenesis*. Departmen of Biophysis.
- Guven, M.C., B. Can, A. Ergun, Y. Saran, and Aydos. 1999. Ultrastructure Effect of Cigarette Smoke on Rat testis. *European Urology* 36: 645 -649.
- Guyton dan Arthur. 2007. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC
- Hafez, E. S. E., 1980. *Reproduction Conception and Contraception, 2nd Edition*. Haegerstown Maryland: Harper and Row Publishers Inc, 2350 Virginia Avenue. pp. 48-52,
- Handaru E Mudjiwijono 1, Nunuk Sri M2, Indah Sрни Nk. 2010. Pemberian Jus Tomat (*Lycopersicum esculentum*) Per Oral Dapat Menurunkan Jumlah Sel Epitel Bronkhus Utama Tikus Putih yang Dipapar Asap Rokok Sub Kronik. *Jurnal Kedokteran Brawijaya, Vol. 26, No. 1.*
- Hata K, Nakagawa T, Mizuno M, Yanagi N, Kitamura H, Hayashi T. 2012. Relationship between smoking and a new index of arterial stiffness, the cardio-ankle vascular index, in male workers: a cross-sectional study. *Tob Induc Dis: 10 (1):11.*
- Heffener, Linda. 2006. *Sistem Reproduksi Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Hellen, W dan Lynn E. 2000. *Oxidative Stress and Antioxidant, Influence On Health and Brain Ageing*. Departement of Nutrition and Dietetics, King's College London: UK Hruska,
- Hodgson E dan Levi P E. 2000. *A Textbook of Modern Toxicology*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc. 207-10.
- Holdcraft, R.W., Braun. 2004. Hormonal Regulation of Spermatogenesis. *International Journal of Andrology* 27: 335-342
- Iswara, Raja A. W. dan Juniarto, Achmad Zulfa. 2010. Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun *Cyclea barbata* L. Miers Terhadap Motilitas Spermatozoa Mencit Balb/C Jantan yang Dipapar Asap Rokok. *Artikel Karya Tulis Ilmiah. Semarang: FK UNDIP.*

- Jedrzejska RW., Wolski JK., Hilczer JS. 2013. The Role of Oxidative Stress and Antioxidants in Male Fertility. *Cent European J Urol.* (66) (1) PP: 60-67
- John Shi, Marc Li Maguer. 2000. Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical Properties Affected by Food Processing. *Food Sain and Nutrition* 40:1-42. DOI: 10.1080/10408690091189275.
- Johnson FC. 1979. *The antioxidant vitamins CRC*. Crit Rev Food Sci Nutr.; 11:217- 309.
- Johnsons, M., B. Everitt. 1990. *Essential Reproduction. 3rd edition*. Blackwell Sci.Pub.Oxford, London, Edinburg.
- Junquiera, Luis C dan Carneiro, Jose. 1980. *Histologi Dasar*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran ECG.
- Karim, D. 2011. Pengaruh Paparan Asap Rokok Elektrik Terhadap Motilitas, Jumlah Sperma dan Kadar MDA Testis Mencit (*Mus musculus* L.). *Thesis. Medan: Universitas Sumatera Utara. 1, 60-1.*
- Kim, J.M. 2001. Caspase 3 and caspase activated deoxyribonuclease are associated with testicular germ cell apoptosis resulting from reduced intratesticulr testosterone. *Endocrinology: 142; 3809-3916*
- Koeman, J H. 1987. *Pengantar Umum Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Krinsky, I dan Lee, J. 1996. Earnings Announcements and the Components of the Bid-Ask Spread. *Journal of Finance. Vol.51. 1523-1535.*
- Kumalaningsih S. 2007. *Antioksidan Alami, Penangkal Radikal Bebas, Sumber, Manfaat, Cara Penyediaan dan Pengolahan*. Surabaya: Trubus Agrisarana.
- Lidia Morawska., Milan Jamriska and Neville D Bofingerb. 1997. Size Characteristics and Ageing of the Environment Tobacco Smoke. *The Science of the Total Environment* 196. 43-55.
- Lockwood, B. 2007. *Nutraceuticals 2nd edition*. USA: Pharmaceutical Press
- Lolivianda. 2013. Pengukuran Faktor Emisi Partikel Ultrafine Pada Asap Rokok yang Beredar di Indonesia. Malang. Brawijaya University. *Physics Student Journal Vol 1. No 1.*
- Lutfiani Dinni M. 2010. Pengaruh Pemberian Susu Kambing Terhadap Gambaran Mikroskopis Testis Tikus Wistar Dan Kadar Pb Darah Tikus Wistar yang Terpapar Asap Kendaraan Bermotor. *Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas FMIPA Universitas Negeri Semarang.*
- Mangiagalli MG. 2012. Effect of Lycopene Supplementation on Semen Quality and Reproductive Performance in Rabbit. *World Rabbit Sci* (20) PP: 141 – 148
- Mangkoewidjojo, Soesanto. 1988. *Pemeliharaan, Pembiakan dan Penggunaan Hewan Percobaan di Daerah Tropis*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Marimbi, Hanum. 2010. *Biologi Reproduksi*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Matos, HR., Mascio PD., dan Madeiros MHG. 2000. Protective Effect of Lycopene on Lipid Peroxidation and Oxidative Damage in Cell Culture. *Arch of Biochem Biophys.* 383 (1): 56-59.

- Mc Lachland, R.L., N.G. Wreford, L. O' Donnell, D. M. de Kretser, D. M. Robertson. 1996. Endocrine Regulation of Spermatogenesis; Independent Roles for Testosterone and FSH. *Journal of Endocrinology* 148: 1 – 9
- Muchtadi, Dedi. 2008. *Pengantar Ilmu Gizi*. Bandung: Alfabeta.
- Muhammad, Ismiyati. 2009. Efek Anitoksidan Vitamin C Terhadap Tikus Jantan Akibat Pemaparan Asap Rokok. *Thesis. Bogor, Institut Pertanian Bogor*.
- Niki E, Yoshida Y, Saito Y NN. 2005. Lipid Peroxidation: Mechanisms, Inhibition, and Biological Effects. *PubMed*; 338(1):668–76.
- Nugraheni, T. 2003. “Pengaruh Vitamin C Terhadap Perbaikan Spermatogenesis dan Kualitas Spermatozoa Mencit (*Mus musculus* L.) Setelah Pemberian Ekstrak Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.)”. *Skripsi. Surakarta: Biologi F MIPA UNS*
- Nugroho, BS. 2007. Daya Antiinflamasi Jus Tomat (*Solanum lycopersicum* L) Pada Mencit Putih Jantan. *Skripsi. Fakultas Farmasi Universitas Sanata Dharma*.
- Nurliani, Anni, Rusmiati dan Budi Santoso, Heri. 2005. Perkembangan Sel Spermatogenik Mencit (*Mus musculus* L.) Setelah Pemberian Ekstrak Kulit Kayu Durian (*Durio zibethinus* murr.). *Jurnal Penelitian Berk. Penel. Hayati: 11 (77–79)*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin. Kalimantan Selatan.
- Partodihardjo, Soebadi. 1992. *Ilmu Reproduksi Hewan*. Mutiara Sumber Widya. Jakarta.
- Picciotto, M.R., M. Zoli, R. Rimondini *et al.* 1998. Acetylcholine receptors containing the beta2 subunit are involved in the reinforcing properties of nicotine. *Nature, vol. 391, no. 6663, pp. 173-177*.
- Prajogo, Bambang. 2007. Pengaruh daun Justicia (*Gendarussa burm*). Terhadap Spermatogenesis Mencit. *Jurnal Ilmiah Keluarga Berencana dan Kesehatan Reproduksi, Tahun 1, No.1*.
- Pratiwi, S.A., 2009, Pengaruh Pemberian Jus Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap Perubahan Warna Gigi pada Proses Pemutihan Gigi Secara in Vitro. *Laporan Penelitian. Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Prayoga P.R. 2015. The Effect of Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) to Amount, Motility, and Morphology of Spermatozoa in Cigarettes-induced Infertilty Patients. *J MAJORITY. Volume 4 Nomor 5*.
- Pryor WA, Houk KN, Foote CS, Fukuto JM, Ignarro LJ, Squadrito GL, Davies KJA. Free radical biology and medicine: it's a gas, man! *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2006; 291:R491– R511*.
- Purwantaka. 2005. Validasi Metode Deoksiribosa Sebagai Uji Penangkapan Radikal Bebas Hidroksil Oleh Vitamin C Secara In-vitro. *Jurnal Penelitian. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma*.
- Puscheck E. 2011. *Infertility 22nd Sherwood Fisiologi Manusia Dari Sel ke Sistem*. Jakarta: EGC.
- Puspita S. 2005. Ekstraksi dan Stabilitas Antosianin dari Buah Duwet (*Syzygium cumini*). *Jurnal Ekstraksi. Vol. XVI. No.2*.

- Rancic, D., Quarrie Pekic S., and Pecinar I. 2010. *Anatomy of Tomato Fruit and Fruit Pedicel during Fruit Development*. Zemun, Serbia: Faculty of Agriculture University of Belgrade, 6 11080.
- Rao AV dan Agarwal S. 2000. Role of Antioxidant Lycopene in Cancer and Heart Disease. *J Am Coll Nutr*; 19 (5):563-9.
- Riset Kesehatan Dasar. 2007. *Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*. Jakarta: Departemen Kesehatan.
- Rismunandar, 1995. *Tanaman Tomat. Sinar Baru Algensindo*. Bandung: Penebar Swadaya
- Rizqiyah, Bilkis. 2014. Pengaruh Variasi Suhu Pengeringan dan Komposisi Biji Kurma (*Phoenix dactylifera* L.) Sebagai Biofilter untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok. *Skripsi. Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Rock, CL., Jacob RA., dan Bowen PA. 1996. Update on Biological Characteristics of the Antioxidant Micronutrients: Vitamin C, Vitamin E and Carotenoids. *J. Am Diet Assoc.* 693-702.
- Rugh, R. 1968. *The Mouse: its Reproduction and Developmental*. Burgess Publishing Company, Minneapolis
- Rukmana, R. 1994. *Tomat dan Cherry*. Yogyakarta: Kanisius.
- Salisbury, G.W. 1987. *Fisiologi Reproduksi dan Inseminasi Buatan pada Sapi*. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sapphire, 2009. *Bahaya Perokok Pasif*. <http://www.Send.garp.com>. diakses 1 April 2017.
- Satriyasa, Bagus Komang. 2005. Fraksi Heksan Ekstrak Biji Pepaya Muda Dapat Menghambat Proses Spermatogenesis Mencit Jantan Lebih Besar Daripada Fraksi Metanol Ekstrak Biji Pepaya Muda. Bali. *Jurnal Penelitian departement of Pharmacology Medical School*. Udayana University.
- Seidenberg, J.M., D.G. Anderson and R.A. Becker. 1986. Validation of an In Vivo Developmental Toxicity Screen in the Mouse. *Teratol. Carcinogen. Mutagen.* 6: 361-374.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah (Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an) Vol. 1*. Jakarta: Lentera Hati.
- Siagian A. 2010. *Lycopene: Senyawa Fitokimia pada Tomat dan Semangka*. Sumatera Utara: Fakultas Kesehatan Masyarakat Univ. Sumatera Utara.
- Simanjuntak P. 2008. Identifikasi Senyawa Kimia dalam Buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*) Thymelaceae. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia.Hlm: 23-8*.
- Smith, C.; Marks, A.D.; Liebermann, M.L. *Oxygen Toxicity and Free Radical Injury*. In *Mark's Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach*, 2nd ed.; Lippincott Williams & Wilkins: Baltimore, MD, USA, 2005; pp. 439–457.
- Soehadi, K. dan K. M. Arsyad. 1982. *Analisa Sperma*. Airlangga University Press, Surabaya, p. 25-32
- Suciati Tri., Darmadji Ismono., dan Juniarsih Iwan. 2014. Pengaruh Likopen Terhadap Gambaran Tubulus Seminiferus dan Kualitas Sperma Mencit

- (*Mus musculus* L) yang Terpapar Asap Rokok. *Jurnal Anatomi dan Fisiologi Hewan. Vol.1. No.1.*
- Sukmaningsih, AA. 2009. Penurunan Jumlah Spermatisit Pakiten dan Spermatisid Tubulus Seminiferus Testis Pada Mencit (*Mus musculus*) yang Dipaparkan Asap Rokok. *Jurnal Biologi Volume XIII No.2.*
- Sunarmani dan Tanti, K. 2008. *Parameter Likopen Dalam Standarisasi Konsentrat Buah Tomat.* Penelitian Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Suntoro, S. H. *Metode Pewarnaan (Histologi dan Histokimia).* Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Susanna D, Hartono. B, dan Fauzan H. 2003. Penentuan kadar nikotin dalam asap rokok. *J Ekol Kesehat: 7(2):38-41.*
- Tanti K, Sunarmani. 2008. *Pengaruh Likopen dalam Standardisasi Konsentrat Buah Tomat. Prosiding PPI Standardisasi.* Bandung: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Tilong, Adi. 2011. *Kelor Penakluk Diabetes.* Yogyakarta: Diva Press.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 1993. *Taksonomi Umum.* Yogyakarta: UGM press.
- Trilling JS dan Jaber R. Selections from Current Literature: The Role of Free Radicals and Antioxidants in Disease. *Fam Pract. 13(3):322-6.*
- Tsang. 2005. *Lycopene in Tomatoes and Prostate Cancer.* <http://www.healthcastle.com>. [19 Juli 2017]
- Tuminah, S 2000. *Radikal Bebas dan Antioksidan: Kaitan Dengan Nutrisi dan Penyakit.* Bandung: Dunia Kedokteran.
- Venkataraman S, Schafer FQ, Buettner GR. 2004. *Detection of Lipid Radicals Using EPR.* Mary Ann Liebert, Inc; 6(3)
- Wardhana AW., Amijaya APP., dan Murwani S. 2012. Efek Ekstrak Air Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Kadar Tumor Necrosis Factor Alpha (TNF- α) dan Gambaran Histopatologi Sel Endotel Arteri Coronaria pada Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) yang Diberi Diet Aterogenik. *Jurnal Kedokteran Hewan Brawijaya. 3(1): 1-12.*
- Whfoods. 2007. Eggplant. Available at: <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=22> Accessed at 13-02-2017.
- WHO. 2010. The World Health Report. <http://www.who.int/whr/en/index.html>. Akses 18 April 2017
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan dan Radikal Bebas. Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Winarti, Sri. 2010. *Makanan Fungsional.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wulandari. 2009. Pengaruh Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Terhadap Spermatogenesis dan Kualitas Spermatozoa *Rattus Norvegicus* L. Pasca Pemberian Nikotin. *Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta*
- Yatim, Wildan. 1994. *Reproduksi dan Embryologi.* Bandung: Penerbit Tarsito.
- Zahar, Gretha dan Sutiman Bambang Sumitro (Ed.). 2011. *Divine Kretek Rokok Sehat.* Jakarta: Masyarakat Bangsa Produk Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil pemberian jus buah tomat terhadap jumlah sel spermatogenik menciit.

Spermatogonium

Perlakuan	Ulangan					Total
	1	2	3	4	5	
K-	163	146	152	187	215	863
K+	67	92	88	96	60	403
P1	103	71	87	91	94	446
P2	128	113	92	125	107	565
P3	152	166	138	162	124	742
Total	613	588	557	661	600	3019

Spermatisit

Perlakuan	Ulangan					Total
	1	2	3	4	5	
K-	182	165	224	180	209	960
K+	76	62	78	89	85	390
P1	91	77	96	103	98	465
P2	108	152	129	134	117	640
P3	138	188	140	129	165	760
Total	595	644	667	635	674	3215

Spermatid

Perlakuan	Ulangan					Total
	1	2	3	4	5	
K-	213	184	251	232	195	1075
K+	84	91	74	95	103	447
P1	122	104	96	134	114	570
P2	189	162	155	134	125	765
P3	164	177	209	159	201	910
Total	772	718	785	754	738	3767

Lampiran 2. Uji Normalitas

Spermatogonium

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Hasil
N		25
Normal Parameters ^a	Mean	1.2076E2
	Std. Deviation	3.95140E1
Most Extreme Differences	Absolute	.135
	Positive	.135
	Negative	-.076
Kolmogorov-Smirnov Z		.673
Asymp. Sig. (2-tailed)		.756

a. Test distribution is Normal.

Spermatisit

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Hasil
N		25
Normal Parameters ^a	Mean	1.5068E2
	Std. Deviation	4.99739E1
Most Extreme Differences	Absolute	.111
	Positive	.111
	Negative	-.068
Kolmogorov-Smirnov Z		.554
Asymp. Sig. (2-tailed)		.919

a. Test distribution is Normal.

Spermatid

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Hasil
N		25
Normal Parameters ^a	Mean	1.2860E2
	Std. Deviation	4.49787E1
Most Extreme Differences	Absolute	.117
	Positive	.117
	Negative	-.081
Kolmogorov-Smirnov Z		.583
Asymp. Sig. (2-tailed)		.886

a. Test distribution is Normal.

Lampiran 3. Uji Homogenitas

Spermatogonium

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.049	4	20	.126

Spermatisit

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.425	4	20	.262

Spermatid

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.666	4	20	.062

Lampiran 4. Hasil ANAVA pengaruh pemberian jus buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terhadap jumlah sel spermatogenik mencit (*Mus musculus* L.) yang dipapar asap rokok

Spermatogonium

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30602.160	4	7650.540	22.271	.000
Within Groups	6870.400	20	343.520		
Total	37472.560	24			

Spermatisit

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41976.000	4	10494.000	31.906	.000
Within Groups	6578.000	20	328.900		
Total	48554.000	24			

Spermatid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51120.240	4	12780.060	28.989	.000
Within Groups	8817.200	20	440.860		
Total	59937.440	24			

Lampiran 5. Hasil uji lanjut BNT signifikan 5%

Spermatogonium

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
K-	K+	92.00000*	11.72212	.000	67.5481	116.4519
	P1	83.40000*	11.72212	.000	58.9481	107.8519
	P2	59.60000*	11.72212	.000	35.1481	84.0519
	P3	24.20000	11.72212	.052	-.2519	48.6519
K+	K-	-92.00000*	11.72212	.000	-116.4519	-67.5481
	P1	-8.60000	11.72212	.472	-33.0519	15.8519
	P2	-32.40000*	11.72212	.012	-56.8519	-7.9481
	P3	-67.80000*	11.72212	.000	-92.2519	-43.3481
P1	K-	-83.40000*	11.72212	.000	-107.8519	-58.9481
	K+	8.60000	11.72212	.472	-15.8519	33.0519
	P2	-23.80000	11.72212	.056	-48.2519	.6519
	P3	-59.20000*	11.72212	.000	-83.6519	-34.7481
P2	K-	-59.60000*	11.72212	.000	-84.0519	-35.1481
	K+	32.40000*	11.72212	.012	7.9481	56.8519
	P1	23.80000	11.72212	.056	-.6519	48.2519
	P3	-35.40000*	11.72212	.007	-59.8519	-10.9481
P3	K-	-24.20000	11.72212	.052	-48.6519	.2519
	K+	67.80000*	11.72212	.000	43.3481	92.2519
	P1	59.20000*	11.72212	.000	34.7481	83.6519
	P2	35.40000*	11.72212	.007	10.9481	59.8519

Spermatoosit

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
K-	K+	114.00000*	11.46996	.000	90.0741	137.9259
	P1	99.00000*	11.46996	.000	75.0741	122.9259
	P2	64.00000*	11.46996	.000	40.0741	87.9259
	P3	40.00000*	11.46996	.002	16.0741	63.9259
K+	K-	-114.00000*	11.46996	.000	-137.9259	-90.0741
	P1	-15.00000	11.46996	.206	-38.9259	8.9259
	P2	-50.00000*	11.46996	.000	-73.9259	-26.0741
	P3	-74.00000*	11.46996	.000	-97.9259	-50.0741
P1	K-	-99.00000*	11.46996	.000	-122.9259	-75.0741
	K+	15.00000	11.46996	.206	-8.9259	38.9259
	P2	-35.00000*	11.46996	.006	-58.9259	-11.0741
	P3	-59.00000*	11.46996	.000	-82.9259	-35.0741
P2	K-	-64.00000*	11.46996	.000	-87.9259	-40.0741
	K+	50.00000*	11.46996	.000	26.0741	73.9259
	P1	35.00000*	11.46996	.006	11.0741	58.9259
	P3	-24.00000*	11.46996	.049	-47.9259	-.0741
P3	K-	-40.00000*	11.46996	.002	-63.9259	-16.0741
	K+	74.00000*	11.46996	.000	50.0741	97.9259
	P1	59.00000*	11.46996	.000	35.0741	82.9259
	P2	24.00000*	11.46996	.049	.0741	47.9259

Spermatid

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
K-	K+	125.60000*	13.27946	.000	97.8995	153.3005
	P1	101.00000*	13.27946	.000	73.2995	128.7005
	P2	62.00000*	13.27946	.000	34.2995	89.7005
	P3	33.00000*	13.27946	.022	5.2995	60.7005
K+	K-	-125.60000*	13.27946	.000	-153.3005	-97.8995
	P1	-24.60000	13.27946	.079	-52.3005	3.1005
	P2	-63.60000*	13.27946	.000	-91.3005	-35.8995
	P3	-92.60000*	13.27946	.000	-122.2005	-64.8995
P1	K-	-101.00000*	13.27946	.000	-128.7005	-73.2995
	K+	24.60000	13.27946	.079	-3.1005	52.3005
	P2	-39.00000*	13.27946	.008	-66.7005	-11.2995
	P3	-68.00000*	13.27946	.000	-95.7005	-40.2995
P2	K-	-62.00000*	13.27946	.000	-89.7005	-34.2995
	K+	63.60000*	13.27946	.000	35.8995	91.3005
	P1	39.00000*	13.27946	.008	11.2995	66.7005
	P3	-29.00000*	13.27946	.041	-56.7005	-1.2995
P3	K-	-33.00000*	13.27946	.022	-60.7005	-5.2995
	K+	92.60000*	13.27946	.000	64.8995	120.2005
	P1	68.00000*	13.27946	.000	40.2995	95.7005
	P2	29.00000*	13.27946	.041	1.2995	56.7005

Lampiran 6. Pembuatan notasi manual uji BNT signifikan 5%

Spermatogonium

Rumus	nilai	perlakuan	Rerata	Rerata total + nilai BNT	Notasi
1. MSE=	343.52	K+	80.6	105.05	a
2. t (a,dfc) =	2.09	P1	89.2	113.65	ab
a=	0.05	P2	113	137.45	b
dfc=	20	P3	148.4	172.85	c
3. r=	5	K-	172.6	197.05	c
nilai BNT=	24.45				

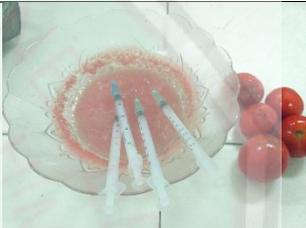
Spermatisit

Rumus	nilai	perlakuan	Rerata	Rerata total + nilai BNT	Notasi
1. MSE=	328.9	K+	78	101.93	a
2. t (a,dfc) =	2.09	P1	93	116.93	a
a=	0.05	P2	128	151.93	b
dfc=	20	P3	152	175.93	c
3. r=	5	K-	192	215.93	d
nilai BNT=	23.93				

Spermatid

Rumus	Nilai	Perlakuan	Rerata	Rerata total + nilai BNT	Notasi
1. MSE=	440.86	K+	89.4	117.10	a
2. t (a,dfc) =	2.09	P1	114	141.70	a
a=	0.05	P2	153	180.70	b
dfc=	20	P3	182	209.70	c
3. r=	5	K-	215	242.70	d
nilai BNT=	27.70				

Lampiran 7. Dokumentasi penelitian

 <p>Penimbangan mencit</p>	 <p>Aklimatisasi mencit</p>	 <p>Pemberian pakan dan minum pada mencit</p>
 <p>Sprit modifikasi dan <i>smoking chamber</i></p>	 <p>Pemaparan mencit oleh asap rokok</p>	 <p>Pembuatan jus tomat dan penentuan dosis</p>
 <p>Pemberian jus tomat dengan sonde lambung</p>	 <p>Persiapan pembedahan mencit</p>	 <p>Proses pembedahan mencit</p>
 <p>Pengambilan organ testis</p>	 <p>Testis dipisah berdasarkan kelompok</p>	 <p>Organ testis dibuat preparat histologi</p>

Lampiran 8. Bukti konsultasi skripsi



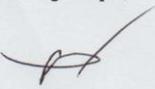
KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Moh. Nukman
 NIM : 13620028
 Program Studi : S1 Biologi
 Semester : Ganjil/ Genap TA. 2017 - 2018
 Pembimbing : Kholifah Holil, M.Si
 Judul Skripsi : Pengaruh Pemberian Jus Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) terhadap Jumlah Sel Spermatogenik dan Histologi Tubulus Seminferus Mencit (*Mus musculus* L.) yang Dipapar Asap Rokok

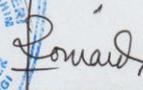
No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	18 Agustus 2016	Konsultasi Judul	
2.	8 September 2016	Konsultasi Bab I	
3.	27 October 2016	Revisi Bab I	
4.	14 November 2016	Revisi Bab I	
5.	1 Desember 2016	Revisi Bab I	
6.	27 Februari 2017	Konsultasi Bab II	
7.	27 Maret 2017	Revisi Bab II	
8.	19 April 2017	Revisi Bab II	
9.	1 Mei 2017	Revisi Bab II	
10.	14 Juni 2017	Konsultasi Bab III	
11.	14 Juli 2017	Revisi Bab III	
12.	18 Oktober 2017	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
13.	22 November 2017	Kesimpulan dan Abstrak	
14.	15 Januari 2018	ACC akhir revisi	

Pembimbing Skripsi,



Kholifah Holil, M.Si
NIP. 19751106 200912 2 002

Malang, 15 Januari 2018.
Ketua Jurusan,


ROMAIDI, M. Si., D. Sc
NIP 19810201 200901 1 019





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Moh. Nurman
NIM : 13620028
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil/ Genap TA. 2017 - 2018
Pembimbing : Umayatus Syarifah, MA
Judul Skripsi : Pengaruh Pemberian Jus Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum*) Terhadap Jumlah Sel Spermatogenik dan Histologi Tubulus Seminiferus Mencit (*Mus musculus*) Yang Di papas Asap Rokok.

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	21 Agustus 2016	Konsultasi BAB I dan II Integrasi	U.S.
2.	12 Desember 2016	Konsultasi BAB I dan II Integrasi	U.S.
3.	12 Juli 2017	Konsultasi BAB I dan II Integrasi	U.S.
4.	23 November 2017	Konsultasi BAB IV Integrasi	U.S.
5.	30 November 2017	Konsultasi BAB IV Integrasi	U.S.
6.	4 Desember 2017	Konsultasi Abstrak Bahasa Arab.	U.S.
7.	5 Januari 2018	Konsultasi Tapsir Integrasi al-Quran.	U.S.

Pembimbing Skripsi,

Umayatus Syarifah, M.A.
NIP. 19820925 200901 2 005



Malang, 15 Januari 2018.
Ketua Jurusan,

ROMAIDI, M. Si., D. Sc
NIP 19810201 200901 1 019