

**PENGARUH VARIASI DIET TERHADAP
PERUBAHAN STRUKTUR GLOMERULUS DAN
KERUSAKAN TUBULUS GINJAL IKAN ZEBRA
BETINA (*Danio rerio*)**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



Oleh

NIKEN ARAMITA PRAMESTI

22201101002

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2026**



SKRIPSI

PENGARUH VARIASI DIET TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR GLOMERULUS DAN KERUSAKAN TUBULUS GINJAL IKAN ZEBRA BETINA (*Danio rerio*)

Oleh :

Niken Aramita Pramesti

22201101002

Telah Dipertahankan Di Depan Penguji

Pada Tanggal 13 Juli 2026

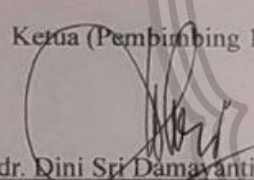
Dan Dinyatakan Memenuhi Syarat

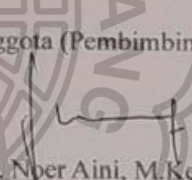
Menyetujui

Komisi Pembimbing

Ketua (Pembimbing 1)

Anggota (Pembimbing 2)


Dr. dr. Dini Sri Damayanti, M.Kes


dr. Noer Aini, M.Kes

NPP: 205.02.00006

NPP: 205.02.00007

Malang, 26 Juli 2026

Program Studi Kedokteran

Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang

Dekan


dr. Rahma Trifliana, M.Kes, PhD

NPP. 205.02.00001

JUDUL SKRIPSI:
PENGARUH VARIASI DIET TERHADAP
PERUBAHAN STRUKTUR GLOMERULUS DAN
KERUSAKAN TUBULUS GINJAL IKAN ZEBRA
BETINA (*Danio rerio*)

Nama Mahasiswa : Niken Aramita Pramesti

NIM : 22201101002

Program studi : Kedokteran

Fakultas : Kedokteran

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Dr. dr. Dini Sri Damayanti, M.Kes

Anggota pembimbing : dr. Noer Aini, M.Kes

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Rio Risandiansyah, S.Ked, MP., PhD

Dosen Penguji II : Yoyon Arif Martino S.Si, M.Kes

Tanggal Ujian : 13 Juli 2026

SK Penguji : 019/A341/U.10/D/A.06/VII/2025



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak pernah terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh SARJANA KEDOKTERAN dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 13 Juli 2026

Mahasiswa



Nama : Niken Aramita Pramesti

NIM : 22201101002

PS : Kedokteran FK UNISMA

“Jangan mencemaskan akhir dari sebuah perjuangan tapi fokuslah untuk memberikan usaha terbaik di setiap langkahnya. Saat kita menyelesaikan setiap hal dengan sebaik-baiknya, akhir yang baik sedang memantaskan diri untuk menyambut kita because a beautiful ending never delivers to the wrong address.”

-Niken Aramita Pramesti-

Karya ini kupersembahkan untuk:

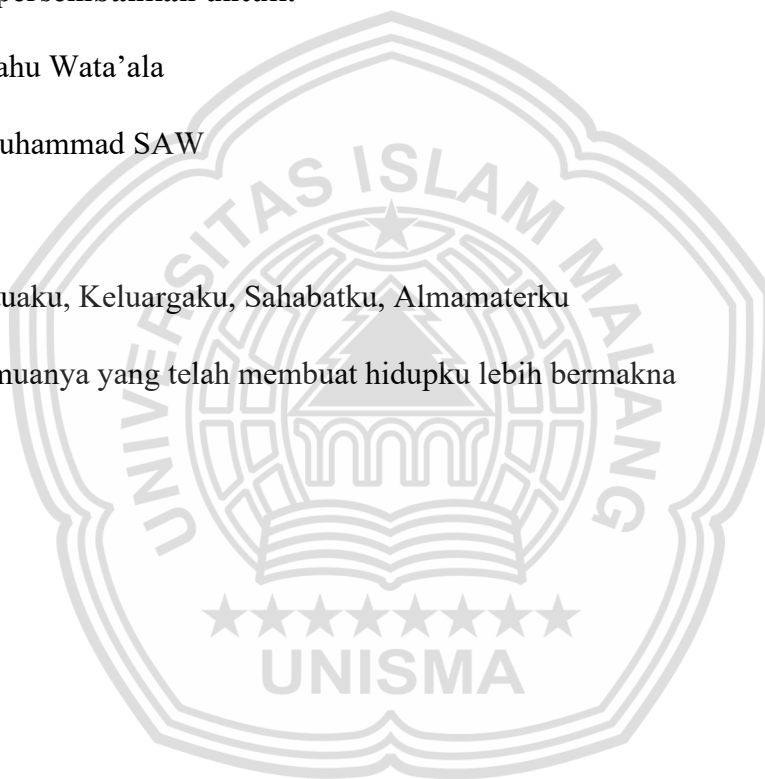
Allah Subhanahu Wata'ala

Nabi Besar Muhammad SAW

Agama

Kedua orang tuaku, Keluargaku, Sahabatku, Almamaterku

Dan untuk semuanya yang telah membuat hidupku lebih bermakna



RIWAYAT HIDUP

Niken Aramita Pramesti lahir di Kota Blitar pada 03 Agustus 2002. Terlahir sebagai anak sulung dari dua bersaudara pasangan Bapak Suroto dan Ibu Winarti. Niken Aramita Pramesti menjalani pendidikan TK di RA Perwanida, dan menjalani pendidikan SD di MI Perwanida selama 6 Tahun. Kemudian melanjutkan sekolah SMP di SMPN 1 Blitar selama 3 tahun, kemudian menjalani sekolah di SMAN 1 Kota Blitar selama 3 tahun. Kemudian menjalani perkuliahan di Universitas Islam Malang dengan program studi Kedokteran Fakultas Kedokteran pada tahun 2022.

Selama menempuh pendidikan di FK UNISMA, Niken Aramita Pramesti banyak belajar mengenai kedisiplinan dalam waktu, tanggung jawab, kehidupan sosial, dan leadership dengan mengikuti kegiatan kemahasiswaan berupa kegiatan organisasi di Himpunan Mahasiswa FK Unisma selama 2 periode yaitu periode 2023/2024 dan 2024/2025.

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ Malang, 13 Juli 2026
UNISMA

Niken Aramita Pramesti
22201101002

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

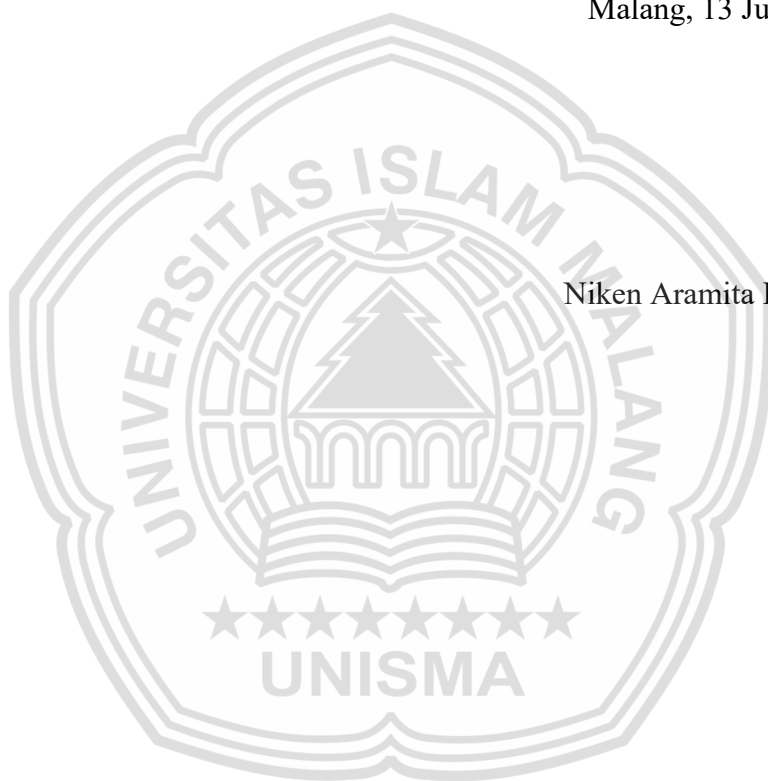
1. Allah SWT, Tuhan semesta alam, sumber segala kebaikan dan keagungan. Atas segala Rahmat dan ridho-Nya saya mampu menjalani setiap langkah hingga saat ini.
2. Nabi Muhammad SAW, suri tauladan bagi kita semua. Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepadanya.
3. Yth. Ibu dr. Rahma Trilliana, M.Kes, PhD selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. Terima kasih atas ilmu, semangat, dan nasihat yang selalu diberikan selama saya menjadi mahasiswa di Fakultas Kedokteran UNISMA ini.
4. Yth. Dr. dr. Dini Sri Damayanti, M.Kes sebagai dosen pembimbing 1. Terima kasih atas ilmu, waktu, kesabaran, semangat, dan arahan yang telah diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Yth. dr. Noer Aini, M.Kes sebagai dosen pembimbing 2 yang telah membimbing dan mengarahkan dengan sabar selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Yth. Bapak Rio Risandiansyah, S.Ked, MP., PhD dan Yoyon Arif Martino S.Si, M.Kes selaku penguji guna penyempurnaan skripsi ini.
7. Yth. Bu Beta Bela P, M.Psi, Psikolog sebagai dosen pembimbing akademik yang telah mendampingi selama proses menempuh pendidikan di FK UNISMA.

8. Yth. Kepada seluruh dosen dan karyawan di FK UNISMA yang telah mendukung kegiatan belajar selama proses pendidikan S1 Kedokteran.
9. Kepada kedua orang tua saya yang tersayang bapak Suroto dan Ibu Winarti atas doa yang selalu terucap, semangat, motivasi, dukungan moril maupun material yang selalu mendampingi saya berjuang baik dalam suka dan duka untuk meraih setiap impian saya.
10. Kepada adik saya, Ivana Elvaretta Nariswari yang selalu menjadi motivasi bagi saya.
11. Kepada sahabat saya sejak SMP (Surfive Squad), Meiralilla, Keysha, Berliantie, dan Greyvin yang selalu memberikan saran, doa, dan dukungan kepada saya.
12. Kepada teman seperjuangan saya sekaligus sahabat saya dari maba hingga sekarang, Aufa, Firda, Fara, dan Wiam.
13. Kepada teman-teman pohon penelitian saya, Firda, Aliyah, Aufa, Amanda, dan Wiam yang saling membantu untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Juga kepada semua teman-teman, kakak tingkat FK UNISMA yang telah membantu, memotivasi, mendukung saya selama menjadi mahasiswa S1 Prodi Kedokteran FK UNISMA.
15. Dan yang terakhir, terima kasih saya ucapkan kepada diri sendiri karena telah menyelesaikan apa yang telah dimulai walau kadang ada rasa lelah tapi tetap bangkit dan melanjutkan hingga bisa sampai di titik sekarang.

Atas segala ilmu, bimbingan, waktu, kesabaran, semangat, doa, dan dukungan yang telah penulis dapatkan, penulis hanya bisa mengucapkan *Jazakumullah khairan katsiran*. Penulis tidak bisa membalas setiap kebaikan satu-persatu, tetapi penulis hanya bisa berdoa, Semoga Allah membalas semua kebaikan tersebut dengan balasan yang terbaik. Aamiin..

Malang, 13 Juli 2026

Niken Aramita Pramesti



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini. Penulisan Skripsi dilakukan untuk memenuhi persyaratan menjadi Sarjana Kedokteran dengan judul “Pengaruh Variasi Diet Terhadap Perubahan Struktur Glomerulus dan Kerusakan Tubulus Ginjal Ikan Zebra Betina (*Danio rerio*)”. Saya menyampaikan ucapan terimakasih kepada dosen pembimbing dan semua pihak yang telah memberikan bimbingan sehingga penyusunan Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna baik secara materi dan cara penulisannya. Namun, saya telah berusaha dengan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki sehingga dapat dengan lapang dada untuk menerima segala masukan, saran maupun kritik dalam penyempurnaan menyelesaikan penyusunan Skripsi. Saya berharap dengan penulisan Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Malang, 6 Juli 2026

Niken Aramita Pramesti

Kerusakan Struktur Glomerulus dan Tubulus Ginjal Ikan Zebra Betina (*Danio rerio*) Akibat Induksi Variasi Diet Tinggi Lemak

Niken Aramita Pramesti, Noer Aini, Dini Sri Damayanti*

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Malang

e-mail: nikenaramita@gmail.com

Abstrak

Introduksi : Diet tinggi lemak dapat memicu terjadinya obesitas pada ikan zebra. Salah satu komplikasi dari obesitas adalah penyakit ginjal kronis akibat gangguan fungsi nefron. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi diet tinggi lemak terhadap perubahan struktur glomerulus dan kerusakan tubulus secara histopatologis pada ikan zebra betina.

Metode : Penelitian eksperimental ini menggunakan ikan zebra betina yang dibagi menjadi empat kelompok perlakuan ($n = 6$) : Kelompok pelet (P) sebagai kontrol, kuning telur + pelet (KTP), kolesterol + pelet (KP), dan artemia (A). Intervensi diet dilakukan selama 28 hari dengan dosis 3,5% berat badan untuk P, 5% berat badan untuk KTP dan KP, serta 6-7% untuk A yang diberikan sebanyak tiga kali sehari. Parameter histopatologi yang dievaluasi meliputi diameter glomerulus, lebar kapsula Bowman, dan vakuolisasi tubulus. Data diameter glomerulus dan lebar kapsula Bowman dianalisis menggunakan uji *One-Way ANOVA*, sedangkan data vakuolisasi tubulus dianalisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis*.

Hasil dan diskusi : Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh signifikan pada diameter glomerulus, lebar kapsula Bowman, dan vakuolisasi tubulus antar kelompok perlakuan ($p < 0.05$). Kelompok KTP menunjukkan kerusakan paling besar yang ditandai dengan peningkatan diameter glomerulus sebesar 27,83%, lebar kapsula Bowman sebesar 233,05%, dan vakuolisasi tubulus sebesar 51-75% dibandingkan dengan kelompok P.

Kesimpulan : Disimpulkan bahwa variasi diet kuning telur + pelet selama 28 hari memengaruhi perubahan struktur glomerulus serta kerusakan tubulus pada ikan zebra betina sehingga berpotensi digunakan sebagai model induksi obesitas dan komplikasi pada ginjal pada ikan zebra betina.

Kata kunci: *Danio rerio* betina, variasi diet tinggi lemak, histopatologi ginjal.

Abstract

Introduction : A high-fat diet can trigger obesity in zebrafish. One of the complications of obesity is chronic kidney disease due to impaired nephron function. This study aimed to determine the effect of various high-fat diets on histopathological changes in glomerular structure and tubular damage in female zebrafish.

Method : This experimental study used female zebrafish divided into four treatment groups ($n = 6$): pellet group (P) as control, egg yolk + pellet (KTP), cholesterol + pellet (KP), and Artemia (A). The dietary intervention was carried out for 28 days with doses of 3.5% body weight for P, 5% body weight for KTP and KP, and 6–7% for A, administered three times daily. Histopathological parameters evaluated included glomerular diameter, Bowman's capsule width, and tubular vacuolisation. Data on glomerular diameter and Bowman's capsule width were analysed using *One-Way ANOVA*, while tubular vacuolisation data were analysed using the *Kruskal-Wallis* test.

Results : The results showed significant effects on glomerular diameter, Bowman's capsule width, and tubular vacuolisation among treatment groups ($p < 0.05$). The KTP group exhibited the greatest damage, characterised by an increase in glomerular diameter by 27.83%,

Bowman's capsule width by 233.05%, and tubular vacuolisation by 51–75% compared to the P group.

Conclusion : It is concluded that the egg yolk + pellet diet over 28 days influenced changes in glomerular structure and tubular damage in female zebrafish, thus potentially serving as a model for inducing obesity and renal complications in female zebrafish.

Keywords : *female Danio rerio, high-fat diet variation, kidney histopathology*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Penyakit ginjal kronik (PGK) merupakan salah satu penyakit tidak menular yang menjadi tantangan kesehatan di tingkat global. Prevalensi penyakit ini terus mengalami peningkatan sejalan dengan perubahan gaya hidup yang terjadi pada masyarakat modern (Chen et al., 2021). Obesitas yang dipicu oleh konsumsi makanan tinggi lemak merupakan salah satu faktor risiko utama terjadinya penyakit ginjal kronik (PGK) (Zeitler et al., 2022).

Obesitas dapat memicu terjadinya hipertensi melalui mekanisme lipotoksitas. Proses ini diawali oleh akumulasi lemak visceral, terutama pada jaringan lemak perirenal (*perirenal fat pad*), yang menyebabkan peningkatan kadar asam lemak bebas (*free fatty acids/FFA*) lalu meningkatkan LDL dan LDL teroksidasi sehingga terjadi arteriosklerosis yang menyebabkan penyempitan diameter pembuluh darah dan peningkatan tahanan perifer sehingga terjadi hipertensi. Hipertensi meningkatkan aliran darah ginjal (peningkatan GFR) sehingga terjadi vasokonstriksi arteriol aferen (autoregulasi) untuk menurunkan GFR. Hal ini menyebabkan aktivasi RAAS sehingga terjadi peningkatan tekanan darah. Mekanisme yang terjadi terus-menerus menyebabkan glomerulosklerosis dan fibrosis tubulointerstisial. Akibatnya, terjadi penurunan fungsi ginjal secara progresif sehingga terjadi gagal ginjal kronis. Oleh karena itu, salah satu komorbid utama pada PGK di Indonesia adalah hipertensi (Hustrini et al., 2022).

Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023, prevalensi penyakit ginjal kronis (PGK) pada penduduk Indonesia berusia ≥ 15 tahun diperkirakan mencapai 0,17–0,18%. Angka tersebut diduga masih lebih rendah dari kondisi sebenarnya (*underestimated*) karena sebagian besar kasus baru teridentifikasi ketika penyakit telah memasuki stadium lanjut. Hipertensi dilaporkan sebagai faktor risiko utama PGK di Indonesia, dengan risiko kejadian sekitar lima kali lebih tinggi dibandingkan pada individu tanpa hipertensi (Maharani et al., 2022).

Tingginya prevalensi PGK berkaitan erat dengan peningkatan konsumsi makanan tinggi lemak pada masyarakat Indonesia. Berbagai jenis makanan diketahui memiliki kandungan lemak yang tinggi, di antaranya gorengan dan makanan cepat saji. Di sisi lain, konsumsi pangan tinggi kolesterol, seperti daging berlemak, jeroan, *seafood*, serta kuning telur, turut menyumbang peningkatan asupan lemak secara keseluruhan (Sulayfiyah, 2024). Tingginya tingkat konsumsi makanan tinggi lemak diketahui dapat menyebabkan gangguan metabolik seperti obesitas, dislipidemia, stress oksidatif, dan inflamasi sistemik (Chen et al., 2021). Beberapa gangguan tersebut dapat memengaruhi perfusi ginjal dan menyebabkan kerusakan yang bersifat inflamatorik pada struktur mikroskopis ginjal, terutama pada glomerulus dan tubulus. Glomerulus berfungsi sebagai penyaring (filtrasi) darah, sedangkan tubulus berperan dalam proses reabsorpsi dan sekresi zat-zat penting (Schwartz & Rashid, 2021). Kerusakan pada struktur ini menjadi indikator awal terjadinya gangguan fungsi ginjal (Y. Wang et al., 2023).

Ikan zebra (*Danio rerio*) betina banyak digunakan sebagai model hewan dalam penelitian obesitas karena memiliki karakteristik metabolisme yang serupa

dengan manusia dan komposisi organ ginjal yang homolog (Choi et al., 2021). Ikan zebra memiliki sistem pencernaan dan ekskresi yang mirip dengan manusia. Seperti ginjal pada mamalia, struktur ginjal ikan zebra terdiri atas unit fungsional berupa nefron yang mencakup glomerulus, tubulus proksimal, tubulus distal, serta tubulus kolektifus (Carvalho, 2019). Kesamaan struktur ini menjadikan ikan zebra sebagai model yang relevan untuk mengevaluasi pengaruh diet tinggi lemak terhadap struktur ginjal.

Sebagian besar penelitian sebelumnya menggunakan ikan zebra jantan atau tanpa membedakan jenis kelamin sehingga belum menggambarkan secara akurat variasi respon metabolik dan inflamasi ginjal yang dapat muncul pada ikan zebra betina. Ikan zebra betina menunjukkan karakteristik morfologis berupa ukuran tubuh yang lebih besar dibandingkan ikan jantan. Selain itu, responsnya terhadap diet tinggi lemak lebih tinggi, yang ditandai dengan kecenderungan mengalami akumulasi lipid lebih besar dibandingkan ikan zebra jantan (Anwer et al., 2022). Oleh karena itu, menggunakan ikan zebra betina sebagai objek penelitian mempermudah dalam menganalisis efek metabolik dan histologis terhadap ginjal.

Diet tinggi lemak sering digunakan dalam penelitian eksperimental pada hewan coba untuk menginduksi obesitas dan mempelajari mekanisme terjadinya kerusakan organ akibat akumulasi lemak berlebih (Silva et al., 2024). Namun, kajian yang secara spesifik menilai pengaruh variasi sumber lemak terhadap struktur histologi ginjal masih terbatas. Menilai sumber variasi lemak diperlukan karena sumber lemak yang berbeda mengandung komposisi lemak yang berbeda pula. Lemak merupakan salah satu makronutrien yang berfungsi sebagai sumber energi bagi tubuh dan komponen struktural sel, serta terlibat dalam sintesis hormon

dan absorpsi vitamin yang larut dalam lemak (Mulyanti et al., 2025). Lemak dibedakan berdasarkan jenis asam lemaknya menjadi lemak tak jenuh yang umumnya bersifat protektif terhadap sistem kardiovaskular, serta lemak jenuh dan lemak trans diketahui dapat meningkatkan kadar kolesterol *low-density lipoprotein* (LDL), sehingga berkontribusi terhadap perkembangan aterosklerosis (Zhang et al., 2025).

Dalam penelitian ini, variasi diet disusun dari kombinasi pelet (sebagai pakan dasar) dengan kuning telur ayam (sumber lemak hewani dan kolesterol) dan artemia (sebagai sumber protein dan lemak alami dari hewan akuatik) (Silva et al., 2024). Selain itu, terdapat diet kolesterol murni 4% yang diberikan dengan cara membuat campuran pelet dengan kolesterol murni (Jin et al., 2023). Adanya kombinasi dari variasi diet tersebut dirancang untuk dapat membandingkan efek induksi diet lemak dari berbagai sumber dan mengevaluasi efeknya terhadap ginjal, terutama pada histologi glomerulus dan tubulus. Pendekatan ini memberikan kebaruan dibandingkan penelitian terdahulu yang umumnya hanya menggunakan satu jenis sumber lemak.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan pengaruh pemberian beberapa jenis diet tinggi lemak, meliputi pelet, kuning telur, artemia, dan kolesterol murni, terhadap perubahan histopatologis struktur glomerulus serta kerusakan tubulus ginjal. Penelitian ini diharapkan menghasilkan data histologis yang dapat memperkaya pemahaman mengenai mekanisme awal terjadinya kerusakan ginjal akibat konsumsi lemak secara berlebihan, menjadi dasar ilmiah dalam upaya pencegahan penyakit gagal

ginjal kronik yang berkaitan dengan pola makan tinggi lemak, serta dapat menjadi acuan untuk pendekatan preventif di bidang kesehatan masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat perbedaan pengaruh variasi diet yang diberikan selama 28 hari terhadap perubahan struktur glomerulus, yang ditandai oleh peningkatan diameter glomerulus dan lebar kapsula Bowman, pada ikan zebra (*Danio rerio*) betina??
2. Apakah terdapat perbedaan pengaruh variasi diet selama 28 hari terhadap kerusakan tubulus, yang ditandai dengan terjadinya vakuolisasi tubulus, pada ikan zebra (*Danio rerio*) betina?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Membuktikan adanya pengaruh variasi diet selama 28 hari terhadap perubahan struktur glomerulus, yang dinilai berdasarkan diameter glomerulus dan lebar kapsula Bowman, pada ikan zebra (*Danio rerio*) betina.
2. Membuktikan adanya pengaruh variasi diet selama 28 hari terhadap kerusakan tubulus, yang dinilai berdasarkan derajat vakuolisasi tubulus, pada ikan zebra (*Danio rerio*) betina.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Memberikan informasi ilmiah yang dapat memperluas pemahaman mengenai pengaruh variasi diet terhadap perubahan histopatologi ginjal pada ikan zebra

(*Danio rerio*) betina serta menjadi landasan bagi penelitian lanjutan mengenai model obesitas dan komplikasi ginjal.

1.4.2 Manfaat Praktis

Dapat digunakan sebagai materi penyuluhan atau pendidikan kesehatan pada masyarakat tentang obesitas dan PGK serta pencegahannya.



BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, variasi sumber diet selama 28 hari menghasilkan respons histopatologi ginjal yang berbeda pada ikan zebra betina (*Danio rerio*). Diet berbasis pelet + kuning telur (PKT) memberikan perubahan struktur ginjal paling dominan, ditunjukkan dengan peningkatan diameter glomerulus, pelebaran kapsula Bowman, dan vakuolisasi tubulus yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Sementara itu, diet pelet menunjukkan perubahan histologi paling minimal, sedangkan kelompok artemia dan pelet + kolesterol memberikan respons perubahan ginjal yang berada pada tingkat intermediate.

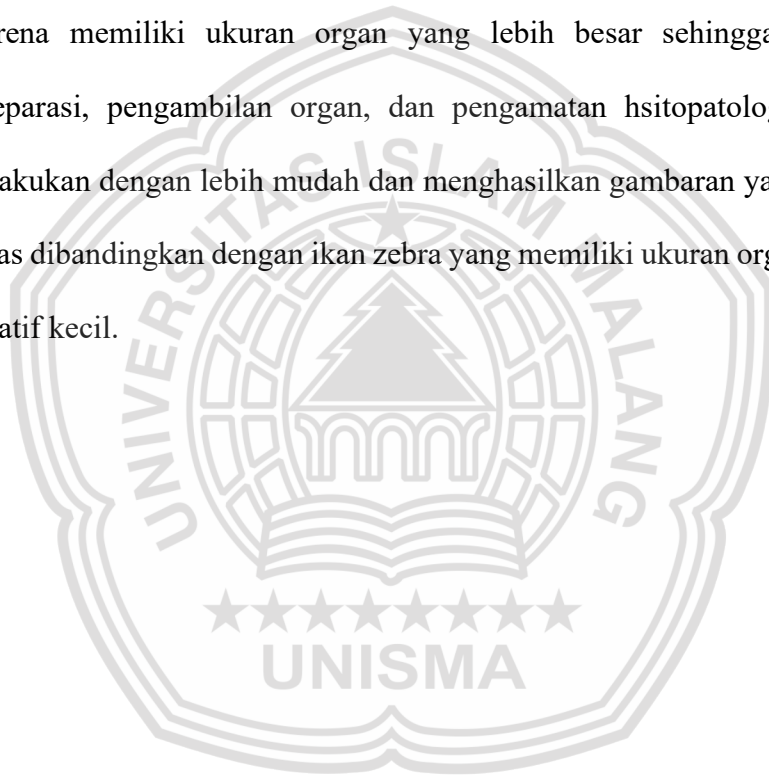
7.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Menggunakan jumlah sampel atau ulangan yang lebih besar untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas data penelitian serta mengurangi pengaruh dari variasi biologis antar sampel.
2. Menggunakan pelet sebagai pakan dasar pada seluruh kelompok perlakuan, termasuk artemia, sehingga komposisi pakan dasar menjadi lebih seragam dan dapat merefleksikan pengaruh variasi sumber lemak.
3. Menggunakan ikan zebra berjenis kelamin jantan dan memastikan proses preparasi serta pengukuran histopatologi dilakukan dengan

ketelitian yang tinggi agar tidak terjadi kesalahan dalam proses tersebut yang dapat menjadi bias pada hasil pengukuran histopatologi.

4. Melakukan analisis semua kandungan makronutrien (karbohidrat, lemak, dan protein) pada setiap jenis diet karena setiap kandungan makronutrien tersebut memiliki pengaruh terhadap perubahan histopatologi ginjal.
5. Bila memungkinkan dapat menggunakan hewan coba lain seperti tikus karena memiliki ukuran organ yang lebih besar sehingga proses preparasi, pengambilan organ, dan pengamatan histopatologi dapat dilakukan dengan lebih mudah dan menghasilkan gambaran yang lebih jelas dibandingkan dengan ikan zebra yang memiliki ukuran organ yang relatif kecil.



DAFTAR PUSTAKA

- Agbo, A. N., & Awolumate, S. (2024). Impact of oven drying, sun drying and freezing on the nutrient composition of *Heterobranchus longifilis*. *Nigerian Journal of Animal Production*, 1950–1953.
- Alwiyah, F., Rudiyanto, W., Indria Anggraini, D., & Windarti, I. (2024). Anatomi dan Fisiologi Ginjal: Tinjauan Pustaka. *Tinjauan Pustaka Medula*, 14(2), 285–289.
- An, H. J., Lee, Y. J., Choe, C. P., Cho, H.-K., & Song, D. H. (2021). Long noncoding RNAs associated with nonalcoholic fatty liver disease in a high cholesterol diet adult zebrafish model. *Scientific Reports*, 11(1), 23005. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02455-0>
- Anwer, H., O'Dea, R. E., Mason, D., Zajitschek, S., Klinke, A., Reid, M., Hesselton, D., Noble, D. W. A., Morris, M. J., Lagisz, M., & Nakagawa, S. (2022). The effects of an obesogenic diet on behavior and cognition in zebrafish (*Danio rerio*): Trait average, variability, repeatability, and behavioral syndromes. *Ecology and Evolution*, 12(11), e9511. <https://doi.org/10.1002/ece3.9511>
- Arifin Noor, M., Riska, W. M., Suyanto, S., & Wahyuningsih, I. S. (2023). Pengaruh Kombinasi Ankle Pump Exercise Dan Elevasi Kaki 30° Terhadap Edema Kaki Pada Pasien Ckd. *Jurnal Keperawatan Sishthana*, 8(1), 25–36. <https://doi.org/10.55606/sisthana.v8i1.225>
- Aronu, C. J., Aronu, C. G., Morgan, A., Ugwu, P. C., & Ihedioha, J. I. (2022). Comparative evaluation of the nutrient content of table eggs of chicken, guinea fowl and quail. *Tropical Veterinarian*, 39(2), 66–75.

<https://www.ajol.info/index.php/tv/article/view/235070>

Balamurugan, K., Medishetti, R., Rao, P., K. R. V., Chatti, K., & Parsa, K. V. L. (2022). Protocol to evaluate hyperlipidemia in zebrafish larvae. *STAR Protocols*, 3(4), 101819.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.xpro.2022.101819>

Baroleh, J. M., Ratag, T. B., G, F. L. F., & Langi. (2019). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Penyakit Ginjal Kronis Pada Pasien Di Instalasi Rawat Jalan RSUD Pancaran Kasih Manado. *Kesmas*, 8(7), 8. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/kesmas/article/view/27233>

Bondoc, O. L., Ramos, A. R., & Ebron, A. O. (2023). Fat Content , Fatty Acid Composition , and Fatty Acid-based Nutritional Indices / Ratios of Egg Yolks from Different Poultry Species and Breeds. *Philippine Journal of Science*, 152(April), 605–619.

Carvalho, J. C. T. (2019). *Histopathology of Zebrafish (Danio rerio) in Nonclinical Toxicological Studies of New Drugs* (Y. Bozkurt (ed.)). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88639>

Çelebi, H., Bahadır, T., Şimşek, İ., & Tulun, Ş. (2023). Danio rerio: A Sustainable Model for Monitoring Pollutants in Aquatic Environments. In *Environmental Sciences Proceedings* (Vol. 25, Issue 1, p. 69). <https://doi.org/10.3390/ECWS-7-14310>

Chagas, C., Pires, L., Rodriguez, B., De Souza Ribeiro, B. F., Júnior, A. F., & Babinski, M. (2026). Protective Effects of Chitosan and Rosuvastatin on Renal Structure and Lipid Metabolism in Rabbits Fed a High-Fat Diet. *Medicina*, 62. <https://doi.org/10.3390/medicina62010219>

- Chen, S., Chen, J., Li, S., Guo, F., Li, A., Wu, H., Chen, J., Pan, Q., Liao, S., Liu, H. F., & Pan, Q. (2021). High-Fat Diet-Induced Renal Proximal Tubular Inflammatory Injury: Emerging Risk Factor of Chronic Kidney Disease. *Frontiers in Physiology*, 12(December). <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.786599>
- Cho, E., Choi, S., Kang, D., Kalantar-Zadeh, K., & Ko, G. (2021). Revisiting glomerular hyperfiltration and examining the concept of high dietary protein-related nephropathy in athletes and bodybuilders. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*, 31, 18–25. <https://doi.org/10.1097/mnh.0000000000000755>
- Choi, T. Y., Choi, T. I., Lee, Y. R., Choe, S. K., & Kim, C. H. (2021). Zebrafish as an animal model for biomedical research. *Experimental and Molecular Medicine*, 53(3), 310–317. <https://doi.org/10.1038/s12276-021-00571-5>
- Chrysopoulou, M., & Rinschen, M. M. (2024). Metabolic Rewiring and Communication : An Integrative View of Kidney Proximal Tubule Function. *Annual Review of Physiology*, 405–427.
- Crowley, R. (2024). *What do fats do in the body?* National Institute of General Medical Sciences. <https://biobeat.nigms.nih.gov/2024/01/what-do-fats-do-in-the-body/>
- Dalal R, Bruss ZS, S. J. (2023). Physiology, Renal Blood Flow and Filtration. In *Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482248/?utm>
- Desmawati, D., Mahdiyah, A. Y., & Kadri, H. (2023). Effect of High Fat and Cholesterol Diet on Total Blood Cholesterol Levels in Pregnant Wistar Rats.

Majalah Kedokteran Bandung, 55(1), 7–12.

<https://doi.org/10.15395/mkb.v55n1.2651>

Dong, R. (2024). Glomerular cell cross talk in diabetic kidney diseases. *Journal of Diabetes*, 2(July 2022), 514–523. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13304>

Elizalde-Velázquez, G., & Herrera-Vázquez, S. (2023). *Zebrafish as Model Organism in Aquatic Ecotoxicology: Current Trends and Future Perspectives*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1002731>

Feingold, K. R. (2024). Introduction to Lipids and Lipoproteins. [Updated 2024 Jan 14]. In *South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305896/>

Festy, P. (2020). Buku Ajar Gizi dan Diet - Google Buku. In *UM Surabaya Publishing*. https://www.google.co.id/books/edition/Buku_Ajar_Gizi_dan_Diet/--qvDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=klasifikasi+protein&pg=PA17&printsec=frontcover

Fowler, L. A., Powers, A. D., Id, M. B. W., Davis, J. L., Barry, J., Id, L. R. D. A., & Watts, S. A. (2021). *The effects of dietary saturated fat source on weight gain and adiposity are influenced by both sex and total dietary lipid intake in zebrafish*. 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257914>

García-Carro, C., Vergara, A., Bermejo, S., Azancot, M. A., Sellarés, J., & Soler, M. J. (2021). A Nephrologist Perspective on Obesity: From Kidney Injury to Clinical Management. *Frontiers in Medicine*, 8(April). <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.655871>

Gilbert, S. F., & Weiner, D. E. (2022). *National kidney foundation primer on kidney*

diseases, E-Book. Elsevier Health Sciences.

Gora, A. H., Rehman, S., Kiron, V., Dias, J., Fernandes, J. M. O., Olsvik, P. A., Siriyappagounder, P., Vatsos, I., Schmid-Staiger, U., Frick, K., & Cardoso, M. (2022). Management of Hypercholesterolemia Through Dietary β -glucans—Insights From a Zebrafish Model. *Frontiers in Nutrition, Volume 8-2021*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.797452>

Hagström, H., Hagfors, L. N., Hedelin, R., Brunström, M., & Lindmark, K. (2025). Low carbohydrate high fat-diet in real life; A descriptive analysis of cardiovascular risk factors. *International Journal of Cardiology Cardiovascular Risk and Prevention*, 25, 200384. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijcrp.2025.200384>

Hakroush, S., Tampe, D., Korsten, P., Ströbel, P., & Tampe, B. (2021). Systematic Scoring of Tubular Injury Patterns Reveals Interplay between Distinct Tubular and Glomerular Lesions in ANCA-Associated Glomerulonephritis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/jcm10122682>

Halawa, E. P., Manalu, H. U. B., Rumahorbo, D. N., Idama, Nduru, W., & Sunarti. (2023). Hubungan Antara Dukungan Keluarga Dengan Illness Perception Pada Pasien Gagal Ginjal Kronik Di Ruang Hemodialisa Di Rsu Royal Prima Medan. *Mahesa: Malahayati Health Student Journal*, 3, 605–621. doi: <https://doi.org/10.33024/mahesa.v3i3.9857>

Hardianti, M., Yuniarto, A., & Hasimun, P. (2021). Review : Zebrafish (*Danio Rerio*) Sebagai Model Obesitas dan Diabetes Melitus Tipe 2. 754, 69–79. <https://doi.org/10.25077/jsfk.8.2.69-79.2021>

Hasanah, U., Dewi, N. R., Ludiana, L., Pakarti, A. T., & Inayati, A. (2023). Analisis

- Faktor-Faktor Risiko Terjadinya Penyakit Ginjal Kronik Pada Pasien Hemodialisis. *Jurnal Wacana Kesehatan*, 8(2), 96.
<https://doi.org/10.52822/jwk.v8i2.531>
- He, H., & Hou, T. (2021). Lipid. *Essentials of Food Chemistry*, 197–253.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-0610-6_5
- Huff, T., Boyd, B., & Jialal, I. (2023). *Physiology Cholesterol*. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470561/>
- Husain, S. (2024). Role of Podocyte in Kidney Disease. *Front. Biosci. (Landmark Ed)*, 29(7).
- Hustrini, N. M., Susalit, E., & Rotmans, J. I. (2022). Prevalence and risk factors for chronic kidney disease in Indonesia: An analysis of the National Basic Health Survey 2018. *Journal of Global Health*, 12, 4074.
<https://doi.org/10.7189/jogh.12.04074>
- Irwan, I, S. R., Adam, & Amalia, L. (2024). the Analysis of Determinant Factors of Chronic Kidney Disease Occurrence Risk in Interna Polyclinic Patients At Aloe Saboe Hospital. *Journal Health & Science: Gorontalo Journal Health and Science Community*, 8(4), 218–226.
- Jayapandian, C. P., Chen, Y., Janowczyk, A. R., Palmer, M. B., Cassol, C. A., Sekulic, M., Hodgins, J. B., Zee, J., Hewitt, S. M., O'Toole, J., Toro, P., Sedor, J. R., Barisoni, L., Madabhushi, A., Sedor, J., Dell, K., Schachere, M., Negrey, J., Lemley, K., ... Lin, J. J. (2021). Development and evaluation of deep learning-based segmentation of histologic structures in the kidney cortex with multiple histologic stains. *Kidney International*, 99(1), 86–101.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.kint.2020.07.044>

Jefferson, F. A., Okhunov, Z., Veneziano, D., Rivas, J. G., Meneses, A. D., Cacciamani, G. E., Socarras, M. R., Wikenhiezer, J., & Landman, J. (2019). Precise characterization of urinary tract innervation using three-dimensional reconstruction: A contemporary review. *Actas Urológicas Españolas (English Edition)*, 43(8), 397–403.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.acuroe.2019.07.005>

Jin, Y., Kozan, D., Anderson, J. L., Hensley, M., Shen, M.-C., Wen, J., Moll, T., Kozan, H., Rawls, J. F., & Farber, S. A. (2023). A high-cholesterol zebrafish diet promotes hypercholesterolemia and fasting-associated liver triglycerides accumulation. *BioRxiv: The Preprint Server for Biology*.
<https://doi.org/10.1101/2023.11.01.565134>

Ka, J., & Jin, S.-W. (2021). Zebrafish as an Emerging Model for Dyslipidemia and Associated Diseases. *Journal of Lipid and Atherosclerosis*, 10(1), 42–56.
<https://doi.org/10.12997/jla.2021.10.1.42>

Kandasamy, T., Chandrasekar, S., Pichaivel, M., Pachaiappan, S., & Muthusamy, G. (2022). A Review of Zebrafish as an Alternative Animal Model and Its Benefits over Other Animal Models in Various Disease Conditions. *Saudi Journal of Biomedical Research*, 3214, 355–359.
<https://doi.org/10.36348/sjbr.2022.v07i12.005>

Kidney Disease: Improving Global Outcomes Group., (KDIGO) CKD Work. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International*, 105(4S), S117–S314.

- Kim, Y.-J., Oh, S.-H., Lim, J.-H., Cho, J.-H., Jung, H.-Y., Kim, C.-D., Park, S., Kwon, T.-H., & Kim, Y.-L. (2023). Impact of Ring Finger Protein 20 and Its Downstream Regulation on Renal Tubular Injury in a Unilateral Nephrectomy Mouse Model Fed a High-Fat Diet. *Nutrients*, 15. <https://doi.org/10.3390/nu15234959>
- Kotzé-Hörstmann, L., Cois, A., Johnson, R., Mabasa, L., Shabalala, S., Van Jaarsveld, P. J., & Sadie-Van Gijsen, H. (2022). Characterization and Comparison of the Divergent Metabolic Consequences of High-Sugar and High-Fat Diets in Male Wistar Rats. *Frontiers in Physiology*, 13(July), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.904366>
- Kristiany, M. G. E., Prabowo, G., & Suharyadi. (2021). *Kajian Penambahan Asam Askorbat Pada Pengkayaan*. 11(1), 110–119.
- Kriz, W., Löwen, J., & Gröne, H.-J. (2023). The complex pathology of diabetic nephropathy in humans. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 38(10), 2109–2119. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfad052>
- Kyneissia Gliselda, V. (2021). Diagnosis dan Manajemen Penyakit Ginjal Kronis (PGK). *Jurnal Medika Hutama*, 2(4), 1135–1142.
- Li, X., Ge, G., Song, G., Li, Q., & Cui, Z. (2023). Effects of Nutritionally Induced Obesity on Metabolic Pathways of Zebrafish. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3). <https://doi.org/10.3390/ijms24031850>
- Lin, Z., Chen, A., Cui, H., Shang, R., Su, T., Li, X., Wang, K., Yang, J., Gao, K., Lv, J., Shen, J., Wang, S., Qi, Y., Guo, M., & Zhu, Y. (2022). Renal tubular epithelial cell necroptosis promotes tubulointerstitial fibrosis in patients with chronic kidney disease. *FASEB Journal*, 36(12), 1–16.

<https://doi.org/10.1096/fj.202200706RR>

Liu, J., Yuan, X., Fan, C., & Ma, G. (2024). Application of the zebrafish model in human viral research. *Virus Research*, 341(December 2023), 199327.

<https://doi.org/10.1016/j.virusres.2024.199327>

Lombardo, D., & Kiselev, M. A. (2022). *Methods of Liposomes Preparation : Formation and Control Factors of Versatile Nanocarriers for Biomedical and Nanomedicine Application*.

Lu, M., Wan, Y., Yang, B., Huggins, C. E., & Li, D. (2018). Effects of low-fat compared with high-fat diet on cardiometabolic indicators in people with overweight and obesity without overt metabolic disturbance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *The British Journal of Nutrition*, 119(1), 96–108. <https://doi.org/10.1017/S0007114517002902>

Lu, W., Aung, H. M., & Varma, N. (2025). Obesity-Related Glomerulopathy with Kidney Function Improvement Following Bariatric Surgery and Lisinopril Therapy: TH-PO0877. *Journal of the American Society of Nephrology*, 36(10S). https://journals.lww.com/jasn/fulltext/2025/10001/obesity_related_glomerulopathy_with_kidney.1116.aspx

Madrazo-Ibarra, A., & Vaitla, P. (2023). Histology, nephron. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.

Maharani, Pramana, I. B. P., & Oka, A. A. G. (2022). Studi Meta-Analisis Hipertensi Dan Diabetes Melitus Sebagai Faktor Risiko. *Jurnal Medika Udayana*, 11(9), 49–53.

Mangalisu, A., Armayanti, A. K., & Faridah, R. (2021). *Kualitas Interior Telur*

Ayam Konsumsi Dengan Maserasi Ekstrak Buah Mangrove Selama Penyimpanan 18 Hari Interior Quality Of Chicken Eggs Consumed With Maceration Of Mangrove Fruit Extract During 18 Days Of Storage.

Manocha, A., Fathima, N., & Gowrishankar, S. (2024). Glomerular Diameter Measurements on Light Microscopy: A New Parameter Available to Pathologists and its Utility in IgA Nephropathy. *Indian Journal of Nephrology*, 34(4), 344–349. https://doi.org/10.25259/ijn_361_23

Martínez-Montoro, J. I., Morales, E., Cornejo-Pareja, I., Tinahones, F. J., & Fernández-García, J. C. (2022). Obesity-related glomerulopathy: Current approaches and future perspectives. *Obesity Reviews : An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(7), e13450. <https://doi.org/10.1111/obr.13450>

Mazhibaeva, Z., Orazova, S., Barakbayev, T., & Isbekov, K. (2024). Seasonal dynamics of fatty acid composition of Artemia cysts lipids from lakes of Pavlodar Region of Kazakhstan. *Caspian Journal of Environmental Sciences*.

McMahon RS, Penfold, D., & Bashir, K. (2024). *Anatomy, Abdomen and Pelvis: Kidney Collecting Ducts*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. [Figure, Renal Circulation. This Illustration Shows...]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549766/figure/article-19712.image.f2/>

Melo, R. C. N., Raas, M. W. D., Palazzi, C., Neves, V. H., Malta, K. K., & Silva, T. P. (2019). Whole Slide Imaging and Its Applications to Histopathological Studies of Liver Disorders. *Frontiers in Medicine*, 6, 310. <https://doi.org/10.3389/fmed.2019.00310>

Mentri Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran : Tata Laksana Penyakit Ginjal Kronik*.

Messerli, M., Aaldijk, D., Haberthür, D., Röss, H., García-Poyatos, C., Sande-Melón, M., Khoma, O.-Z., Wieland, F. A. M., Fark, S., & Djonov, V. (2020). Adaptation mechanism of the adult zebrafish respiratory organ to endurance training. *PLOS ONE*, 15(2), e0228333. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228333>

Mohamed, Z., Alfari, H., Abdullah, N., Harun, N., Muhammad, N., & Rahim, R. (2018). Early effects of high cholesterol diet on the kidney of an animal model. *Ponte*, 74. <https://doi.org/10.21506/j.ponte.2018.3.12>

Muhammad Juanda, Rismawaty Rusdi, Andi Adam Malik, Sahabuddin, & Yushra. (2024). Analisis Kandungan Pakan Alternatif (DOC, Telur Ayam, dan Usus Ayam) pada Ikan Lele (*Clarias sp.*). *JAGO TOLIS: Jurnal Agrokompleks Tolis*, 5(1), 70–80. <https://doi.org/10.56630/jago.v5i1.719>

Mulyanti, Nababan, A. S. V., Soraya, M. D., Putra, G. A., & Pamarta, A. F. D. (2025). *Gizi Vegetarian* (H. Akbar (ed.)). Media Sains Indonesia.

Muti'ah, M., Muayyad, B. M., Dika, N., & Kartika, E. (2025). Analysis Of Macronutrient Content In Modified Kompyang Products With Catfish and Tempeh Substitution As An Alternative Snack For Toddlers Aged 12-59 Months. *Jurnal Riset Kesehatan Nasional*, 9(1), 59–63.

Piccolo, V. L., Quadros, V. A., Canzian, J., Grisolia, C. K., Goulart, J. T., Pantoja, C., de Bem, A. F., & Rosemberg, D. B. (2021). Short-term high-fat diet induces cognitive decline, aggression, and anxiety-like behavior in adult zebrafish. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*,

- 110, 110288. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2021.110288>
- Printzi, A., Kourkouta, C., Fragkoulis, S., Dimitriadi, A., Geladakis, G., Orfanakis, M., Mazurais, D., Zambonino-Infante, J.-L., & Koumoundouros, G. (2021). Balancing between Artemia and microdiet usage for normal skeletal development in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Fish Diseases*, 44(11), 1689–1696. <https://doi.org/10.1111/jfd.13487>
- Qiao, F., Tan, F., Li, L.-Y., Lv, H.-B., Chen, L., Du, Z.-Y., & Zhang, M.-L. (2021). Alteration and the Function of Intestinal Microbiota in High-Fat-Diet- or Genetics-Induced Lipid Accumulation. *Frontiers in Microbiology*, Volume 12-2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.741616>
- Ren, L., Cui, H., Wang, Y., Ju, F., Cai, Y., Gang, X., & Wang, G. (2023). The role of lipotoxicity in kidney disease: From molecular mechanisms to therapeutic prospects. *Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & Pharmacotherapie*, 161, 114465. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114465>
- Rezaeipour, A., Kazempoor, R., Mortazavi, P., & Ghorbanzadeh, A. (2024). Histopathological alterations in adult zebrafish (*Danio rerio*) under acute fluoxetine exposure. *International Journal of Veterinary Research*, 4(2), 21–33.
- Rizk, E.-S., Shoukr, F., El-Gamal, M., Abdel-Razek, F., & Mona, M. (2018). An attempt to improve the proximate composition of local Artemia strain (Wadi El Natrun, Egypt). *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 79, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s41936-018-0037-3>
- RM, S., D, P., & SW, L. (2023). *Anatomy, Abdomen and Pelvis: Kidneys*. [Updated

- 2023 Jul 24]. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482385/>
- Ruze, R. (2023). *Obesity and type 2 diabetes mellitus : connections in epidemiology , pathogenesis , . April*, 1–23. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1161521>
- Salsabila, H. H., Syagata, A. S., & Ciptanurani, C. (2025). Hubungan asupan lemak dengan status gizi remaja putri di MA Muallimaat Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyah Yogyakarta*, 3, 209–219.
- Sánchez-Navarro, A., Martínez-Rojas, M. Á., Caldiño-Bohn, R. I., Pérez-Villalva, R., Zambrano, E., Castro-Rodríguez, D. C., & Bobadilla, N. A. (2021). Early triggers of moderately high-fat diet-induced kidney damage. *Physiological Reports*, 9(14), e14937. <https://doi.org/10.14814/phy2.14937>
- Sanders, G. E. (2020). Body : Anatomy. In *The Zebrafish in Biomedical Research: Biology, Husbandry, Diseases, and Research Applications*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812431-4.00006-3>
- Sari, P., Fauziah, Sari, D., Robert, D., Annisa, N., Muzakar, Widarti, I. G. A. A., & Ambartana, I. W. (2025). *Dietetika*. PT Media Pustaka.
- Schindler, M., & Endlich, N. (2024). Zebrafish as a model for podocyte research. *American Journal of Physiology. Renal Physiology*, 326(3), F369–F381. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00335.2023>
- Schwartz, G. J., & Rashid, M. (2021). Overview, structure, and function of the nephron. *Pediatric Critical Care: Text and Study Guide*, 863–909.
- Septianira, F., Berata, I. K., & Susari, N. N. W. (2022). Perubahan Histopatologi Ginjal Mencit (*Mus musculus*) Akibat Pembatasan Pemberian Air Minum.

Indonesia Medicus Veterinus, 11(3), 350–359.

<https://doi.org/10.19087/imv.2022.11.3.350>

Silva, M. G. F. R., Luchiari, A. C., Medeiros, I., de Souza, A. M., Serquiz, A. C., Martins, F. F., Moura, S. A. B. d., Camillo, C. S., Medeiros, S. R. B. d., Pais, T. dos S., Passos, T. S., Galeno, D. M. L., & Morais, A. H. de A. (2024).

Evaluation of the Effects of Diet-Induced Obesity in Zebrafish (*Danio rerio*): A Comparative Study. *Nutrients*, 16(19). <https://doi.org/10.3390/nu16193398>

Smolińska, K., Sobczyński, J., Szopa, A., Wnorowski, A., Tomaszewska, E., Muszyński, S., Winiarska-Mieczan, A., Czernecki, T., Bielak, A., Dobrowolska, K., Smoliński, K., Klebaniuk, R., & Dobrowolski, P. (2024). Innovative high fat diet establishes a novel zebrafish model for the study of visceral obesity. *Scientific Reports*, 14(1), 3012.

<https://doi.org/10.1038/s41598-024-53695-9>

Song, Z., Xiaoli, A. M., & Yang, F. (2018). Regulation and Metabolic Significance of De Novo Lipogenesis in Adipose Tissues. *Nutrients*, 10(10).

<https://doi.org/10.3390/nu10101383>

Sulayfiyah, T. N. (2024). Hubungan Pengetahuan Gizi terhadap Pengontrolan Kadar Kolesterol. 4(2), 35–39.

Sun, Y., Ge, X., Li, X., He, J., Wei, X., Du, J., Sun, J., Li, X., Xun, Z., Liu, W., Zhang, H., Wang, Z.-Y., & Li, Y. C. (2020). High-fat diet promotes renal injury by inducing oxidative stress and mitochondrial dysfunction. *Cell Death & Disease*, 11(10), 914. <https://doi.org/10.1038/s41419-020-03122-4>

Teame, T., Zhang, Z., Ran, C., Zhang, H., Yang, Y., Ding, Q., Xie, M., Gao, C., Ye, Y., Duan, M., & Zhou, Z. (2019). The use of zebrafish (*Danio rerio*) as

- biomedical models. *Animal Frontiers*, 9(3), 68–77.
<https://doi.org/10.1093/af/vfz020>
- Türkoğlu, M., Baran, A., Sulukan, E., Ghosigharchagaji, A., Yildirim, S., Ceyhun, H. A., Bolat, İ., Arslan, M., & Ceyhun, S. B. (2022). The potential effect mechanism of high-fat and high-carbohydrate diet-induced obesity on anxiety and offspring of zebrafish. *Eating and Weight Disorders : EWD*, 27(1), 163–177. <https://doi.org/10.1007/s40519-021-01140-5>
- Wang, H., Zhang, S., & Guo, J. (2021). Lipotoxic Proximal Tubular Injury: A Primary Event in Diabetic Kidney Disease. *Frontiers in Medicine, Volume 8-2021*. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.751529>
- Wang, Y., Jin, M., & Cheng, C. K. (2023). *Tubular injury in diabetic kidney disease : molecular mechanisms and potential therapeutic perspectives*. August, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1238927>
- Wang, Y., Pasparakis, C., & Grosell, M. (2021). Role of the cardiovascular system in ammonia excretion in early life stages of zebrafish (*Danio rerio*). *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 321(3), R377–R384. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00284.2020>
- Wardani, P. D., Martino, Y. A., & Damayanti, D. S. (2025). *Diameter Glomerulus Dan Nekrosis Tubulus Kontortus Health Research Ethics Committee di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang dengan*. 1–8.
- Watts, S. A., & Abramo, L. R. (2021). Standardized Reference Diets for Zebrafish: Addressing Nutritional Control in Experimental Methodology. *Annual Review of Nutrition*, 41(Volume 41, 2021), 511–527. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-120420-034809>

- Williams, M. B., Palmer, J. W., Chehade, S. B., Hall, A. J., Barry, R. J., Powell, M. L., Harris, M. L., Sun, L. Y., & Watts, S. A. (2021). Effect of Long-Term Consumption of Poultry Egg Products on Growth, Body Composition, and Liver Gene Expression in Zebrafish, *Danio rerio*. *Current Developments in Nutrition*, 5(12), nzab134. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzab134>
- Word, L. E., Adipu, Y., Pertanian, F., Gorontalo, U., & Ternahk, L. (2023). *Kualitas pakan pelet ikan dari limbah ternak*. 6(1), 1–9.
- Yang, X., Bayliss, G., & Zhuang, S. (2024). Obesity-Related Glomerulopathy: Epidemiology, Pathogenesis, and Current Treatments. *Integrative Medicine in Nephrology and Andrology*, 11(3). <https://doi.org/10.1097/IMNA-D-24-00011>
- Yoshimura, A., Yamaguchi, T., Kugita, M., Kumamoto, K., Shiogama, K., Ogitsu, N., Yoneda, M., Miura, T., Nagamura, Y., & Nagao, S. (2021). High Levels of Dietary Lard or Sucrose May Aggravate Lysosomal Renal Injury in Non-Obese, Streptozotocin-Injected CD-1 Mice Provided Isocaloric Diets. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 67 4, 243–248. <https://doi.org/10.3177/jnsv.67.243>
- Yu, Y., Mo, H., Zhuo, H., Yu, C., Liu, Y., & Yu, C. (2022). High Fat Diet Induces Kidney Injury via Stimulating Wnt / β -Catenin Signaling. *Frontiers in Medicine*, 9(April), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.851618>
- Z. Wulandari, & I. I. Arief. (2022). Review: Tepung Telur Ayam: Nilai Gizi, Sifat Fungsional dan Manfaat. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 10(2), 62–68. <https://doi.org/10.29244/jipthp.10.2.62-68>
- Zang, L., Maddison, L. A., & Chen, W. (2018). *Zebrafish as a Model for Obesity*

and Diabetes. 6(August), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fcell.2018.00091>

Zang, L., Shimada, Y., Nakayama, H., Kim, Y., Chu, D. C., Juneja, L. R., Kuroyanagi, J., & Nishimura, N. (2019). RNA-seq based transcriptome analysis of the anti-obesity effect of green tea extract using zebrafish obesity models. *Molecules*, 24(18), 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules24183256>

Zeitler, E. M., Jennette, J. C., Flythe, J. E., Falk, R. J., & Poulton, J. S. (2022). High-calorie diet results in reversible obesity-related glomerulopathy in adult zebrafish regardless of dietary fat. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 322(5), F527–F539.

Zhang, Y., Wang, F., Huang, B., & Li, M. (2025). *Retrospective analysis of dietary fat quality and cardiovascular disease risk markers in middle-aged adults*. November, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1699166>

Zhou, Z., Zhang, P., Tan, P., Chen, R., Hu, W., Wang, L., Zhang, Y., & Xu, D. (2025). Artemia Nauplii Enriched with Soybean Lecithin Enhances Growth Performance, Intestine Morphology, and Desiccation Stress Resistance in Yellow Drum (*Nibea albiflora*) Larvae. *Metabolites*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/metabo15010063>