



Eri Irshadiyah Elvaretta_CEk Plagiasi

ID : 5b7ddcfa1ce28e07d2e14a0404c65576c6ce8f8b



16%

Suspicious texts

File name : Eri Irshadiyah Elvaretta_CEk Plagiasi.txt

Original file size : 90.93 KB

Number of words : 4,949

Number of characters : 36655

Submitter : UMSIDA Perpustakaan

Submission date : June 17, 2026

Upload type : interface

analysis end date : June 17, 2026

Summary (section 1/3)

Location of suspect texts in the document :



Included in the suspicious text score :



Similarities

12%

Passages with similarities to sources found in different collections.



AI detection

6%

Texts with stylistically similar formulations to AI-generated text.

This rate is an indicator, not proof. Check with the author that he/she has mastered the knowledge mentioned in the document.



Unrecognized languages

3%

Passages in which some of the vocabulary used is not part of the language dictionary. This may be an attempt by the author to modify the text to make detection impossible.



Not included in the percentage of suspicious texts :



Texts between quotes

0%

Passages between quotation marks, often revealing a quotation.

Similarities

12%

Passages with similarities to sources found in different collections.

Main source detected

No.	Description	Similarities	Locations
1	archive.umsida.ac.id archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/8037/58360/64718	5%	
2	Ristha's Little Bus Word : Ristha's Little Bus Word archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/8167/58625	5%	
3	Effect of Red Ginger Extract (Zingiber officinale roxb. var. rubrum) and... archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/7777/55678	4%	
4	Effect of Red Ginger Extract (Zingiber officinale roxb. var. rubrum) and... archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/7953/56979	1%	
5	DONOR DARAH DENGAN HIPERLIPIDEMIA BERDAMPAK TERHADAP... doi.org/10.34011/jmp2k.v34i4.2647	<1%	
6	Active Cycle of Breathing Decrease Dyspneu on Tuberculosis Patient dx.doi.org/10.20473/jn.v3i1.4975	<1%	
7	journal.hasbaedukasi.co.id journal.hasbaedukasi.co.id/index.php/jurmie/article/download/1647/1485	<1%	

Source with incidental similarities

No.	Description	Similarities	Locations
8	BAB 3 dita #8a445c Comes from my group	<1%	
9	PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK ETANOL DAUN BINAHONG (Anredera... digilib.unila.ac.id/95693/1/ABSTRAK.pdf	<1%	
10	1. SKRIPSI VIVI PENDAHULUAN - revisi 2 #a0e9ed Comes from my group	<1%	
11	Artikel HbA1c Association With Transaminase Levels in Type 2... Comes from my group #04f7df	<1%	
12	PEMBERIAN EKSTRAK DAUN KELOR (Moringa oliefera) UNTUK... dx.doi.org/10.59900/pbelida.v2i2.95	<1%	

The Effect of *Moringa oleifera* L. Leaf Extract on MCV, MCH, MCHC in Male White Rats (*Rattus norvegicus*) with Hyperlipidemia

[Pengaruh Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) Terhadap Nilai MCV, MCH, MCHC pada Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus*) dengan Kondisi Hiperlipidemia]

Eri Irshadiyah Elvaretta1), Puspitasari1)*

1) Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: puspitasari@umsida.ac.id

Page | 1

10 | Page

Page | 11

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Abstract. Hyperlipidemia is a metabolic disorder characterized by increased levels of fat in the blood and can affect erythrocyte indices, namely MCV (Mean Corpuscular Volume), MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin), MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration). Moringa leaves (*Moringa oleifera* L.) contain bioactive compounds that have antihyperlipidemic and antioxidant properties so they have the potential to improve hematological conditions. This study aims to determine the effect of Moringa leaf extract on MCV, MCH, MCHC values in male white rats (*Rattus norvegicus*) with hyperlipidemia. This study used an experimental method with 30 hyperlipidemic rats divided into six groups, namely negative control, positive control 1, positive control 2, and three treatment groups of Moringa leaf extract doses of 500 mg / kg BW, 750 mg / kg BW, and 1000 mg / kg BW. This study was conducted from April to May 2026. Data analysis was performed using a Two-Way ANOVA test. The results showed that MCV and MCH values did not have a significant effect between treatment groups ($p > 0.05$). MCHC values decreased after treatment and showed a significant effect between before and after treatment ($p < 0.05$), but there was no significant effect between groups. It was concluded that Moringa leaves had a significant effect on MCHC values but required a gradual process. MCH and MCV values did not have an effect on male white mice with hyperlipidemia.

Keywords – *Moringa oleifera*, Hyperlipidemia MCV, MCH, MCHC

Abstrak. Hiperlipidemia merupakan gangguan metabolisme yang ditandai dengan peningkatan kadar lemak dalam darah dan dapat mempengaruhi indeks eritrosit, yaitu MCV (Mean Corpuscular Volume), MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin), MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration). Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) mengandung senyawa bioaktif yang memiliki kandungan antihiperlipidemia dan antioksidan sehingga berpotensi memperbaiki kondisi hematologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun kelor terhadap nilai MCV, MCH, MCHC pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) dengan kondisi hiperlipidemia. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan tikus hiperlipidemia sebanyak 30 ekor yang dibagi menjadi enam kelompok, yaitu kontrol negatif, kontrol positif 1, kontrol positif 2, serta tiga kelompok perlakuan ekstrak daun kelor dosis 500mg/kg BB, 750 mg/kg BB, dan 1000 mg/kg BB. Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai Mei 2026. Analisis data dilakukan menggunakan uji Two-Way ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MCV, MCH tidak terdapat pengaruh yang signifikan antar kelompok perlakuan ($p>0,05$). Nilai MCHC mengalami penurunan setelah perlakuan dan menunjukkan pengaruh yang signifikan antara sebelum dan sesudah perlakuan ($p<0,05$), namun tidak ada pengaruh signifikan antar kelompok. Disimpulkan bahwa daun kelor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai MCHC namun membutuhkan proses yang betahap, pada nilai MCH dan MCV tidak memberikan pengaruh terhadap tikus putih jantan dengan kondisi hiperlipidemia.

Kata Kunci – *Moringa oleifera*, Hiperlipidemia, MCV, MCH, MCHC

I. Pendahuluan

Era globalisasi saat ini pola kehidupan di negara maju maupun berkembang akan berdampak terhadap pergeseran pola makan. Perubahan ini dapat membawa dampak meningkatnya gangguan metabolisme lemak dalam darah yang dapat menimbulkan suatu gejala klinis yang disebut hiperlipidemia. Hiperlipidemia adalah suatu keadaan metabolisme yang disebabkan oleh terbentuknya aterosklerosis pada pembuluh darah yang meningkatkan kejadian penyakit kardiovaskuler [1]. Prevalensi hiperlipidemia di dunia sekitar 45% dan di Indonesia sekitar 35%. Prevalensi hiperlipidemia di Indonesia pada kelompok usia 25-34 tahun adalah 9,3% dan meningkat sesuai dengan pertambahan usia hingga 15,5% pada kelompok usia 55-64 tahun. Prevalensi hiperlipidemia berdasarkan jenis kelamin, pada wanita sebesar 39,6% dan laki-laki sebesar 30% [2].

Kondisi hiperlipidemia tersebut memerlukan upaya penanganan yang aman dan efektif, salah satunya melalui pemanfaatan tanaman herbal yang dapat menurunkan kadar lipid dalam darah yaitu daun kelor (*Moringa oleifera* L.). Tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) merupakan tanaman yang mengandung senyawa-senyawa kimia yang bermanfaat, diantaranya adalah alkaloid, flavonoid, antrakuinon, vitamin C, glikosida, dan terpenoid yang terbukti memiliki efek antihiperlipidemik [3]. Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) merupakan jenis tanaman herbal yang sudah digunakan pada zaman kuno oleh komunitas Afrika untuk mengatasi malnutrisi. Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) merupakan jenis tanaman herbal yang sudah digunakan pada zaman kuno oleh komunitas Afrika untuk mengatasi malnutrisi. Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) [4].

Ekstrak daun kelor diperoleh melalui proses penarikan zat aktif dari bahan alami menggunakan pelarut tertentu agar komponen kimia yang diinginkan dapat dipisahkan dari bahan yang tidak larut. Menurut penelitian praklinis melaporkan bahwa ekstrak daun kelor memiliki kemampuan menurunkan kadar kolesterol total, LDL, dan trigliserida, serta meningkatkan ekspresi gen metabolisme lipid. Hasil penelitian pada tikus yang diberi ekstrak (*Moringa oleifera* L.) dengan dosis 400 mg/kg dan 800 mg/kg menunjukkan adanya penurunan signifikan kadar kolesterol total dan LDL, serta peningkatan HDL [5].

Hiperlipidemia mempunyai hubungan erat dengan perubahan pada profil hematologi, khususnya parameter eritrosit seperti MCV, MCH, dan MCHC. Peningkatan kadar lipid darah, terutama trigliserida dan kolesterol, dapat memengaruhi komposisi membran eritrosit sehingga mengubah ukuran dan kandungan hemoglobin sel darah merah. Kondisi ini dapat menyebabkan perubahan pada MCV dan MCH, baik berupa peningkatan maupun penurunan pada kondisi metabolik [6]. Gangguan pada metabolisme ini menyebabkan aliran asam lemak bebas pada hati yang meningkat [7]. Selain itu, hiperlipidemia sering disertai peradangan sistemik dan stres oksidatif yang dapat mengganggu eritropoiesis, sedangkan kadar MCHC terkadang tampak meningkat akibat interferensi analitik dari plasma yang lipemik yang menyebabkan plasma tampak keruh, bukan karena perubahan biologis. Secara umum, gangguan metabolisme lipid berpotensi memengaruhi keseimbangan hematologis melalui perubahan struktur membran sel darah merah, respon inflamasi, dan gangguan pengukuran laboratorium, sehingga interpretasi hasil hematologi pada pasien hiperlipidemia

perlu dilakukan dengan hati-hati [6]. Maka dari itu penelitian kali ini menggunakan hewan coba tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) karena hewan ini mempunyai sistem metabolisme yang mirip dengan manusia, serta mudah dipelihara, biaya perawatannya rendah, dan sangat responsif terhadap induksi hiperlipidemia baik melalui pakan tinggi lemak [8]. Penelitian oleh Himi et al. mengevaluasi efek antihiperlipidemia ekstrak etanol daun (*Moringa oleifera* L.) pada tikus yang diinduksi diet tinggi lemak. Ekstrak diberikan secara oral dengan dosis 250mg/kg BB, 500mg/kg BB, dan 750 mg/kg BB selama 30 hari. Hasil menunjukkan bahwa dosis 500 mg/kg BB paling efektif menurunkan kadar kolesterol total, trigliserida, dan LDL serta meningkatkan HDL secara signifikan [1].

Menurut penelitian Hayati et al. menunjukkan bahwa pemberian bubuk daun kelor dosis 200, 400, dan 800 mg/kgBB selama 12 minggu tidak memberikan perubahan terhadap kadar hemoglobin, eritrosit, hematokrit, MCV, MCHC, leukosit, dan trombosit pada tikus Wistar jantan. Namun, pada dosis 800 mg/kgBB terjadi penurunan nilai MCH yang signifikan dibandingkan kelompok kontrol [4].

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diketahui bahwa daun kelor memiliki efek antihiperlipidemia sekaligus berpotensi mempengaruhi profil hematologi seperti hemoglobin, hematokrit, sel darah merah, dan jumlah sel darah putih total [4]. Sedangkan hubungan antara hiperlipidemia dan perubahan indeks eritrosit (MCV, MCH, dan MCHC) belum banyak diuji secara mendalam karena hasilnya sering tidak konsisten antar studi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun kelor terhadap parameter indeks eritrosit (MCV, MCH, dan MCHC) pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) kondisi hiperlipidemia.

II. Metode

Penelitian ini dinyatakan laik etik oleh komite etik penelitian kesehatan (KEPK) Universitas Noor Husada Mustofa dengan nomor sertifikat No.3398/KEPK/UNIV-NHM/EC/V/2026. Penelitian ini menggunakan jenis eksperimental.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium hewan coba, patologi klinik, kimia, program studi D-IV Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Proses Ekstraksi, Evaporasi dan Uji Fitokimia dilakukan pada Laboratorium FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini dilakukan dari bulan April sampai Mei 2026.

Populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi kondisi tikus yang tampak sehat, jenis kelamin jantan, dan berat badan 100-200gram. Sementara kriteria eksklusi meliputi tikus yang tampak tidak sehat, berjenis kelamin betina, atau memiliki cacat fisik. Bahan uji yang digunakan untuk sampel pada penelitian ini adalah Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L.) yang didapatkan pada Sidokepong Sidoarjo

Alat yang dipakai dalam penelitian kali ini yaitu timbangan analitik, Erlenmeyer 1000 ml, gelas beaker 1000 ml, batang pengaduk, pipa hematocrit, tabung vacutainer EDTA, *Hematologi analyzer* Medonic AST2538, kertas label, alat tulis, lamera, kandang tikus, tempat makan dan minum tikus, rotary evaporator, stamper, oven, rak tabung, blender, alat Easy Touch GCU, corong, dan timbangan analitik. Bahan yang digunakan meliputi sampel darah tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur wistar, kertas saring, daun kelor (*Moringa oleifera* L.), etanol 70%, pellet, propiltiourasil (PTU), simvastatin, kuning telur, minyak goreng, aquadest, Na-CMC 0,5%, stik GCU kolesterol, aluminiumfoil, sonde .

Pembuatan Ekstrak Daun kelor (*Moriga oleifera* L.) Mempersiapkan alat serta bahan yang dibutuhkan dalam penelitian. Kemudian melakukan pencucian daun kelor sebanyak 1 kg dengan air mengalir agar kotoran atau debu hilang, mengeringkan daun dengan diangin-anginkan ditempat yang teduh, tidak boleh dikenakan pada sinar matahari langsung karena sinar matahari dapat merusak kandungan yang ada di dalam daun. Kemudian dihaluskan menjadi serbuk menggunakan blender. Serbuk yang sudah jadi disaring untuk mendapatkan serbuk yang halus. Menimbang serbuk sebanyak 100 gram yang dimaserasi dengan menggunakan pelarut etanol 70%. Pada proses maserasi dilakukan 3x24 jam dengan menghomogenkan atau mengocok sesekali agar proses saat ekstraksi berlangsung dengan optimal. Setelah proses perendaman telah selesai, kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari ampasnya. Hasil Filtrat kemudian dievaporasi menggunakan rotary evaporator dengan suhu 40°C untuk memisahkan pelarut dari senyawa aktif, sehingga memperoleh ekstrak kental yang selanjutnya digunakan dalam pengujian. Setelah di pisahkan, simpan ekstrak dalam gelas kimia [9].

Makanan tinggi lemak dibuat menggunakan kuning telur, minyak goreng, pellet, aquadest. Kemudian dioven lalu didinginkan dan diberikan pada tikus. Air minum ditambahkan propitiourasil dengan konsentrasi 0,01% pada air minum untuk menimbulkan kondisi hiperlipidemia [10].

Pembuatan Na-CMC 0,5% dengan cara menimbang Na-CMC sebanyak 0,5 gram. Setelah itu Na-CMC dimasukkan sedikit demi sedikit ke air panas pada beaker glass sambil diaduk. Diamkan selama 15 menit untuk mendispersi, masukkan kedalam labu ukur. kemudian ditambahkan air ke dalam labu ukur sampai tanda batas 100 ml sedikit demi sedikit, kocok hingga homogen [11].

Tikus Putih akan diadaptasikan selama 7 hari, kemudian diberikan pakan pelet dan air minum aquadest secara adlibitum. Tikus putih yang telah diadaptasikan kemudian, ditimbang berat badannya lalu dibagi menjadi 6 kelompok masing-masing kelompok berisi 5 tikus. Tikus yang telah diadaptasi selama 7 hari, kemudian diinduksi pakan tinggi lemak selama 15 hari. Tikus dipastikan hiperlipidemia dengan melakukan pengecekan kolesterol. Nilai normal kolesterol pada tikus yaitu 47-88 mg/dl [12]. Dipastikan hiperlipidemia jika kolesterol lebih dari 88 mg/dl [13]. Dihar selanjutnya dilakukan pengambilan sampel darah untuk pengecekan kolesterol dan untuk pengecekan parameter MCV, MCH, MCHC sebagai pretest. Kemudian pada kontrol negatif tikus hiperlipidemia diberikan pakan tinggi lemak dan minum sesuai dengan standart. Pada kontrol positif 1 tikus hiperlipidemia dilakukan pemberian simvastatin dengan dosis sebanyak 0,9mg/kg BB. Kemudian pada kontrol positif 2 tikus hiperlipidemia dilakukan pemberian Na-CMC 0,5%. Pada perlakuan 1 tikus hiperlipidemia diberi ekstrak daun kelor dosis 500mg/kg BB, perlakuan 2 tikus hiperlipidemia diberi ekstrak dengan dosis 750mg/Kg BB, dan perlakuan 3 tikus hiperlipidemia diberi ekstrak dengan dosis 1000mg/Kg BB. Setelah diberi perlakuan selama 15 hari dilakukan pengambilan sampel darah kembali untuk posttest pengecekan parameter MCV, MCH, MCHC. Pengambilan sampel darah tikus putih dilakukan melalui vena orbital didekat mata [14]. Melakukan pemeriksaan nilai MCV, MCH, MCHC pada alat Hematology Analyzer Medonic.

Analisis Statistik pada penelitian ini menggunakan IBM SPSS versi 25. Pengujian normalitas data menggunakan Uji *Shapiro-Wilk*, Homogenitas pada data diuji menggunakan *Uji Levene's* dan untuk mengetahui pengaruh antar kelompok data di uji dengan Uji *Two-Way ANOVA*.

III. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) dikarenakan mudah dirawat dan mudah diperoleh. pemilihan tikus dengan kelamin jantan mampu memberikan hasil penelitian yang stabil karena tikus putih jantan dalam kondisi hormonalnya tidak dipengaruhi oleh kehamilan dan menstruasi seperti pada tikus betina. Tikus ini memiliki berat badan 100-200 gram [15].

A. Hasil Pemeriksaan nilai rata-rata MCV Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus*) sebelum dan sesudah perlakuan

MCV (*Mean Corpuscular Volume*) merupakan salah satu parameter eritrosit yang menunjukkan rata-rata volume sel darah merah yang dapat dijelaskan dengan satuan femtoliter (fl). MCV digunakan untuk menilai ukuran eritrosit dan membantu mengidentifikasi jenis anemia maupun gangguan hematologi lainnya [16].

Tabel 1. Nilai MCV pada tikus putih jantan sebelum dan sesudah perlakuan

Kelompok	Rata-rata nilai MCV (fl) $\pm$ SD		Nilai Normal
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	
Kontrol Negatif	49,90 $\pm$ 1,76	48,85 $\pm$ 3,03	48,9-57,9 fl
Kontrol Positif 1	50,64 $\pm$ 2,84	50,40 $\pm$ 2,27	
Kontrol Positif 2	49,62 $\pm$ 2,63	50,53 $\pm$ 2,63	
Perlakuan 1	50,02 $\pm$ 1,28	49,98 $\pm$ 1,30	
Perlakuan 2	49,90 $\pm$ 2,80	51,75 $\pm$ 1,15	
Perlakuan 3	50,10 $\pm$ 1,67	50,38 $\pm$ 0,76	

Hiperlipidemia dapat menyebabkan perubahan pada membran sel darah merah akibat tingginya kadar lemak dalam darah dan meningkatnya stres oksidatif. Kondisi tersebut berpotensi mempengaruhi ukuran eritrosit yang tercermin pada nilai MCV. Namun, karena tubuh masih mampu mempertahankan pembentukan eritrosit yang normal, perubahan nilai MCV yang terjadi umumnya tidak terlalu besar dan masih berada dalam rentang normal. Dengan demikian, hiperlipidemia lebih banyak mempengaruhi kualitas dan fungsi eritrosit dibandingkan ukuran eritrosit secara langsung [6].

Menurut Arwan et. al, nilai normal MCV pada tikus jantan adalah 48,9-57,9 fl [17]. Berdasarkan pada tabel 1, rata-rata nilai MCV pada seluruh kelompok masih dalam rentang nilai yang normal. Sesudah perlakuan pada kelompok negatif mengalami sedikit penurunan, tetapi masih dalam batas yang normal. Pada kelompok kontrol positif 1 terjadi penurunan ringan dan pada kelompok positif 2 terjadi peningkatan. Perubahan pada dua kelompok tersebut relatif kecil dan masih dalam rentang yang normal. Kemudian pada kelompok perlakuan 1 menunjukkan adanya penurunan dan dikelompok perlakuan 2 dan 3 mengalami peningkatan tetapi dalam kisaran yang normal.

Hasil yang diperoleh kemudian di uji menggunakan uji statistik parametrik *Two-Way ANOVA*. Uji normalitas residual data terdistribusi normal karena nilai $p > 0,05$, sementara pada uji homogenitas menunjukkan bahwa antar kelompok bersifat homogen. Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas selanjutnya dilakukan uji *Two-Way ANOVA* dengan nilai $p = 0,831$ ($p > 0,05$) yang berarti tidak ada pengaruh signifikan antar kelompok perlakuan, maupun tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara kelompok perlakuan sebelum dan sesudah terhadap nilai MCV yang di amati dengan nilai $p = 0,649$ ($p > 0,05$), dan tidak terdapat interaksi yang signifikan antara kelompok perlakuan dengan waktu sebelum dan sesudah nilai $p = 0,823$ ($p > 0,05$)

Pada kelompok kontrol negatif mengalami penurunan jumlah nilai MCV yang mengakibatkan variasi fisiologis dan akibat stress oksidatif yang merusak membran eritrosit dan mengganggu proses pembentukan pada eritrosit [18]. Stres oksidatif merupakan kondisi ketidakseimbangan antara radikal bebas dan kemampuan sistem antioksidan dalam tubuh untuk menetralsirnya, yang berpotensi menyebabkan berbagai penyakit. Pada eritrosit, stres oksidatif dapat merusak membran, yang akhirnya mempengaruhi kemampuan eritrosit dalam mengangkut oksigen [19]. Pada kelompok kontrol positif 1 terjadi penurunan ringan dan pada kelompok positif 2 terjadi peningkatan yang ringan. Perubahan sekecil ini sering dianggap sebagai variasi biologis alami bukan karena efek patologis karena masih dalam rentang yang normal [20].

Kelompok perlakuan 1, terjadi sedikit penurunan hal ini dapat menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun kelor dengan dosis 500 mg/ Kg BB belum cukup memberikan efek yang optimal, daun kelor mengandung flavonoid, polifenol, vitamin C, yang berperan sebagai antioksidan. Antioksidan tersebut dapat menetralkan radikal bebas dan mengurangi peroksidasi pada lipid yang terjadi pada kondisi hiperlipidemia. Dosis yang dihasilkan kemungkinan masih terbatas sehingga perubahan nilai MCV belum terlihat secara nyata [4].

Pada kelompok perlakuan 2, Kelompok perlakuan 2 menunjukkan peningkatan MCV paling besar, yaitu dari $49,90 \pm 2,80$ fL menjadi $51,75 \pm 1,15$ fL. Peningkatan ini menunjukkan bahwa dosis 750 mg/kgBB kemungkinan merupakan dosis yang paling efektif dalam mempertahankan integritas eritrosit dan memperbaiki kondisi hematologis pada tikus hiperlipidemia. Kandungan antioksidan daun kelor seperti quercetin, kaempferol, vitamin C, dan senyawa fenolik dapat mengurangi stres oksidatif sehingga membran eritrosit lebih terlindungi. Perlindungan tersebut memungkinkan eritrosit mempertahankan volume normalnya sehingga nilai MCV meningkat menuju kondisi fisiologis yang lebih baik [4].

Pada kelompok perlakuan 3 Nilai MCV meningkat dari $50,10 \pm 1,67$ fL menjadi $50,38 \pm 0,76$ fL. Peningkatan ini lebih kecil dibandingkan kelompok dosis 750 mg/kgBB. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis hingga 1000 mg/kgBB tidak selalu menghasilkan peningkatan efek yang sebanding terhadap nilai MCV. Pada dosis yang lebih tinggi, efek perlindungan tambahan terhadap eritrosit mungkin tidak lagi meningkat secara proporsional karena sistem antioksidan tubuh telah mencapai kapasitas maksimal dalam menetralkan radikal bebas [21].

Nilai MCV yang tetap berada dalam rentang normal menunjukkan bahwa kondisi hiperlipidemia pada penelitian ini belum menyebabkan gangguan pembentukan eritrosit maupun perubahan volume rata-rata sel darah merah. MCV menggambarkan ukuran rata-rata eritrosit dan umumnya berubah apabila terjadi gangguan pembentukan hemoglobin, defisiensi zat besi, defisiensi vitamin B12, atau gangguan maturasi eritrosit. Pada penelitian ini, meskipun tikus mengalami hiperlipidemia akibat diet tinggi lemak, kondisi tersebut belum cukup untuk mempengaruhi eritropoiesis sehingga ukuran eritrosit tetap normal.

B. Hasil Pemeriksaan nilai rata-rata MCH Tikus Putih jantan (*Rattus norvegicus*) sebelum dan sesudah perlakuan

MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*) merupakan parameter hematologi yang menunjukkan rata-rata jumlah hemoglobin yang terkandung dalam setiap sel darah merah. Nilai MCH digunakan sebagai salah satu indeks eritrosit dalam pemeriksaan darah lengkap. Nilai MCH diperoleh dinyatakan dalam pikogram per sel (pg) [16].

Tabel 2. Jumlah MCH pada tikus putih jantan sebelum dan sesudah perlakuan

Kelompok	Rata-rata nilai MCH (pg) $\pm$ SD		
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	Nilai Normal
Kontrol Negatif	19,04 $\pm$ 0,60	18,50 $\pm$ 0,85	17,1- 20,4 pg
Kontrol Positif 1	19,35 $\pm$ 0,61	19,04 $\pm$ 0,87	
Kontrol Positif 2	19,36 $\pm$ 0,97	19,11 $\pm$ 0,71	
Perlakuan 1	19,33 $\pm$ 0,54	19,03 $\pm$ 0,30	
Perlakuan 2	19,08 $\pm$ 1,02	19,48 $\pm$ 1,02	
Perlakuan 3	19,43 $\pm$ 0,71	19,12 $\pm$ 0,35	

MCH menggambarkan jumlah rata-rata hemoglobin yang terkandung dalam satu eritrosit. Pada kondisi hiperlipidemia, terutama akibat peningkatan trigliserida dan kolesterol, terjadi peningkatan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) yang memicu stres oksidatif. Stres oksidatif dapat menyebabkan peroksidasi lipid pada membran eritrosit dan kerusakan protein hemoglobin sehingga kualitas eritrosit menurun. Akibatnya, kandungan hemoglobin dalam eritrosit dapat berkurang dan nilai MCH cenderung menurun. Selain itu, perubahan komposisi lipid membran eritrosit akibat kadar lipid yang tinggi dapat mengganggu stabilitas dan fungsi eritrosit [22].

Menurut Arwan et. al, nilai normal jumlah MCH pada tikus jantan yaitu 17,1-20,4 pg [17]. Rata-rata nilai MCH setelah perlakuan, pada kelompok kontrol negatif, kontrol positif 1 dan kontrol positif 2 terjadi penurunan, maupun pada kelompok perlakuan 1 dan 3 mengalami penurunan setelah perlakuan, sedangkan pada kelompok positif 2 terjadi peningkatan.

Pengujian pengaruh antar kelompok dilanjutkan dengan Uji *Two-Way ANOVA*. Uji normalitas data residual menggunakan Uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan data terdistribusi dengan normal. Selanjutnya melakukan uji homogenitas menggunakan uji *Levene's test* yang menunjukkan varian data residual homogen. Setelah data terdistribusi normal dan homogen dilanjutkan dengan uji *Two-Way ANOVA* dengan nilai $p = 0,690$ ($p > 0,05$), yang menunjukkan tidak terdapat pengaruh signifikan antar kelompok, tidak terdapat pengaruh signifikan antar kelompok sebelum dan sesudah perlakuan terhadap nilai MCH dengan nilai $p = 0,294$ ($p > 0,05$), Selain itu, tidak ditemukan interaksi yang signifikan antara kelompok dan perlakuan dengan nilai $p = 0,837$ ($p > 0,05$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*) seluruh kelompok sebelum maupun sesudah perlakuan masih berada dalam rentang normal tikus putih jantan yaitu 17,1–20,4 pg. Hal ini mengindikasikan bahwa secara umum perlakuan yang diberikan tidak menyebabkan gangguan serius terhadap kandungan hemoglobin rata-rata dalam setiap eritrosit.

Pada kelompok kontrol negatif terjadi penurunan nilai MCH dari 19,04 $\pm$ 0,60 pg menjadi 18,50 $\pm$ 0,85 pg. Meskipun terjadi penurunan, nilainya masih berada dalam batas normal sehingga belum menunjukkan kondisi hipokromik atau gangguan sintesis hemoglobin. Penurunan ringan yang terjadi kemungkinan berkaitan dengan variasi biologis normal selama masa pemeliharaan, perubahan konsumsi pakan, maupun stres fisiologis yang dapat memengaruhi parameter hematologi tanpa menimbulkan perubahan patologis [4].

Pada kelompok kontrol positif 1 dipengaruhi oleh kondisi hiperlipidemia yang diinduksi diet tinggi lemak. Hiperlipidemia dapat meningkatkan stres oksidatif yang menyebabkan perubahan pada membran dan fungsi eritrosit sehingga kandungan hemoglobin rata-rata per eritrosit sedikit menurun. Selain itu, penurunan yang terjadi relatif kecil dan masih berada dalam rentang normal sehingga kemungkinan juga dipengaruhi oleh variasi biologis individu hewan coba. Pemberian simvastatin juga mempunyai efektivitas menurunkan kadar lipid dalam darah, namun pemulihan secara bertahap, sehingga belum sepenuhnya mengembalikan kondisi eritrosit ke dalam keadaan yang normal [23].



Pada kelompok kontrol positif 2 Penurunan nilai MCH disebabkan oleh kondisi hiperlipidemia yang tetap berlangsung karena pemberian Na-CMC hanya sebagai suspending agent dan tidak memiliki aktivitas antihiperlipidemia. Keadaan tersebut dapat meningkatkan stres oksidatif yang mempengaruhi eritrosit sehingga terjadi penurunan kandungan hemoglobin per eritrosit. Namun, nilai MCH yang diperoleh masih berada dalam rentang normal sehingga belum menunjukkan adanya gangguan hematologis yang nyata [6].

Pada kelompok perlakuan 1 dan 3 juga terjadi penurunan, hasil ini menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun kelor dosis 500mg/Kg BB dan 1000 mg/Kg BB tidak menyebabkan gangguan pada proses pembentukan hemoglobin. Kandungan antioksidan seperti flavonoid, polifenol, vitamin C, dan β -karoten dalam daun kelor diketahui mampu melindungi membran eritrosit dari kerusakan oksidatif serta membantu menjaga proses hematopoiesis tetap berlangsung normal. Oleh karena itu, penurunan ringan nilai MCH masih dalam batas normal pada kelompok ini lebih mungkin mencerminkan variasi biologis individu [24].

Pada kelompok 2 mengalami peningkatan yang diberikan ekstrak daun kelor dosis 750 mg/kgBB terjadi peningkatan nilai MCH dari $19,08 \pm 1,02$ pg menjadi $19,48 \pm 1,02$ pg. Peningkatan tersebut berkaitan dengan kandungan zat besi yang ada pada daun kelor yang mempunyai pengaruh dalam produksi hemoglobin dalam darah, meskipun rentang nilai masih dalam batas normal [4].

Nilai rata-rata pada MCH seluruh kelompok tetap berada dalam rentang normal setelah perlakuan. Perubahan yang terjadi cenderung kecil dan tidak menunjukkan pola yang mengarah pada gangguan pembentukan hemoglobin di dalam eritrosit. Kondisi ini dapat dijelaskan karena hiperlipidemia memengaruhi metabolisme lipid dibandingkan proses eritropoiesis, sehingga kemampuan sumsum tulang dalam menghasilkan eritrosit dengan kandungan hemoglobin yang normal masih dapat dipertahankan. Selain itu, tubuh memiliki mekanisme homeostasis yang mampu menjaga kestabilan parameter hematologi meskipun terjadi perubahan metabolik akibat hiperlipidemia. Pada kelompok yang menerima ekstrak daun kelor, kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, polifenol, vitamin C, serta mineral pendukung hematopoiesis membantu melindungi eritrosit dari stres oksidatif dan mempertahankan proses sintesis hemoglobin tetap optimal. Oleh karena itu, nilai MCH pada seluruh kelompok tetap stabil dan berada dalam kisaran fisiologis normal menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak menyebabkan gangguan terhadap kualitas eritrosit.

C. Hasil Pemeriksaan nilai rata-rata MCHC Tikus Putih Jantan (*rattus norvegicus*) sebelum dan sesudah perlakuan

MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) merupakan parameter hematologi yang menunjukkan rata-rata konsentrasi pada hemoglobin dalam satu volume sel darah merah. MCHC ini dinyatakan dalam satuan (g/dL) [25].

Tabel 3. Jumlah MCHC pada tikus putih jantan sebelum dan sesudah perlakuan

Kelompok	Rata-rata nilai MCHC (g/dL) $\pm$ SD		
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	Nilai Normal
Kontrol Negatif	$38,30 \pm 0,40$	$38,21 \pm 0,58$	32,9-37,5 g/dL
Kontrol Positif 1	$38,18 \pm 1,18$	$37,66 \pm 0,30$	
Kontrol Positif 2	$38,89 \pm 0,90$	$37,72 \pm 0,51$	
Perlakuan 1	$38,58 \pm 0,21$	$38,37 \pm 0,68$	
Perlakuan 2	$38,35 \pm 1,01$	$37,66 \pm 0,11$	
Perlakuan 3	$38,52 \pm 0,66$	$38,03 \pm 1,20$	

Kondisi hiperlipidemia dapat mempengaruhi nilai MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) karena tingginya kadar lemak dalam darah dapat menyebabkan stres oksidatif yang merusak sel darah merah. Ketika kolesterol dan trigliserida meningkat, membran eritrosit menjadi lebih rentan mengalami kerusakan akibat radikal bebas. Kerusakan ini dapat mengganggu kemampuan eritrosit dalam mempertahankan dan mendistribusikan hemoglobin secara normal



di dalam sel. Akibatnya, konsentrasi hemoglobin rata-rata dalam eritrosit yang diukur sebagai MCHC dapat mengalami perubahan. Dengan kata lain, hiperlipidemia tidak hanya memengaruhi metabolisme lemak, tetapi juga dapat mengganggu kualitas sel darah merah melalui kerusakan membran dan hemoglobin akibat stres oksidatif. Temuan ini didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa gangguan metabolisme lipid meningkatkan peroksidasi lipid pada membran eritrosit sehingga memengaruhi karakteristik hematologi, termasuk indeks eritrosit seperti MCHC [22].

Menurut Arwan et. al nilai normal jumlah MCHC pada tikus jantan yaitu 32,9-37,5 g/dL [17]. Rata-rata jumlah nilai MCHC setelah perlakuan, pada kelompok kontrol negatif, kontrol positif 1 dan 2 mengalami penurunan namun belum mencapai batas yang normal. Pada kelompok perlakuan dosis 1, dosis 2, dan dosis 3 juga mengalami penurunan.

Pengujian pengaruh antar kelompok dilanjutkan dengan Uji *Two-Way ANOVA*. Uji normalitas menggunakan Uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan data terdistribusi dengan normal. Selanjutnya melakukan uji homogenitas menggunakan uji *Levene's test* yang menunjukkan varian data yang homogen. Setelah data terdistribusi normal dan homogen dilanjutkan dengan uji *Two-Way ANOVA* dengan nilai $p = 0,689$ ($P > 0,05$) maka tidak terdapat pengaruh yang signifikan antar kelompok terhadap nilai MCHC. Terdapat pengaruh yang signifikan pada kelompok sebelum dan sesudah perlakuan dengan nilai $p = 0,021$ ($P < 0,05$). Tidak terdapat pengaruh signifikan pada interaksi antar kelompok dengan sebelum dan sesudah perlakuan dengan nilai $p = 0,760$ ($P > 0,05$).

Pada kelompok kontrol negatif mengalami penurunan nilai MCHC terjadi karena kondisi tubuh yang stabil, di mana proses produksi dan jumlah sel darah merah berjalan sesuai kebutuhan tubuh untuk mengangkut oksigen secara optimal, hal ini menunjukkan bahwa tubuh masih mampu mempertahankan homeostasis eritrosit meskipun terjadi hiperlipidemia. Faktor lingkungan seperti suhu yang normal dan nutrisi yang cukup juga mendukung dalam penurunan MCHC, walaupun belum mencapai batas yang normal [26].

Pada kelompok kontrol positif 1 penurunan nilai MCHC yang diberi simvastatin belum mencapai rentang normal dapat disebabkan karena durasi perlakuan belum cukup lama untuk memperbaiki seluruh perubahan yang terjadi akibat hiperlipidemia. Eritrosit yang terbentuk saat kondisi hiperlipidemia masih beredar dalam sirkulasi darah merah sehingga hiperlipidemia masih mempengaruhi nilai MCHC. Akibatnya, meskipun telah terjadi perbaikan kondisi metabolik, nilai MCHC belum sepenuhnya mencapai dalam batas normal. Pada penelitian Barinda dkk, yang menunjukkan bahwa perubahan parameter hematologi memerlukan waktu karena berkaitan dengan proses regenerasi dan pemulihan sel darah merah [27].

Pada kelompok kontrol positif 2 adanya penurunan MCHC pada kelompok pemberian Na-CMC bukan disebabkan oleh efek Na-CMC, melainkan proses mekanisme homeostasis yang masih berlangsung secara alami di dalam tubuh. Eritrosit yang mengalami kerusakan akibat hiperlipidemia secara bertahap digantikan oleh eritrosit baru sehingga nilai MCHC menunjukkan kecenderungan menurun ke arah normal. Na-CMC tidak memiliki kandungan antihiperlipidemia [28].

Pada kelompok perlakuan 1, 2, dan 3 mengalami penurunan namun belum mencapai rentang normal yang menunjukkan bahwa perlakuan ekstrak daun kelor yang mempunyai kandungan flavonoid, saponin, polifenol berperan sebagai antioksidan yang telah memberikan efek perbaikan terhadap kondisi hiperlipidemia. Namun, nilai yang belum mencapai batas normal karena proses pemulihan eritrosit dilakukan secara bertahap. Pada kondisi hiperlipidemia, kolesterol dan peningkatan stres oksidatif menyebabkan perubahan komposisi lipid pada membran eritrosit sehingga mempengaruhi stabilitas dan fungsi sel darah merah. Setelah pemberian perlakuan, kadar lipid dan stres oksidatif mulai menurun, namun eritrosit yang telah mengalami perubahan akibat hiperlipidemia menyebabkan parameter hematologi belum dapat kembali normal sepenuhnya meskipun kondisi metabolik telah membaik. Perubahan yang mengarah ke nilai normal menunjukkan bahwa proses perbaikan telah berlangsung, tetapi regenerasi eritrosit yang lebih sehat masih memerlukan waktu yang lebih lama [29].

Dari hasil rata-rata nilai MCHC pada seluruh kelompok menunjukkan penurunan sebelum dan sesudah perlakuan pada nilai MCHC, namun perubahannya tidak terlalu besar. Sebagian kelompok mulai menunjukkan perbaikan yang menuju pada kondisi normal, walaupun masih cenderung berada sedikit di atas nilai normal atau belum sepenuhnya kembali ke rentang normal. Hal ini menunjukkan bahwa eritrosit masih berada dalam proses adaptasi terhadap kondisi hiperlipidemia dan efek perlakuan yang diberikan, sehingga perbaikan struktur hemoglobin di dalam sel darah merah berlangsung secara bertahap dan belum mencapai kondisi stabil sepenuhnya.

IV. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) dengan kondisi hiperlipidemia tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai MCV dan MCH. Nilai MCHC memberikan hasil perlakuan yang berpengaruh signifikan pada sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil uji Two-Way ANOVA menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara nilai MCHC sebelum dan sesudah perlakuan ($p = 0,021$). Oleh karena itu, diperlukan durasi perlakuan yang lebih panjang untuk memperoleh efek perbaikan yang lebih jelas. Maka dari itu diharapkan untuk penelitian selanjutnya memperpanjang waktu perlakuan agar memberikan hasil yang lebih optimal.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih disampaikan kepada Laboratorium Patologi Klinik, Laboratorium Kimia, Laboratorium Hewan Coba Prodi Teknologi Laboratorium Medis Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Negeri Surabaya dan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

