

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

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

Eri Irshadiyah Elvaretta¹⁾, Puspitasari^{1)*}

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

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

Abstract. Hyperlipidemia is a metabolic disorder characterized by increased levels of fat in the blood and this condition can increase oxidative stress that causes damage to the erythrocyte membrane so that it has the potential to disrupt the erythrocyte indices, namely MCV (Mean Corpuscular Volume), MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin), and MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration). *Moringa* leaves (*Moringa oleifera* L.) are taken from Sidokepong Sidoarjo, these *moringa* leaves contain bioactive compounds such as alkaloids, flavonoids, saponins, steroids, triterpenoids, phenolics and tannins which have antihyperlipidemic 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 500mg/kg BW, 750 mg/kg BW, and 1000 mg/kg BW. The study was conducted from May to June 2026. Data analysis was carried out using the Two-Way ANOVA test. The results showed that the MCV, MCH values had no significant effect between treatment groups ($p > 0.05$). The MCHC value 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 that took time for more optimal results, while the MCH and MCV values did not have an effect on male white rats with hyperlipidemic conditions.

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

Abstrak. Hiperlipidemia merupakan gangguan metabolisme yang ditandai dengan peningkatan kadar lemak dalam darah dan Kondisi tersebut dapat meningkatkan stres oksidatif yang menyebabkan kerusakan membran eritrosit sehingga berpotensi mengganggu indeks eritrosit yaitu MCV (Mean Corpuscular Volume), MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin), dan MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration). Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) diambil dari Sidokepong Sidoarjo, daun kelor ini mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, triterpenoid, fenolik serta tanin yang memiliki kandungan antihiperlipidemia 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 dilakukan pada bulan Mei sampai Juni 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 memerlukan proses yang bertahap membutuhkan waktu untuk hasil yang lebih maksimal, sedangkan 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, aterosklerosis merupakan penyakit pada pembuluh darah arteri yang ditandai dengan penumpukan plak, yang terdiri dari lemak kolesterol jika meningkat akan menjadi 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.) Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) merupakan jenis tanaman herbal yang sudah digunakan pada zaman kuno oleh komunitas Afrika untuk mengatasi malnutrisi [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 diberikan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) dengan dosis 400 mg/kg dan 800 mg/kg menunjukkan adanya penurunan signifikan kadar kolesterol total dan LDL, serta terjadi peningkatan HDL [5].

Indeks eritrosit (*Indeks korpuskular*) merupakan batasan untuk ukuran serta isi dari hemoglobin pada eritrosit. Indeks eritrosit terdiri dari MCV (*Mean Corpuscular Volume*), MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*), MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*). MCV (*Mean Corpuscular Volume*) ialah rata-rata dari suatu eritrosit yang dapat dijelaskan dengan satuan femtoliter (fl). MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*) ialah jumlah rata-rata hemoglobin dalam setiap eritrosit. MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) ialah kadar hemoglobin yang diperoleh dari per eritrosit [6].

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 mempengaruhi 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 metabolik 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 mempengaruhi 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]. Penelitian 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 [1] 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

Menurut penelitian [4] 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.

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 Mei-Juni 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 100-200 gram. 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, kandang tikus, tempat makan dan minum tikus, *rotary vacuum evaporator Buchi*, stamper, oven, rak tabung, blender, alat sinocare 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 sinocare, aluminiumfoil, sonde. Pada uji fitokimia menggunakan reagen klorofarm, H₂SO₄, NH₃, NaCl 10%, gelatin 1%, FeCl₃ 1%, etanol 70%, dan Aquadest 10ml.

Pembuatan Ekstrak Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) mempersiapkan alat serta bahan yang dibutuhkan dalam penelitian. Kemudian dilakukan pencucian daun kelor sebanyak 1700 gram 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. Berat kering yang didapatkan 800 gram. Kemudian dihaluskan menjadi serbuk menggunakan blender didapatkan sebanyak 200 gram. Serbuk yang sudah jadi disaring untuk mendapatkan serbuk yang halus. Menimbang serbuk sebanyak 200 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 vacuum evaporator* dengan suhu 40°C untuk memisahkan pelarut dari senyawa aktif didapatkan ekstrak, sehingga memperoleh hasil ekstrak kental sebanyak 43,5 gram yang selanjutnya digunakan dalam pengujian. Setelah dipisahkan, ekstrak disimpan dalam gelas kimia [9]. Hasil dari perhitungan randemen Adalah 21,68%.

Makanan tinggi lemak dibuat menggunakan kuning telur bebek sebanyak 5, minyak goreng 180 ml, pellet 1 kg, aquadest 100ml diaduk sampai tercampur semua. Kemudian dioven 5 jam, lalu didinginkan. berikan pada wadah makan tikus agar tikus memakannya. Air minum ditambahkan dengan propitiourasil konsentrasi 0,01% caranya dengan menghaluskan propitiurasil 1 biji pada mortir kemudian ditambahkan air 1000 ml, dicampurkan kocok hingga homogen. Diberikan ditempat minum tikus 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, dikocok hingga homogen [11].

Tikus Putih 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 sebanyak 2 kali sehari pagi dan sore selama 14 hari. Tikus dipastikan hiperlipidemia dengan melakukan pengecekan kolesterol pada hari ke 13 untuk memastikan nilai kolesterolnya. Nilai normal kolesterol pada tikus yaitu 47-88 mg/dl [12]. Dipastikan hiperlipidemia jika kolesterol lebih dari 88 mg/dl [13]. Dihari ke 15 dilakukan pengambilan sampel darah untuk pengecekan kolesterol dan untuk pengecekan parameter MCV, MCH, MCHC sebagai pretest. Kemudian pada tahap selanjutnya melakukan pemberian ekstrak, simvastatin dan Na-CMC pada setiap perlakuan sebagai berikut:

- 1) Kontrol negatif tikus hiperlipidemia diberikan pakan tinggi lemak dan minum sesuai dengan standard 2 kali sehari.
- 2) Kontrol positif 1 tikus hiperlipidemia dilakukan pemberian simvastatin dengan dosis 0,9mg/kg BB.
- 3) Kontrol positif 2 tikus hiperlipidemia dilakukan pemberian Na-CMC 0,5% sebanyak 1 ml pertikus.
- 4) Perlakuan 1 tikus hiperlipidemia diberi ekstrak daun kelor dosis 500mg/kg BB sebanyak 1 ml perhari pada pagi hari

- 5) Perlakuan 2 tikus hiperlipidemia diberi ekstrak dengan dosis 750mg/Kg BB sebanyak 1 ml perhari pada pagi hari
- 6) Perlakuan 3 tikus hiperlipidemia diberi ekstrak dengan dosis 1000mg/Kg BB sebanyak 1 ml perhari pada pagi hari.

Setelah diberi perlakuan selama 15 hari dilakukan pengambilan sampel darah kembali untuk posttest pengecekan parameter MCV, MCH, MCH. Pengambilan sampel darah tikus putih dilakukan melalui vena orbital didekat mata sebanyak 0,5 ml [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].

Ekstraksi maserasi merupakan metode ekstraksi konvensional yang paling banyak digunakan untuk memperoleh senyawa dari bahan alam karena prosesnya sangat sederhana, mudah dilakukan, dan tidak memerlukan pemanasan. Metode ini dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dan untuk melarutkan senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, triterpenoid, fenolik, tanin.

Tabel 1. Hasil Uji Fitokimia

Uji Fitokimia	Pereaksi	Hasil (Terbentuknya)	Kesimpulan (+) / (-)
Alkaloid	Mayer	Endapan putih	+
	Wagner	Endapan coklat	+
	Dragendorf	Endapan jingga	+
Flavonoid	Mg + HCl pekat + etanol	Warna merah	+
Saponin	-	Adanya busa stabil	+
Steroid	Liebermann – Burchard	Ungi ke biru/ hijau	+
Triterpenoid	Kloroform + H ₂ SO ₄ pekat	Merah kecoklatan	+
Fenolik	NaCl 10% + Gelatin 1%	Endapan putih	+
Tanin	FeCl ₃ 1%	Coklat kehijauan	+

Uji fitokimia merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa dalam suatu ekstrak tumbuhan. Pengujian ini menggunakan pereaksi tertentu yang akan menunjukkan perubahan warna atau terbentuknya endapan sebagai tanda adanya senyawa yang diuji. Berdasarkan hasil uji fitokimia, ekstrak etanol 70% daun kelor menunjukkan hasil positif mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, triterpenoid, fenolik, dan tanin. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan manfaat bagi kesehatan. Flavonoid dan senyawa fenolik berperan sebagai antioksidan, sedangkan alkaloid, saponin, tanin, steroid, dan triterpenoid diketahui memiliki aktivitas biologis seperti antimikroba, antiinflamasi, dan antihiperlipidemia. Hasil uji fitokimia mendukung bahwa ekstrak etanol daun kelor berpotensi dikembangkan sebagai bahan penelitian di bidang kesehatan [16].

Hasil uji fitokimia pada penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* L.) mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, triterpenoid, fenolik, dan tanin. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian [17], yang juga melaporkan adanya kandungan alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan steroid pada ekstrak etanol daun kelor. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor secara konsisten mengandung berbagai senyawa yang berpotensi memberikan aktivitas biologis.

A. Mean Corpuscular Volume (MCV)

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 [18].

Tabel 2. Nilai MCV pada tikus putih jantan sebelum dan sesudah perlakuan

Kelompok	Rata-rata nilai MCV (fL) $\pm$ SD		
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	Nilai Normal
Kontrol Negatif	49,90 $\pm$ 1,76	48,85 $\pm$ 3,03	48,9-57,9 fL [19]
Kontrol Positif 1 Simvastatin	50,64 $\pm$ 2,84	50,40 $\pm$ 2,27	
Kontrol Positif 2 Na-CMC	49,62 $\pm$ 2,63	50,53 $\pm$ 2,63	
Perlakuan 1 Dosis 500 mg/kg BB	50,02 $\pm$ 1,28	49,98 $\pm$ 1,30	
Perlakuan 2 Dosis 750 mg/kg BB	49,90 $\pm$ 2,80	51,75 $\pm$ 1,15	
Perlakuan 3 Dosis 1000 mg/kg BB	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 [19], nilai normal MCV pada tikus jantan adalah 48,9-57,9 fL. Berdasarkan pada Tabel 1, rata-rata nilai MCV pada seluruh kelompok masih dalam rentang nilai yang normal. Sesudah perlakuan pada kelompok negatif mengalami penurunan, tetapi masih dalam batas yang normal. Pada kelompok kontrol positif 1 terjadi penurunan dari 50,64 $\pm$ 2,84 menjadi 50,40 $\pm$ 2,27 (0,24 fL) dan pada kelompok kontrol positif 2 terjadi peningkatan dari 49,62 $\pm$ 2,63 menjadi 50,53 $\pm$ 2,63 (0,91 fL). Perubahan pada dua kelompok tersebut relatif kecil dan masih dalam rentang yang normal. Kemudian pada kelompok perlakuan 1 menunjukkan adanya penurunan dan kelompok perlakuan 2 dan 3 mengalami peningkatan tetapi dalam kisaran yang normal.

Kelompok kontrol negatif mengalami penurunan jumlah nilai MCV dari 49,90 $\pm$ 1,76 menjadi 48,85 $\pm$ 3,03 (1,07 fL) yang mengakibatkan variasi fisiologis dan akibat stres oksidatif yang merusak membran eritrosit dan mengganggu proses pembentukan pada eritrosit [20]. Stres oksidatif merupakan kondisi ketidakseimbangan antara radikal bebas dan kemampuan sistem antioksidan dalam tubuh untuk menetralkannya, yang berpotensi menyebabkan berbagai penyakit. Pada eritrosit, stres oksidatif dapat merusak membran, yang akhirnya mempengaruhi kemampuan eritrosit dalam mengangkut oksigen [21]. Pada kelompok kontrol positif 1 terjadi penurunan dari 50,64 $\pm$ 2,84 menjadi 50,40 $\pm$ 2,27 (0,24 fL) dan pada kelompok positif 2 terjadi peningkatan dari 49,62 $\pm$ 2,63 menjadi 50,53 $\pm$ 2,63 (0,91 fL). Perubahan sekecil ini sering dianggap sebagai variasi biologis alami bukan karena efek patologis karena masih dalam rentang yang normal [22].

Kelompok perlakuan 1, terjadi sedikit penurunan (0,04 fL) hal ini dapat menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun kelor dengan dosis 500 mg/ Kg BB belum cukup memberikan efek yang efektif, daun kelor mengandung flavonoid dan fenolik 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]. Hasil ini sejalan dengan penelitian [4] yang melaporkan bahwa pemberian bubuk daun kelor selama 12 minggu tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap nilai MCV pada tikus Wistar, sehingga menunjukkan bahwa efek protektif daun kelor terhadap parameter hematologi berlangsung secara bertahap dan dipengaruhi oleh dosis serta lama pemberian.

Kelompok perlakuan 2 yang diberikan dosis 750 mg/kg BB menunjukkan peningkatan MCV paling besar, yaitu dari 49,90 $\pm$ 2,80 fL menjadi 51,75 $\pm$ 1,15 fL (1,85 fL). Peningkatan yang menuju ke rentang normal 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 senyawa fenolik, alkaloid, saponin dan tanin 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]. Hasil ini sejalan dengan penelitian [4] yang melaporkan bahwa pemberian *Moringa oleifera* mampu mempertahankan profil hematologi melalui aktivitas antioksidannya serta melindungi eritrosit dari kerusakan oksidatif.

Kelompok perlakuan 3 yang diberi dosis 1000 mg/kg menunjukkan nilai MCV meningkat dari 50,10 $\pm$ 1,67 fL menjadi 50,38 $\pm$ 0,76 fL (0,28 fL). Peningkatan ini lebih kecil dibandingkan kelompok dosis 750 mg/kgBB karena pada dosis tersebut sudah menunjukkan bahwa adanya peningkatan menuju rentang yang normal. 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 [23]. Hasil ini sejalan dengan [3] yang menjelaskan bahwa efektivitas daun kelor dipengaruhi oleh dosis yang diberikan. Namun, menambah dosis tidak selalu membuatnya menjadi lebih baik.

Setelah mencapai dosis tertentu, kemampuan senyawa aktif dalam daun kelor untuk bekerja sebagai antioksidan cenderung tidak bertambah secara berarti. Oleh karena itu, pemberian dosis yang lebih tinggi belum tentu memberikan peningkatan efek terhadap nilai MCV dibandingkan dosis yang lebih rendah.

Hasil penelitian yang diperoleh untuk nilai MCV 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. Temuan ini sejalan dengan penelitian [4] yang melaporkan bahwa pemberian bubuk daun kelor dosis 200 mg/kg BB, 400 mg/kg BB dan 800 mg/kg BB tidak menyebabkan perubahan bermakna pada nilai MCV tikus Wistar jantan.

Hasil nilai MCV 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* dan diperoleh 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 $p = 0,649$ ($p > 0,05$).

B. Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH)

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 dinyatakan dalam pikogram per sel (pg) [18].

Tabel 3. 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 [19]
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 Dosis 500 mg/kg BB	19,33 $\pm$ 0,54	19,03 $\pm$ 0,30	
Perlakuan 2 Dosis 750 mg/kg BB	19,08 $\pm$ 1,02	19,48 $\pm$ 1,02	
Perlakuan 3 Dosis 1000 mg/kg BB	19,43 $\pm$ 0,71	19,12 $\pm$ 0,35	

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 [23].

Menurut [19], nilai normal jumlah MCH pada tikus jantan yaitu 17,1-20,4 pg. 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 dengan nilai $p = 0,125$ ($p > 0,05$). 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 perlakuan, tidak terdapat pengaruh signifikan antar kelompok sebelum dan sesudah perlakuan terhadap nilai MCH dengan nilai $p = 0,294$ ($p > 0,05$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MCH 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 terhadap kandungan hemoglobin rata-rata dalam setiap eritrosit.

Kelompok kontrol negatif tikus hiperlipidemia terjadi penurunan nilai MCH dari 19,04 $\pm$ 0,60 pg menjadi 18,50 $\pm$ 0,85 pg (0,54 pg). Meskipun terjadi penurunan, nilainya masih berada dalam batas normal sehingga belum menunjukkan kondisi hipokromik atau gangguan pada hemoglobin. Penurunan ringan yang terjadi berkaitan dengan variasi biologis normal selama masa pemeliharaan, perubahan konsumsi pakan, maupun stres fisiologis yang dapat memengaruhi parameter hematologi tanpa menimbulkan perubahan patologis [4]. Hasil ini sejalan dengan Ghiasi [6] yang melaporkan bahwa hiperlipidemia berhubungan dengan perubahan pada beberapa indeks hematologi, namun perubahan tersebut tidak selalu menunjukkan kelainan klinis apabila masih berada dalam kisaran normal.

Kelompok kontrol positif 1 yang diberikan simvastatin pada 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 [24]. Hasil ini sejalan dengan penelitian [25] yang melaporkan bahwa pemberian simvastatin mampu mencegah penurunan parameter hematologi, tetapi perbaikannya berlangsung secara bertahap seiring proses regenerasi eritrosit.

Kelompok kontrol positif 2 mengalami penurunan (0,25 pg) 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]. Hasil ini didukung oleh penelitian [26] yang menunjukkan bahwa penggunaan Na-CMC sebagai vehikulum atau bahan pembawa tidak memengaruhi parameter hematologi, sehingga perubahan nilai MCHC lebih mungkin disebabkan oleh proses homeostasis dan regenerasi eritrosit setelah kondisi hiperlipidemia.

Kelompok perlakuan 1 terjadi penurunan (0,30 pg) dan perlakuan 3 juga terjadi penurunan (0,31 pg), hasil ini menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun kelor dosis 500mg/Kg BB dan 1000 mg/Kg BB menyebabkan perubahan pada proses pembentukan hemoglobin karena terjadi penurunan. Kandungan antioksidan seperti flavonoid, fenolik, alkaloid dan tanin 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 kedua kelompok lebih mungkin mencerminkan variasi biologis individu [27]. Hasil ini sejalan dengan penelitian [4] yang melaporkan bahwa pemberian *Moringa oleifera* tidak memberikan perubahan yang bermakna terhadap sebagian besar parameter hematologi karena aktivitas antioksidannya lebih berperan dalam menjaga kestabilan eritrosit daripada meningkatkan parameter hematologi secara langsung.

Kelompok perlakuan 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 (0,4 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]. Hasil ini sejalan dengan penelitian [4] yang melaporkan bahwa pemberian (*Moringa oleifera* L.) mampu mempertahankan profil hematologi, termasuk nilai MCH yang tetap berada dalam kisaran normal. Temuan tersebut menunjukkan bahwa daun kelor berperan menjaga kestabilan pembentukan hemoglobin dan fungsi eritrosit, meskipun tidak menghasilkan peningkatan MCH yang signifikan.

Penelitian ini menunjukkan 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, flavonoid, fenolik, alkaloid dan tanin 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. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Nurhayati (2023) yang melaporkan bahwa pemberian bubuk daun kelor tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap nilai MCH pada tikus Wistar jantan. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan antioksidan dalam daun kelor mampu menjaga kestabilan eritrosit dan proses pembentukan hemoglobin, sehingga nilai MCH tetap berada dalam rentang normal meskipun tikus mengalami kondisi hiperlipidemia [4].

C. Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC)

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) [28].

Tabel 4. 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 [19]
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 Dosis 500 mg/kg BB	38,58 $\pm$ 0,21	38,37 $\pm$ 0,68	
Perlakuan 2 Dosis 750 mg/kg BB	38,35 $\pm$ 1,01	37,66 $\pm$ 0,11	
Perlakuan 3 Dosis 1000 mg/kg BB	38,52 $\pm$ 0,66	38,03 $\pm$ 1,20	

Kondisi hiperlipidemia dapat mempengaruhi nilai MCHC 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 [29].

Menurut [19], nilai normal jumlah MCHC pada tikus jantan yaitu 32,9-37,5 g/dL. 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 nilai $p = 0,101$ ($p < 0,05$) yang homogen. Setelah data terdistribusi normal dan homogen dilanjutkan dengan uji *Two-Way ANOVA* dan diperoleh nilai $p = 0,689$ ($p > 0,05$) maka tidak terdapat pengaruh yang signifikan antar kelompok perlakuan terhadap nilai MCHC. Terdapat pengaruh yang signifikan pada sebelum dan sesudah perlakuan dengan nilai $p = 0,021$ ($p < 0,05$).

Kelompok kontrol negatif yang hanya diinduksi hiperlipidemia 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 [30].

Kelompok kontrol positif 1 penurunan nilai MCHC yang diberi simvastatin dosis 0,09 mg/kg BB 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 (2021), yang menunjukkan bahwa perubahan parameter hematologi memerlukan waktu karena berkaitan dengan proses regenerasi dan pemulihan sel darah merah [25].

Kelompok kontrol positif 2 pada pemberian Na-CMC terjadi adanya penurunan MCHC 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 [31]. Hasil ini didukung oleh penelitian Rumaseuw (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan Na-CMC sebagai vehikulum atau bahan pembawa tidak memengaruhi parameter hematologi, sehingga perubahan nilai MCHC lebih mungkin disebabkan oleh proses homeostasis dan regenerasi eritrosit setelah kondisi hiperlipidemia [26].

Kelompok perlakuan 1 dosis 500 mg/kg BB, perlakuan 2 dosis 750 mg/kg BB, dan perlakuan 3 dosis 1000 mg/kg BB mengalami penurunan nilai MCHC namun belum mencapai rentang normal yang menunjukkan bahwa perlakuan ekstrak daun kelor yang mempunyai kandungan flavonoid, fenolik, alkaloid dan tanin 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 [32].

Hasil penelitian ini 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 [25].

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 pada uji *Two-Way ANOVA* terhadap nilai MCV dan MCH. Nilai MCHC pada hasil uji *Two-Way ANOVA* menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara nilai MCHC sebelum dan sesudah perlakuan ($p = 0,021$). Pada parameter MCV terjadi penurunan (0,04 fL) di dosis 500 mg/kg BB, parameter MCH terjadi penurunan (0,31 pg) di dosis 1000 mg/kg BB dan parameter MCHC terjadi penurunan (0,69 g/dL) pada dosis 750 mg/kg BB. Oleh karena itu, diperlukan durasi perlakuan yang lebih panjang untuk pemberian ekstrak dan induksi hiperlipidemia yang lebih tinggi 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.

REFERENSI

- [1] H. Z. Himi, M. M. Rahman, S. A. Hasan, L. R. M. D. Cruze, T. S. Zaman, and M. M. Chowdhury, "An Evaluation of Anti-hyperlipidemic Activity of Ethanolic Extract of *Moringa oleifera* on High Fat Induced Hyperlipidemic Rat Model," *Int. J. Biochem. Res. Rev.*, vol. 33, no. 4, pp. 33–39, 2024, doi: 10.9734/ijbcr/2024/v33i4867.
- [2] H. H. Stibis, L. Kadir, Z. F. Ahmad, D. Epidemiologi, F. Olahraga, and U. N. Gorontalo, "Analisis faktor resiko terhadap kejadian Hiperlipidemia Pra Lansia," *Jambura J. Epidemiol.*, vol. 4, no. 2, pp. 12–21, 2025, doi: 10.56796/jje.v4i2.26311.
- [3] A. Pareek *et al.*, "Moringa oleifera: An Updated Comprehensive Review of Its Pharmacological Activities, Ethnomedicinal, Phytopharmaceutical Formulation, Clinical, Phytochemical, and Toxicological Aspects," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 24, no. 3, 2023, doi: 10.3390/ijms24032098.
- [4] T. Nurhayati, M. I. Fathoni, S. N. Fatimah, V. M. Tarawan, H. Goenawan, and R. G. Dwiwina, "Effect of *Moringa oleifera* Leaf Powder on Hematological Profile of Male Wistar Rats," *J. Blood Med.*, vol. 14, pp. 477–485, 2023, doi: 10.2147/JBM.S407884.
- [5] A. M. Galadima, G. E. O., I. Abubakar, S. S. Said, and S. F. Umar, "Effect of *Moringa oleifera* leaves extract on biochemical, hematological and histopathological parameters in *Trypanosoma brucei* infected rats," *Biol. Biomed. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 161–171, 2025, doi: 10.21608/bbj.2025.350281.1072.
- [6] S. Ghiasi Hafezi *et al.*, "Association between serum hypertriglyceridemia and hematological indices: data mining approaches," *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, vol. 24, no. 1, p. 410, Dec. 2024, doi: 10.1186/s12911-024-02835-2.
- [7] A. D. Ariestingsih *et al.*, "Moringa Leaf Powder Improves Lipid Profiles and Aortic Thickness in Wistar Rats Model of Prediabetes Mellitus," *Amerta Nutr.*, vol. 8, no. 2, pp. 278–289, 2024, doi: 10.20473/amnt.v8i2.2024.278-289.
- [8] I. Rosidah, S. Ningsih, T. N. Renggani, J. Efendi, and K. Agustini, "Profil Hematologi Tikus (*Rattus*

- norvegicus) Galur Sprague-Dawley Jantan Umur 7 dan 10 Minggu,” *J. Bioteknol. Biosains Indones.*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.29122/jbbi.v7i1.3568.
- [9] W. D. Putri *et al.*, “Aktivitas Daya Hambat dan Elusidasi Golongan Senyawa Ekstrak Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC,” *SIMBIOSIS XII 138-151 Progr. Stud. Biol. FMIPA UNUD*, vol. 50, no. September, pp. 138–151, 2024.
- [10] A. Chintya, G. Sijabat, S. Isdadiyanto, and A. J. Sitasiwi, “Histopatologi Hepar Tikus Dengan Induksi Pakan Tinggi Lemak Setelah Pemberian Biji Mahoni (Rat Liver Histopathology by Inducing High-Fat Diet After Giving Mahogany Seeds),” *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 29, no. 3, pp. 482–490, 2024, doi: 10.18343/jipi.29.3.482.
- [11] T. siska W. Achmad Fauzi, Anita dwi Septiarini, “Uji Aktivitas Antiinflamasi Ekstrak Sirih Cina (*Peperomia Pellusida*) Pada Tikus Jantan Galur Wistar Yang Diinduksi Karagenan,” *J. Inov. Ris. Ilmu Kesehat.*, vol. 1, no. 3, pp. 282–297, 2023, doi: 10.55606/detector.v1i3.2428.
- [12] F. Agustin, A. D. Arinda, Z. S. A. Febrianti, I. K. Rizky, and M. Andriani, “Aktivitas Tepung Tempe Terhadap Kadar Kolesterol Total Tikus Model Hiperkolesterolemia,” *Arter. J. Ilmu Kesehat.*, vol. 6, no. 1, pp. 41–46, 2024, doi: 10.37148/arteri.v6i1.574.
- [13] R. Joneri, J. L. Manalu, R. Dewi, and Z. Arieselia, “Penurunan Kadar Malondialdehid (Mda) Pada Tikus Putih Jantan Hiperlipidemia Oleh Pemberian Ekstrak Etanol Bajakah Tampala *Reduction Of Malondialdehyde (Mda) Levels In Hyperlipidemic Male White Rats By Administration Of Ethanol Extract Of Bajakah Tampala*,” *Damianus J. Med.*, vol. 23, no. 1, pp. 35–41, 2024.
- [14] S. I. M. R. Puspitasari, Andika Alivameita, Anggun Puspita, “Herbal combination therapy of coriander and red ginger extracts to improve hematological profiles in hyperlipidemia : in vivo study,” *MEDISAINS J. Ilm. Ilmu-Ilmu Kesehat.*, vol. 23, no. 3, pp. 138–143, 2025, doi: 10.30595/medisains.v23i3.26399.
- [15] Y. Dini Prastyo Wati, Syafrudin Ilyas, “Prinsip Dasar Tikus sebagai Model Penelitian,” *USUPress*, p. iii+91, 2024.
- [16] H. U. Swandono, A. Prodyanasari, N. Hidayah, A. Laksono, C. Fatia Ulfa, and K. Nisa, “Studi Fitokimia Kualitatif Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Berbasis Reaksi Kimia-Fisika,” *J. Sint. Penelit. Sains, Terap. dan Anal.*, vol. 6, no. 1, pp. 157–168, 2025, doi: 10.56399/jst.v6i1.269.
- [17] M. A. Fatimah Siti, S. Rifani Hutami, and C. A. Ike, “Skriming Fitokimia dan Uji Kalitas Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam) dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis,” *J. Farm. dan Sains*, vol. 9, no. 1, pp. 114–124, 2025, doi: 10.51997/r7x6dp75.
- [18] P. Puspitasari. Andika Alivameita, “Modul Hematologi patologis,” *Umsida Press*, 2019.
- [19] M. F. D. Arwan Bin Laeto, Rara Inggarsih, Septi Purnamasari and F. I. Taharu, “Analisis Profil Eritrosit Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Pasca Diet Vegetarian,” *J. Ilm. Univ. Muhammadiyah But.*, vol. Volume 8, no. 2, pp. 312–325, 2022, doi: <https://doi.org/10.35326/pencerah.v8i1.1901>.
- [20] B. Kaptaner, A. Doğan, E. Doğan, and F. Dönmez, “Bisphenol F induces oxidative stress and hematotoxicity in male rats,” *J. Basic Appl. Zool.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2026, doi: 10.1186/s41936-025-00539-1.
- [21] A. Bettiol *et al.*, “Erythrocyte oxidative stress and thrombosis,” *Expert Rev. Mol. Med.*, vol. 24, no. e31, pp. 1–26, 2022, doi: 10.1017/ERM.2022.25.
- [22] S. Isdadiyanto, A. J. Sitasiwi, and S. M. Mardiaty, “Profil Lipid Tikus (*Rattus norvegicus*) Hiperlipidemia zsetelah Terpapar Ekstrak Etanol Biji Mahoni (*Swietenia mahagoni*) Lipid Profile of Rat (*Rattus norvegicus* L .) Hyperlipidemic After,” *Bul. Anat. dan Fisiol.*, vol. 9, no. 1, pp. 85–92, 2024, doi: 10.14710/baf.9.1.2024.85-92.
- [23] N. R. Naufal, D. R. Budiani, N. A. Setyawan, P. S. Kedokteran, F. Kedokteran, and U. S. Maret, “Pengaruh Ekstrak Etanolik Daun Kelor (*Moringa oleifera* , Lam .) Terhadap Ekspresi NF- κ B Pankreas Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) Model Sindroma Metabolik Terinduksi,” *Plex. Med. J.*, vol. 2, no. 5, pp. 188–196, 2023, doi: 10.20961/plexus.v2i5.629.
- [24] M. D. Satrianugraha, Y. Naldi, and I. Paridah, “Perbandingan Efektivitas Ekstrak Angkak (*Monascus purpureus*) dan Simvastatin Terhadap Penurunan Kolesterol total , LDL dan HDL pada Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus*) galur sprague dawley dengan hiperlipidemia,” *J. Kedokt. dan Kesehat.*, vol. 4, no. 2, pp. 78–84, 2018, doi: 10.33603/tumed.v4i2.1711.
- [25] A. J. Barinda *et al.*, “Statin Mencegah Penurunan Kadar Hemoglobin dan Parameter Hematologi Lainnya pada Model Tikus Gagal Ginjal Eksperimental *Statin Prevents the Declining of Hemoglobin Level and Other Hematologic Parameters on the Renal Failure Rat Model*,” *J. Med. Heal.*, vol. 3, no. 2, pp. 157–163, 2021, doi: <https://doi.org/10.28932/jmh.v3i2.3332>.
- [26] E. S. Rumaseuw, Y. Iskandar, and E. Halimah, “Hematological Parameters in Subchronic Toxicity Test of Black Garlic Ethanol Extract in Rats,” *J. Fundam. Appl. Pharm. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 76–85, 2022, doi: 10.18196/jfaps.v2i2.13755.
- [27] D. Juliana, K. Simanjuntak, T. Susantiningsih, and D. Purwaningsih, “Literatur Review : Tumbuhan Kelor

- (*Moringa oleifera*) sebagai Salah Satu Tumbuhan Obat dengan Aktivitas,” *J. Med. Lab.*, vol. 4, no. 2, pp. 79–93, 2025, doi: 10.57213/medlab.v4i2.297.
- [28] A. Nining Wahyuni. Andika, “*Comparison of Erythrocyte Index Values of Venous and Capillary Blood*,” *Medicra (Journal Med. Lab. Sci.)*, vol. 4, no. 1, pp. 13–16, 2021, doi: 10.21070/medicra.v4i1.895.
- [29] V. Tutino *et al.*, “Peningkatan Signifikan pada Indeks Stres Oksidatif pada Membran Eritrosit Pasien Obesitas dengan Penyakit Hati Berlemak yang Terkait Metabolik,” *J. Pers. Med.*, vol. 14, no. 3, pp. 1–12, 2024, doi: 10.3390/jpm14030315.
- [30] C. Indriputri and R. Maulana, “Pengaruh Pemberian Diet Tinggi Lemak Terhadap Profil Lipid dan Gula Darah Puasa Serum Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) Galur Wistar,” *Hig. J. Kesehat. Lingkungan.*, vol. 8, no. 3, pp. 144–148, 2019, doi: 10.24252/higiene.v8i3.35819.
- [31] I. Karam *et al.*, “*Regulation effect of Aspirin Eugenol Ester on blood lipids in Wistar rats with hyperlipidemia*,” *J. BMC Vet. Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2015, doi: 10.1186/s12917-015-0523-5.
- [32] D. I. Nurdin, W. Bodhi, and J. S. Lebang, “Uji efektivitas antihiperkolesterolemia ekstrak etanol Daun kelor (*Moringa oleifera* Lam) pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*),” *J. Pharmacon*, vol. 10, no. November, pp. 5–10, 2021, doi: 10.35799/pha.10.2021.37417.

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.