BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sel Darah Merah (Eritrosit)

1. Definisi Eritrosit

Eritrosit, atau sel darah merah, adalah komponen utama darah yang berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh dan membawa karbon dioksida kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan. Sel-sel ini memiliki bentuk cakram biconcave, meningkatkan luas permukaan untuk efisiensi pertukaran gas. Eritrosit mengandung hemoglobin, yang mengikat oksigen dan memberikan warna merah pada darah. Dalam pemeriksaan hematologi, jumlah eritrosit diukur dalam juta sel per mikroliter (juta/uL). Nilai normal bervariasi berdasarkan jenis kelamin: 4,1–6,0 juta/uL untuk laki-laki dan 4,0–5,3 juta/uL untuk perempuan (Rosida and Hendriyono,2019).

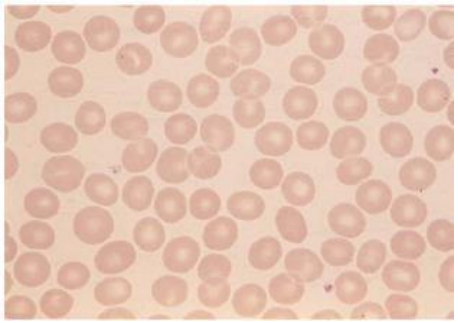
Eritrosit memiliki usia sekitar 120 hari, dengan 1% mati setiap hari dan digantikan oleh sel baru. Bentuknya bikonkaf, berdiameter sekitar 8 μm, dan proses pembentukannya berlangsung di sumsum tulang (Febriyanto *et al.*,2023).

Sel darah merah, atau eritrosit, adalah sel yang paling melimpah dalam darah. Tugas utama sel darah merah adalah mengangkut oksigen (O_2) dari sistem pernapasan ke jaringan dan sel-sel tubuh, serta mengangkut

Kemenkes Poltekkes Bengkulu

karbon dioksida (CO_2) kembali ke arah sebaliknya. Selain fungsi tersebut, sel darah merah juga memiliki aktivitas antioksidan yang melindungi terhadap zat-zat pengoksidasi. Sel darah merah memiliki bentuk "cakram bikonkaf" yang memungkinkan area permukaan lebih luas, memfasilitasi difusi gas. Untuk memastikan pengiriman oksigen ke seluruh tubuh, sel darah merah harus melewati kapiler kecil, yang dimungkinkan oleh struktur membran sel darah merah yang terdiri dari lapisan ganda fosfolipid dan sitoskeleton yang didukung oleh jaringan spektrin. Struktur ini memberikan fleksibilitas dan kemampuan deformasi yang ekstrem, memungkinkan perubahan bentuk yang dapat kembali ke bentuk semula. Selain itu, selama proses pematangan, sel darah merah mamalia kehilangan inti, mitokondria, dan organel lainnya untuk menyediakan kapasitas maksimum bagi hemoglobin (Hb), protein yang secara langsung bertanggung jawab atas pengangkutan gas (O_2 dan CO_2) (Dybas *et al,* 2022).

Kemenkes Poltekkes Bengkulu



Gambar 2.1 Sel Darah Merah Normal

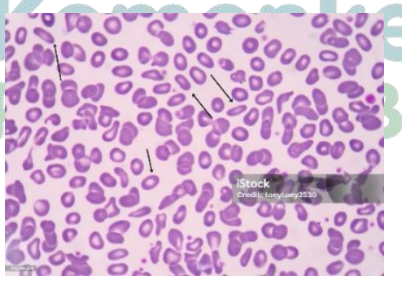
2. Kelainan Sel darah merah (Eritrosit)

Sel darah merah memiliki bentuk yang dipengaruhi oleh hormon eritropoietin dan glikoprotein yang berasal dari ginjal. Sel darah merah yang

beredar dalam tubuh dapat mengalami perubahan. Jika jumlah sel darah merah meningkat, kondisi ini disebut polisitemia. Sebaliknya, jika jumlah sel darah merah berkurang, kondisi ini dikenal sebagai anemia atau kelainan bentuk eritrosit, Ada beberapa kelainan Bentuk Eritrosit menurut (Wahdaniah *et al*, 2020).

a) Ovalosit

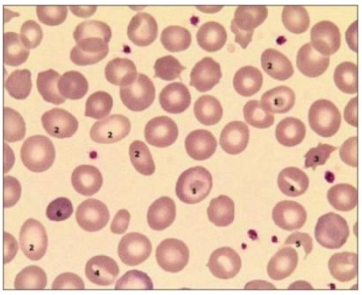
Ovalosit terbentuk selonjong bentuk ini harus di bedakan dari makrovalosit yang di dapatkan dari anemia migalos blastik dengan eritrosit yang berukuran besar dan oval. Pada keadaan normal ovalosit dapat dijumpai dengan jumlah sedikit pada darah tepi.



Gambar 2.2 Ovalosit atau Eliptosit

b) Poikilositasis

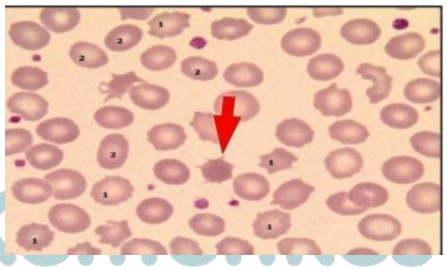
Poikilositosis merupakan eritrosit yang sangat beragam dalam suatu sediaan apusan darah tepi. Pada keadaan ini sangat banyak di jumpai pada anemia berat.



Gambar 2.3 . Poikilositosis

c) Acanthocyte

Sel ini tepi eritrositnya mempunyai tonjolan tonjolan yang berupa duri, sel ini juga dijumpai pada metabolism fosfolipid.

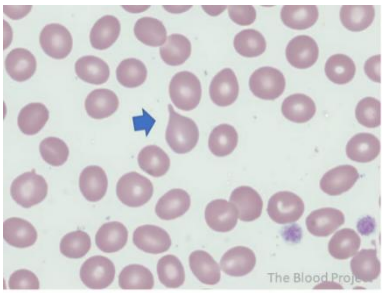


Gambar 2.4 Acanthocyt

Polfekkes Bengkulu

d) *Tear drop cells* atau Dakrosit

Eritrosit pada bentuk tetesan air mata ini dapat di jumpai pada penderita fibrosis sumsum tulang dan dapat juga di jumpai pada anameia, salah satunya seperti anemia hemolitik, thalassemia mayor, anemia megabolistik



Gambar 2.5 *Tear drop cells*

e) Sel sabit atau *sickle cell*

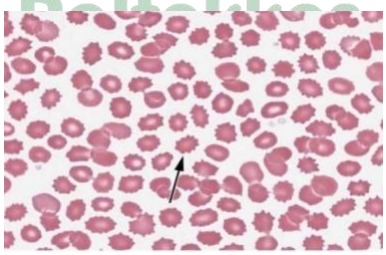
Eritrosit berbentuk sabit ini terjadi pada proses reaksi transfusi , dan anemia hemolitik serta pada sel sabit heterozigot.



Gambar 2.6 Sel sabt atau *sicklecell*

f) Sel Bur

Sel eritrost ini berukuran kecil atau fragmentosit dengan duri dengan permukaan yang sedikit di jumpai .

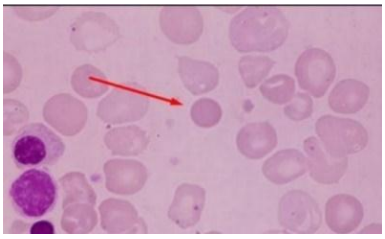


Gambar 2.7. Sel bur

g) Sferosit

Sperosit ini berbentuk lebih bulat , dan juga lebih tebal dari eritrosit normal. Pada eritrosit ini dapat di jumpai pada hemolitik autoimun, lupus eritematous sistemik, dan septicemia dan pasca tranfusi.

Kemenkes Poltekkes Bengkulu



Gambar 2.8 Sperosit

h) Sel target atau leptosit

Eritrosit ini memiliki warna di bagian tengah , terdapat pada penderita talashemia, penyakit menahun, anemia defisiensi berat.

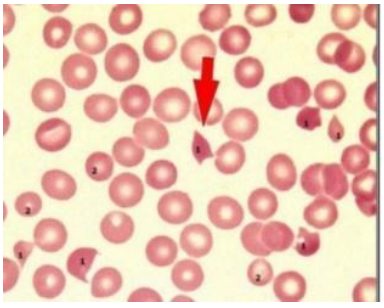


Gambar 2.9 Sel target atau leptosit

Perpustakaan Poltekkes Bengkulu

i) *Schitosit* atau fragmentosit

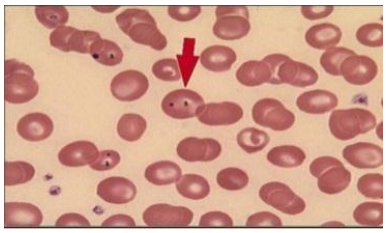
Sel ini merupakan fragmen eritrosit, terjadi pada kelainan eritrosit pada anemia megabolistik, kelainan katup jantung, pada keadan ini juga tampak sebagai sel helm dan luka berat.



Gambar 2.10 Schitosit atau fragmentosit

j) *Howell Jolly*

Howell jolly adalah sisa inti dari eritrosit, dengan warna ungu atau biru tua, dengan bentuk bulat. Dapat terjadi pada anemia asam folat, anemia difesiensi besi, anemia pernisiosa.

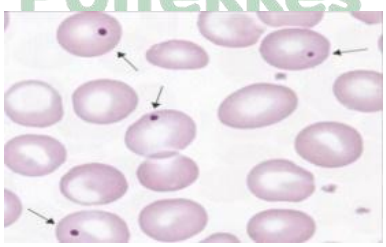


Gambar 2.11 . *Howell Jolly*

k) Eritrosit berinti

Eritrosit ini di dapatkan pada eritropoesis hiperaktif, neoantus pasca splenektomi, bisa di dapatkan juga pada apusan darah tepi pada penderita anemia berat.

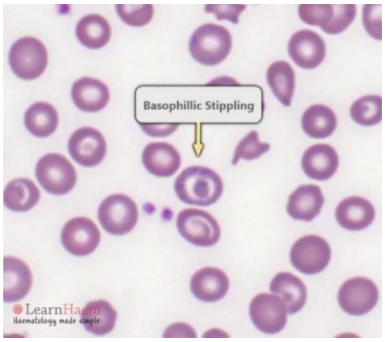
Kemenkes
Poltekkes Bengkulu



Gambar 2.12 Eritrosit berinti

l) Basofilik stipling

Terdapat basofilik stipling titik basophil. Di peroleh dari pada saat keadaan keracunan timah hitam (Pb), keadaan infeksi dan unstable hemoglobin.

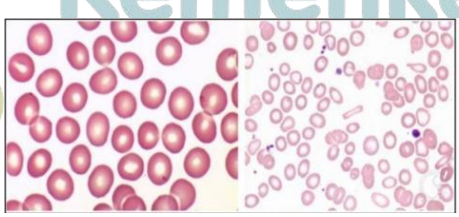


Gambar 2.13 *Basophilic stippling*

m) Hipokrom

Eritrosit ini terjadi pada saat keadaaan kadar hemoglobin menurun. Dapat di jumpai pada anemia sideroblastik, anemia defisiensi besi. Eritrosit ini memiliki warna yang tampak pucat.

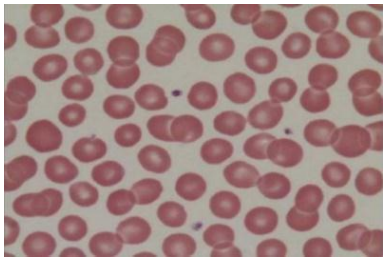
Kemenkes Bengkulu



Gambar 2.14 Hipokrom

n) Polikrom

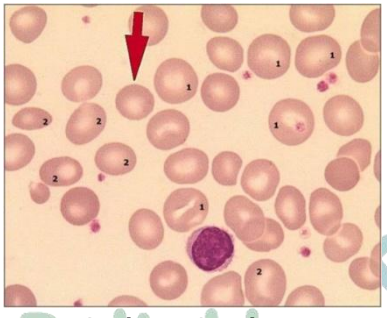
Eritrosit ini dapat di jumpai pada penderita anemia hemolitik dan hemopoesis ekstrameduler. Eritrosit ini ukuranya lebih besar dan berwarna lebih beri dari eritrosit normal.



Gambar 2.15 Polikrom

o) Makrosit

Makrosit merupakan eritrosit yang berukuran lebih dari 8 mikro. Sel ini dapat terjadi pada retikulosis dan penyakit hati.

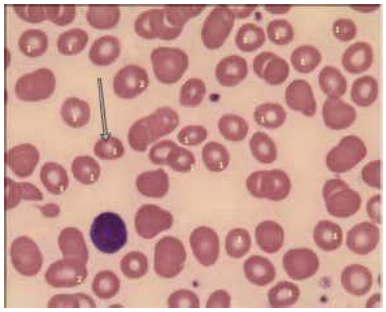


Gambar 2.16 Makrosit

Poltekkes Bengkulu

p) Mikrosit

Eritrosit ini berukuran lebih kecil dari eritrosit normal, mempunyai ukuran <6 mikro. Sel ini bisa berasal dari fragmentasi eritrosit normal seperti contoh pada kasus anemia hemolitik.



Gambar 2.17 Mikrosit

B. Metode Pemeriksaan Kelainan Bentuk Eritrosit

a. Apusan Darah Tepi

Prinsipnya yaitu Darah tepi yang diwarnai dengan pewarna seperti Giemsa dipersiapkan dan diamati di bawah mikroskop. Pemeriksaan ini dapat mengidentifikasi berbagai bentuk eritrosit, termasuk bentuk abnormal seperti sel berbentuk bulat, sel berbentuk sabit, atau sel berbentuk oval (Prasad *et al*, 2022).

b. Hematology Analyzers

Prinsipnya yaitu Alat ini menghitung distribusi sel dan parameter lain seperti Mean Corpuscular Volume (MCV) dan Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH). Penyimpangan dari nilai normal dapat menunjukkan kelainan bentuk eritrosit (Amelia *et al*, 2023).

Kemenkes Poltekkes Bengkulu

c. Fragilitas Osmotic

Prinsipnya Eritrosit dengan membran abnormal akan lebih cepat pecah pada konsentrasi garam rendah dibandingkan dengan eritrosit normal(Choi *et al*, 2019).

C. Diabetes Melitus

Diabetes Melitus (DM) merupakan suatu penyakit kronis yang ditandai dengan kadar glukosa darah (gula darah) melebihi batas normal yaitu kadar gula darah sewaktu < 200 mg/dl, dan gula darah puasa 80-125 mg/dl (Nabila Putri Alda Dalimunthe). Gejala umum yang sering dilaporkan oleh

penderita diabetes melitus meliputi polidipsia (rasa haus yang berlebihan), poliuria (sering berkemih), polifagi (nafsu makan yang meningkat), penurunan berat badan, dan kesemutan. Selain itu, penderita diabetes juga memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami berbagai penyakit lain, seperti penyakit jantung, gangguan sistem kardiovaskular, obesitas, katarak, gangguan ereksi, penyakit hati, kanker, dan infeksi (Linden dan Erwina, 2022).

1. Klasifikasi Diabetes Melitus

American Diabetes Association (ADA) mengklasifikasikan DM menjadi DM tipe 1, DM tipe 2, DM gestasional, dan tipe diabetes lainnya(Care dan Suppl, 2020).

a. DM Tipe 1

Diabetes tipe 1 disebabkan oleh kerusakan sel-sel pankreas akibat reaksi autoimun, yang biasanya mengakibatkan kekurangan insulin secara absolut (Care dan Suppl, 2020). DM tipe 1 juga dikenal sebagai diabetes tergantung Insulin Dependent Diabetes Mellitus (IDDM) atau diabetes pada usia muda. Jenis diabetes ini terjadi ketika sistem imun tubuh menghancurkan sel beta pankreas, yang merupakan satu-satunya sel yang menghasilkan insulin DM Tipe 2.

b. DM Tipe 2

DM tipe 2 sebelumnya dikenal sebagai Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus (NIDDM) atau diabetes pada orang dewasa adalah kondisi di mana kadar glukosa darah tetap tinggi meskipun tubuh masih memproduksi insulin. Pada kondisi ini, penderita mengalami resistensi

Komonkes Poltekkes Bengkulu

insulin, yaitu sel-sel tubuh tidak merespons insulin dengan baik, serta kekurangan insulin relatif, yang berarti insulin yang diproduksi tidak cukup untuk mengontrol kadar gula darah dengan.optimal (Syahraeni, Irwandi, 2024).

c. DM Tipe Gestasional

Diabetes mellitus gestasional (DMG) adalah suatu keadaan intoleransi glukosa yang berkembang selama Kehamilan dengan homeostasis glukosa biasanya dipulihkan setelah lahir(Adli).

d. DM Tipe Lain

DM tipe lainnya adalah diabetes yang tidak termasuk dalam kategori sebelumnya, yaitu DM sekunder yang disebabkan oleh kondisi lain yang memengaruhi produksi atau fungsi insulin serta gangguan pada sel beta (Syahraeni, Irwandi, 2024).

Kemenkes Poltekkes Bengkulu

2. Faktor Risiko Yang Mempengaruhi Diabetes Melitus

Faktor risiko dibagi menjadi dua, yaitu faktor resiko yang tidak dapat dimodifikasi dan yang dapat dimodifikasi.

a. Faktor resiko yang tidak dapat dimodifikasi

1) Usia

Usia mempengaruhi penurunan fungsi semua sistem tubuh, termasuk sistem endokrin. Seiring bertambahnya usia, resistensi insulin meningkat, menyebabkan level gula darah menjadi tidak stabil (Isnaini dan Ratnasari, 2018). Kelompok usia yang paling berisiko adalah pada usia diatas 45 (Ikrima Rahmasari, 2019).

2) Jenis Kelamin

Persentase pasien diabetes lebih tinggi pada perempuan dibandingkan lakilaki. Perempuan cenderung memiliki komposisi lemak tubuh yang lebih tinggi, sehingga lebih mudah mengalami obesitas, yang berkaitan dengan risiko meningkatnya diabetes.

3) Lama Menderita DM

Pada penderita DM yang tidak terkontrol dalam jangka waktu lama akan terjadi perubahan pada pembuluh darah. Penebalan pem buluh darah ini mempengaruhi tekanan darah dan dapat merusak kapiler darah serta serabut saraf secara bertahap.

4) Riwayat Anggota Keluarga dengan Penyakit DM

Riwayat keluarga adalah salah satu faktor risiko utama seseorang terkena diabetes melit us, karena faktor genetik dari orang tua yang menderita diabetes melitus berpengaruh terhadap anak-anaknya.

b. Faktor Risiko yang Dapat Dimodifikasi

Faktor risiko yang dapat dimodifikasi contohnya kelebihan berat badan, kurangnya aktivitas fisik, hipertensi (> 140/90 mmHg), gangguan profil lipid dalam darah (HDL < 35 mg/dL dan atau trigliserida > 250 mg/dL, serta pola makan yang tidak sehat dengan tinggi gula dan rendah serat.

Komonkes Poltekkes Bengkulu

3. Komplikasi Diabetes Melitus

Komplikasi yang dapat terjadi pada pasien diabetes melitus menurut (Lestari *et al*., 2021), yaitu:

a. Hipoglikemia

Serangan hipoglikemia ditandai dengan perasaan pusing, lemas, gemetar, mata berkunang-kunang, keringat dingin, detak jantung meningkat, sampai hilang kesadaran.

b. Hiperglikemia

Ialah suatu keadaan dimana kadar gula darah tiba-tiba melonjak yang ditandai dengan poliuria, polidipsia, polifagia, kelelahan yang parah, dan pandangan kabur.

c. Komplikasi Makrovaskuler

Komplikasi makrovaskular yang umum berkembang pada penderita diabetes adalah penyakit jantung koroner, penyakit pembuluh darah otak, dan penyakit pembuluh darah perifer.

d. Komplikasi Mikrovaskuler

Komplikasi ini terutama terjadi pada penderita diabetes tipe 1. Komplikasi mikrovaskuler yang timbul antara lain retinopati, nefropati, dan neuropati.

4. Gejala dari penyakit Diabetes Melitus

Gejala penyakit diabetes menurut (Lestari *et al*., 2021), yaitu:

a. Poliuri (sering buang air kecil)

Komenkes Poltekkes Bengkulu

Poliuria, atau peningkatan buang air kecil, terjadi pada pasien diabetes mellitus (DM) ketika kadar gula darah melebihi ambang ginjal (>180 mg/dl). Hal ini menyebabkan glukosa dikeluarkan melalui urine. Untuk menurunkan konsentrasi urine, tubuh menyerap lebih banyak air, sehingga jumlah urine yang dihasilkan meningkat. Keluaran urine harian normal sekitar 1,5 liter, tetapi pada pasien DM yang tidak terkontrol, jumlah ini dapat meningkat hingga lima kali lipat. Akibatnya, pasien sering mengalami rasa haus (polidipsi) dan merasa perlu minum banyak, terutama air dingin dan manis, untuk mengatasi dehidrasi.

b. Polifagi (cepat merasa lapar)

Nafsu makan meningkat (polifagi) dan merasa kurang tenaga. Insulin menjadi bermasalah pada penderita DM sehingga pemasukan gula ke dalam sel-sel tubuh kurang dan energi yang dibentuk pun menjadi kurang. Ini adalah penyebab mengapa penderita merasa kurang tenaga. Selain itu, sel juga menjadi kurang gula sehingga otak juga berfikir bahwa kurang energi itu karena kurang makan, maka tubuh kemudian berusaha meningkatkan asupan makanan dengan menimbulkan alarm rasa lapar.

c. Berat badan menurun

Ketika tubuh tidak mendapatkan cukup energi dari gula karena kekurangan insulin, ia mulai memproses lemak dan protein untuk energi. Pada pasien diabetes mellitus (DM) yang tidak terkontrol, bisa kehilangan hingga 500 gram glukosa dalam urine per 24 jam, setara

Kemenkes Poltekkes Bengkulu

dengan kehilangan 2000 kalori. Gejala tambahan akibat komplikasi dapat termasuk kaki kesemutan, gatal-gatal, luka yang tidak sembuh, serta pada wanita, gatal di daerah selangkangan (pruritus vulva), dan pada pria, nyeri di ujung penis.

D. Hubungan Eritrosit Pada Penderita Diabetes Melitus

Sel darah merah (eritrosit) yang matang biasanya bertahan dalam sirkulasi darah selama 100 hingga 120 hari. Namun, pada pasien diabetes melitus, masa hidup eritrosit berkurang secara signifikan akibat gangguan lingkungan hematologi, seperti hipertonisitas ekstraseluler, stres oksidatif, dan hiperglikemia kronis. Faktor-faktor ini menyebabkan disfungsi sel darah merah dan berkontribusi pada komplikasi diabetes melitus (Williams *et al*., 2023).

Pada pasien diabetes mellitus tipe 2, eritrosit mengalami perubahan morfologi, termasuk penurunan jumlah discocytes dan peningkatan echinocytes serta spherocytes. Perubahan ini terkait dengan tingginya kadar glukosa darah dan dapat mengakibatkan penurunan deformabilitas eritrosit, yang berpotensi mengganggu mikrosirkulasi (Mortaş *et al*., 2021).

Kelainan bentuk eritrosit pada individu dengan diabetes mellitus (DM), khususnya diabetes tipe 2 (T2DM), dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, terutama yang berkaitan dengan sistem kardiovaskular dan sirkulasi. Berikut adalah beberapa penyakit dan kondisi yang dapat timbul akibat kelainan bentuk eritrosit yaitu Anemia Kelainan ini dapat menyebabkan anemia, yang memperburuk kondisi kesehatan dan mengurangi transportasi oksigen dalam darah (Loyola-Leyva *et al*., 2018).

Pasien diabetes melitus (DM) berisiko lebih tinggi mengalami anemia, yang sering tidak terdeteksi atau diobati. Anemia dapat muncul akibat kerusakan pembuluh darah akibat diabetes dan berdampak pada hasil penyakit vaskular, serta meningkatkan risiko rawat inap dan kematian. Prevalensi anemia pada pasien DM bervariasi antara 14% hingga 45%, terutama pada pria dan wanita di atas 60 tahun. Terdapat korelasi antara penurunan kadar hemoglobin, usia, dan kadar hemoglobin terglikasi (HbA1c), menunjukkan bahwa DM yang tidak terkontrol dapat menyebabkan anemia (Adane *et al,* 2020).

Morfologi eritrosit yang normal berperan penting dalam fungsi sel dan transportasi oksigen. Studi Turchetti menunjukkan bahwa pada individu sehat, eritrosit berbentuk mangkuk yang fleksibel mendominasi, sementara diskosit lebih sedikit dan sel cacat sangat jarang. Pada pasien diabetes tanpa komplikasi vaskular, morfologi eritrosit tidak berbeda signifikan dari kontrol sehat. Namun, pada pasien dengan vaskulopati, jumlah diskosit meningkat (60%), sementara eritrosit berbentuk mangkuk berkurang. Sferosit ditemukan pada diabetes tipe 1, sedangkan diabetes tipe 2 menunjukkan adanya sferosit dan echinosit.(Wang *et al, 2021*).

Eritrosit pada pasien diabetes mengalami berbagai perubahan akibat kondisi seperti hiperglikemia, hiperosmolaritas, stres oksidatif, inflamasi, dan gangguan metabolisme lipid. Perubahan ini menyebabkan peningkatan agregasi sel, penurunan deformabilitas, dan berkurangnya fluiditas membran, yang akhirnya mengganggu mikrosirkulasi dan berkontribusi pada komplikasi diabetes. (Wang *et al, 2021*).

Komenkes Poltekkes Bengkulu