

Konsep Dasar Metabolisme Tubuh, Metabolisme Karbohidrat, Protein, Lemak, Mineral Elektrolit, dan Vitamin

Eka Yolanda Putri¹, Evans Tiandra Tenoyo², Farras Fatikhatul Al Mumtazzah³, Frida Nur Wahidah⁴, Hadjar Binar Panggalih⁵, Jihan Aulia Roiska⁶, Liss Dyah Dewi Arini⁷
Program Studi Keperawatan Universitas Duta Bangsa Surakarta¹⁻⁷

*Email Korespodensi: almumtazzahfarras@gmail.com

Sejarah Artikel:

Diterima 22-10-2025
Disetujui 02-11-2025
Diterbitkan 04-11-2025

ABSTRACT

This review article discusses the principles and processes of carbohydrate, lipid, protein, and nucleic acid metabolism in organisms. The literature review presented in this article is sourced from scientific journals and accredited books that are relevant. The metabolic pathways of carbohydrates, lipids, proteins, and nucleic acids consist of three types of pathways, namely catabolic, anabolic, and amphibolic. These pathways generally occur in the mitochondria through the Krebs cycle. The catabolism of proteins, carbohydrates, and fats can produce derivatives such as amino acids, glucose, glycerol, and fatty acids, which can be converted into energy or energy reserves for cell growth and development processes. Conversely, anabolic processes can utilize macromolecule derivatives (amino acids, glucose, fructose, fatty acids) to form macromolecules (proteins, carbohydrates, and lipids). Carbohydrate metabolism specifically involves glycolysis, glycogenesis, and gluconeogenesis, while lipid metabolism occurs through the acetyl-CoA process.

Keywords: Anabolic, Nucleic Acid, Catabolic, Carbohydrates, Fats, Proteins.

ABSTRAK

Artikel tinjauan ini membahas prinsip dan proses metabolisme karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat dalam organisme. Tinjauan pustaka yang disajikan dalam artikel ini bersumber dari jurnal ilmiah dan buku terakreditasi yang relevan. Jalur metabolisme karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat terdiri dari tiga jenis jalur, yaitu katabolik, anabolik, dan amfibolik. Jalur-jalur ini umumnya terjadi di mitokondria melalui siklus Krebs. Katabolisme protein, karbohidrat, dan lemak dapat menghasilkan turunan seperti asam amino, glukosa, gliserol, dan asam lemak, yang dapat diubah menjadi energi atau cadangan energi untuk proses pertumbuhan dan perkembangan sel. Sebaliknya, proses anabolik dapat memanfaatkan turunan makromolekul (asam amino, glukosa, fruktosa, asam lemak) untuk membentuk makromolekul (protein, karbohidrat, dan lipid). Metabolisme karbohidrat secara spesifik melibatkan glikolisis, glikogenesis, dan glukoneogenesis, sedangkan metabolisme lipid terjadi melalui proses asetil-KoA.

Kata kunci: Anabolik, Asam Nukleat, Katabolik, Karbohidrat, Lemak, Protein.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Eka Yolanda Putri, Evans Tiandra Tenoyo, Farras Fatikhatul Al Mumtazzah, Frida Nur Wahidah, Hadjar Binar Panggalih, Jihan Aulia Roiska, & Liss Dyah Dewi Arini. (2025). Konsep Dasar Metabolisme Tubuh, Metabolisme Karbohidrat, Protein, Lemak, Mineral Elektrolit, dan Vitamin. Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 1(6), 4388-4397. <https://doi.org/10.63822/250mey02>

PENDAHULUAN

Metabolisme merupakan definisi yang menggambarkan perubahan makro molekul terutama pada senyawa organik akibat interkonversi kimiawi secara biologis. Proses metabolisme tersebut ini sangat dibantu oleh enzim yang bekerja secara spesifik. Dampak metabolisme secara biokimia ialah terjadinya pembentukan maupun penguraian makro molekul organik seperti protein, lemak, karbohidrat hingga asam nukleat. Lintasan metabolik makro organik terdiri atas tiga lintasan yakni lintasan katabolik, anabolik dan amfibolik. Lintasan an-anabolik merujuk pada proses metabolisme yang dapat membentuk makro molekul secara endotermik. Contoh dari metabolisme secara an-anabolik adalah pembentukan protein hasil sintesis derivat asam amino. Sedangkan Lintasan katabolik merupakan proses lintasan metabolisme yang menguraikan makro molekul menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Proses metabolisme katabolik umumnya terjadi dalam kondisi eksotermik, contoh proses metabolisme secara katabolik ialah pemecahan molekul glukosa menjadi piruvat melalui respirasi seluler, perubahan makro molekul (polisakarida, lipid, protein) menjadi derivat monosakarida, asam lemak, nukleotida hingga asam amino. Lintasan amfibolik merupakan lintasan yang menghubungkan antara proses metabolisme an-anabolik dan katabolik. Lintasan metabolisme tersebut ini digambarkan dengan jelas melalui siklus asam sitrat. Siklus asam sitrat atau yang lebih dikenal dengan siklus Krebs merupakan proses metabolisme yang terjadi dalam mitokondria (organel sel) yang dapat mengoksidasi gugus asetil KoA menjadi karbon dioksida (CO_2)

Sumber pangan merupakan unsur dominan penghasil energi dalam tubuh manusia yang tersimpan dalam bentuk protein, karbohidrat, hingga lemak/trigliserida. Ketiga kelompok makromolekul tersebut diproses dalam Reaksi pemecahan atau perombakan protein menjadi asam amino melalui pemisahan gugus amino dari kerangka karbon melalui reaksi transaminasi. Kerangka karbon yang dihasilkan pencernaan untuk memulai proses metabolisme dan menghasilkan energi. Karbohidrat merupakan sumber energi yang paling umum digunakan dalam proses metabolisme dalam tubuh. Katabolisme karbohidrat dapat dipecah menjadi molekul-molekul sederhana seperti monosakarida (glukosa dan fruktosa) dapat terjadi melalui proses pemecahan secara enzimatik yang melibatkan enzim amilase. Senyawa glukosa yang diperoleh melalui katabolisme karbohidrat tersebut menjadi sumber energi untuk pembentukan Adenosina Trifosfat (ATP) dalam sel. Sedangkan kelebihan glukosa akibat proses katabolisme disimpan sebagai cadangan energi di hati dan otot rangka dalam bentuk glikogen maupun polimer kompleks yang kemudian diubah menjadi lemak (trigliserida) di sel adiposa (adiposit). Demikian pula pada katabolisme protein dan lemak, katabolisme protein umumnya terjadi didalam hati maupun pada organ lainnya seperti ginjal, usus kecil, otot hingga pada jaringan adiposa dari asam amino deaminasi dan digunakan untuk membentuk glukosa atau lemak, hingga dapat diubah menjadi “zat antara” yang dapat dioksidasi dalam siklus asam sitrat. Pemecahan lemak dalam adiposit membutuhkan aksi katalitik dari tiga enzim, yakni triasilgliserol lipase, digliserida lipase dan monogliserida lipase. Proses perombakan tersebut dimulai dari pemecahan asam lemak dan gliserol menjadi asetil KoA dan memasuki siklus Krebs untuk diubah menjadi fosfogliseraldehid. Pengetahuan terkait prinsip dan proses metabolisme sangat penting karena memberikan gambaran tentang sistem adaptasi biologis dalam tubuh, misalnya sistem metabolisme yang normal akan mencakup pertumbuhan dan perkembangan tubuh yang baik dan sehat. Sebaliknya, apabila terjadi kelainan metabolisme akan berdampak pada rasio pertumbuhan yang lambat seperti defisiensi gizi, defisiensi enzim hingga pada sekresi abnormal hormon. Oleh sebab itu, studi literatur ini membahas tentang prinsip dasar dan

proses metabolisme karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat sebagai konstituen mayor dalam tubuh organisme

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari jurnal ilmiah, buku ataupun kajian lainnya yang relevan. Sumber perolehan data sekunder tersebut ialah dari jurnal dan buku terakreditasi

Metode Penyajian data dan pembahasan dilakukan secara deskriptif dengan cara menguraikan prinsip dan proses metabolisme karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat berdasarkan hasil studi pustaka.

HASIL PEMBAHASAN

Metabolisme karbohidrat

Karbohidrat merupakan salah satu sumber energi untuk aktivitas sel secara biologis melalui proses glikolisis. Proses glikolisis dimulai dari perubahan molekul glukosa menjadi molekul piruvat. Selain itu, glukosa juga dapat disintesis dari prekursor nonkarbohidrat melalui reaksi yang disebut glukoneogenesis. Selanjutnya melalui jalur pentosa fosfat memungkinkan sel untuk mengubah glukosa-6-fosfat, turunan glukosa, menjadi ribosa-5-fosfat (gula yang digunakan untuk mensintesis nukleotida dan asam nukleat) dan jenis monosakarida lainnya. Adapun gambaran jalur utama proses metabolisme karbohidrat. Secara umum metabolisme karbohidrat berfokus pada penggunaan glukosa sebagai bahan bakar utama dalam aktivitas sel pada organisme. Pada vertebrata, glukosa diangkut ke seluruh tubuh dalam darah. Sedangkan sebagian molekul glukosa yang tidak diperlukan untuk produksi energi segera disimpan sebagai glikogen di hati dan otot. Kebutuhan energi saat aktivitas jaringan misalnya otak, sel darah merah, dan sel otot rangka yang berolahraga sangat bergantung terhadap ketersediaan aliran glukosa. Saat cadangan glukosa tersedia dalam jumlah yang melimpah akan memberikan dampak terhadap stabilitas aktivitas sel organisme, sebaliknya saat cadangan glukosa menurun menyebabkan kehabisan energi untuk digunakan dalam aktivitas sel organisme. Disisi lain glukosa juga dapat digunakan untuk mensintesis asam lemak dan asam amino tertentu. Jalur metabolisme) menunjukkan bahwa tahap awal dimulai dari molekul glukosa yang dikonversi melalui proses glikogenesis. Ketika glukosa dibutuhkan sebagai sumber energi atau sebagai molekul prekursor dalam proses biosintesis, molekul glikogen akan didegradasi melalui glikogenolisis menjadi glukosa. Selanjutnya glukosa dapat diubah menjadi ribosa-5-fosfat (komponen nukleotida) dan NADPH (zat pereduksi kuat) melalui jalur pentosa fosfat. Perubahan asam piruvat dapat terjadi melalui dua tahap yakni dalam kondisi an-aerob dan aerob. Pada kondisi an-aerob asam piruvat akan dirubah menjadi asam laktat dan sebaliknya ketika dalam kondisi aerob asam piruvat lebih lanjut didegradasi dan membentuk asetil-KoA. Asetil-KoA atau biasa disebut Koenzim-A Asetil, KoA-asetil (Acetyl- CoA) merupakan molekul penting yang menyediakan sejumlah atom karbon pada gugus asetil yang dipergunakan dalam siklus asam sitrat untuk dioksidasi guna memperoleh energi dalam bentuk ATP. Selain proses oksidasi yang terjadi pada siklus asam sitrat juga terjadi proses transfor elektron. Transfor elektron tersebut mengalir melintasi rantai elektron hingga terjadi reaksi eksergonik yang dapat digunakan untuk mendorong sintesis ATP. Perhatikan, bahwa metabolisme karbohidrat juga berkaitan erat dengan metabolisme nutrisi lain.

Misalnya, asetil-KoA juga dihasilkan dari pemecahan asam lemak dan asam amino tertentu. Ketika asetil-KoA hadir secara berlebihan, maka terdapat jalur yang berbeda yang dapat mengubahnya menjadi asam lemak

Metabolisme protein

Metabolisme protein adalah proses penting dalam tubuh manusia yang mencakup pemecahan, penggunaan, dan ekskresi protein untuk mendukung fungsi seluler dan fisiologis. Dalam konteks keperawatan, pemahaman terhadap proses ini sangat penting untuk menangani pasien dengan gangguan nutrisi, penyakit hati, ginjal, atau metabolik.

Metabolisme protein dimulai sejak protein dikonsumsi melalui makanan dan berakhir pada ekskresi produk limbah nitrogen. Proses ini terdiri dari beberapa tahap utama:

1. Pencernaan dan Absorpsi

- Protein dari makanan dipecah oleh enzim protease seperti pepsin (di lambung) dan trypsin (di usus halus) menjadi peptida dan asam amino.
- Asam amino diserap melalui dinding usus dan masuk ke dalam aliran darah untuk digunakan oleh sel-sel tubuh.

2. Transaminasi dan Deaminasi

- **Transaminasi** adalah proses pemindahan gugus amino dari satu asam amino ke asam keto, membentuk asam amino baru.
- **Deaminasi** adalah penghilangan gugus amino, menghasilkan amonia (NH_3) yang kemudian dikonversi menjadi urea di hati dan diekskresikan melalui ginjal.

3. Sintesis Protein

- Asam amino digunakan untuk membentuk protein tubuh seperti enzim, hormon, dan struktur sel.
- Sintesis ini terjadi di ribosom dan dikendalikan oleh kode genetik dalam DNA.

4. Katabolisme dan Produksi Energi

- Jika asam amino tidak digunakan untuk sintesis, mereka dapat dikatabolisme untuk menghasilkan energi, terutama saat tubuh kekurangan glukosa atau lemak.
- Proses ini menghasilkan produk sampingan seperti urea, karbon dioksida, dan air.

5. Peran dalam Kesehatan dan Keperawatan

- Protein sangat penting dalam penyembuhan luka, regenerasi jaringan, dan respons imun.
- Perawat perlu memantau status protein pasien, terutama pada pasien dengan luka bakar, malnutrisi, penyakit hati, atau gagal ginjal.
- Pemeriksaan kadar albumin dan nitrogen urin dapat membantu menilai status metabolisme protein pasien.

Gangguan Metabolisme Protein

- **Fenilketonuria (PKU):** Kelainan genetik yang menyebabkan ketidakmampuan memetabolisme fenilalanin.
- **Hiperammonemia:** Kadar amonia tinggi akibat gangguan deaminasi atau fungsi hati.
- **Kwashiorkor dan Marasmus:** Bentuk malnutrisi berat akibat defisiensi protein.

Metabolisme lemak

Metabolisme lemak adalah proses biokimia yang mengubah lipid menjadi energi dan komponen struktural tubuh. Lemak merupakan sumber energi yang sangat efisien, menghasilkan lebih banyak ATP

dibandingkan karbohidrat dan protein. Dalam praktik keperawatan, pemahaman terhadap metabolisme lemak penting untuk menangani pasien dengan gangguan metabolik, penyakit kardiovaskular, diabetes, dan malnutrisi.

1. Proses Pencernaan dan Absorpsi Lemak

- Lemak makanan (trigliserida) dicerna oleh enzim lipase pankreas di usus halus.
- Hasil pencernaan berupa asam lemak bebas dan monogliserida diserap oleh sel epitel usus dan direformasi menjadi trigliserida.
- Trigliserida dikemas dalam bentuk kilomikron dan masuk ke sistem limfatik sebelum beredar dalam darah.

2. Lipolisis dan Mobilisasi Lemak

- Lipolisis adalah proses pemecahan trigliserida dalam jaringan adiposa menjadi asam lemak dan gliserol.
- Proses ini dipicu oleh hormon seperti epinefrin dan glukagon saat tubuh membutuhkan energi.
- Asam lemak bebas kemudian diangkut ke hati dan otot untuk digunakan sebagai bahan bakar.

3. Beta-Oksidasi

- Asam lemak dipecah dalam mitokondria melalui proses beta-oksidasi menjadi asetil-CoA.
- Asetil-CoA masuk ke siklus Krebs dan menghasilkan ATP melalui fosforilasi oksidatif.
- Proses ini sangat efisien dan menghasilkan energi tinggi, tetapi membutuhkan oksigen.

4. Sintesis Lemak (Lipogenesis)

- Ketika energi berlebih, tubuh menyimpan kelebihan glukosa dan asam amino sebagai lemak.
- Proses ini terjadi di hati dan jaringan adiposa, membentuk trigliserida dari asetil-CoA.

5. Ketogenesis

- Dalam kondisi puasa atau diabetes, asetil-CoA berlebih diubah menjadi badan keton (asetoasetat, beta-hidroksibutirat, dan aseton).
- Badan keton digunakan sebagai sumber energi alternatif oleh otak dan otot.

6. Implikasi Keperawatan

Perawat perlu memahami metabolisme lemak untuk

- Menilai status nutrisi dan lemak tubuh pasien
- Memberikan edukasi diet rendah lemak jenuh dan trans
- Mengelola pasien dengan gangguan metabolik seperti hiperlipidemia atau ketoasidosis
- Memantau kadar lipid darah dan tanda-tanda gangguan metabolisme

Metabolisme mineral

Mineral adalah elemen anorganik yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil namun memiliki peran vital dalam berbagai proses biokimia dan fisiologis. Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan, mineral dibagi menjadi dua kelompok:

- **Makromineral:** kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), dan klorida (Cl).
- **Mikromineral atau trace elements:** besi (Fe), zinc (Zn), iodium (I), selenium (Se), dan tembaga (Cu).

1. Absorpsi dan Transportasi

- Mineral diserap di saluran cerna, terutama di usus halus, melalui mekanisme aktif dan pasif.
- Faktor yang memengaruhi absorpsi meliputi pH lambung, keberadaan vitamin (misalnya vitamin D untuk kalsium), dan interaksi antar mineral.
- Setelah diserap, mineral diangkut melalui darah ke jaringan target dan disimpan atau digunakan sesuai kebutuhan tubuh.

2. Fungsi Biologis

- **Kalsium dan fosfor:** membentuk struktur tulang dan gigi, serta berperan dalam kontraksi otot dan transmisi saraf.
- **Natrium dan kalium:** menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit, serta mendukung impuls listrik di sel saraf dan otot.
- **Magnesium:** kofaktor enzim, membantu metabolisme energi dan sintesis protein.
- **Zinc dan tembaga:** terlibat dalam sistem imun, penyembuhan luka, dan aktivitas enzimatik.
- **Iodium:** komponen penting hormon tiroid yang mengatur metabolisme tubuh.

3. Ekskresi dan Regulasi

- Ekskresi mineral terjadi melalui urin, feses, dan keringat.
- Ginjal berperan penting dalam mengatur kadar mineral dalam darah, terutama natrium, kalium dan kalsium.
- Ketidakseimbangan metabolisme mineral dapat menyebabkan gangguan seperti hipokalemia, hiperkalsemia, anemia defisiensi besi, dan gondok akibat kekurangan iodium.

4. Implikasi dalam Keperawatan

- Perawat perlu memahami tanda-tanda klinis gangguan mineral seperti kelemahan otot, aritmia, kejang, atau gangguan pertumbuhan.
- Penatalaksanaan meliputi pemantauan elektrolit serum, pemberian suplemen atau diet khusus, serta edukasi pasien tentang pentingnya asupan mineral.
- Intervensi keperawatan harus mempertimbangkan kondisi klinis pasien seperti gagal ginjal, gangguan tiroid, atau malnutrisi.

Metabolisme Elektrolit

Metabolisme elektrolit adalah proses pengaturan kadar mineral bermuatan listrik dalam tubuh, seperti natrium, kalium, kalsium, dan klorida, yang sangat penting untuk fungsi seluler, keseimbangan cairan, dan aktivitas saraf dan otot. Dalam keperawatan, pemahaman tentang metabolisme elektrolit sangat penting untuk menangani pasien dengan gangguan cairan, penyakit ginjal, dan kondisi kritis.

Elektrolit adalah mineral yang larut dalam cairan tubuh dan membawa muatan listrik. Mereka berperan dalam berbagai fungsi vital, termasuk pengaturan tekanan osmotik, keseimbangan asam-basa, dan transmisi impuls saraf. Proses metabolisme elektrolit melibatkan asupan, distribusi, penggunaan, dan ekskresi melalui ginjal dan keringat.

1. Jenis Elektrolit Utama dan Fungsinya

- **Natrium (Na^+):** Mengatur volume cairan ekstraseluler dan tekanan darah. Berperan dalam transmisi impuls saraf dan kontraksi otot.
- **Kalium (K^+):** Penting untuk fungsi otot dan jantung, serta menjaga keseimbangan cairan intraseluler.
- **Kalsium (Ca^{2+}):** Terlibat dalam kontraksi otot, pembekuan darah, dan aktivitas enzimatik.

- **Klorida (Cl⁻):** Menjaga keseimbangan osmotik dan berperan dalam produksi asam lambung.
 - **Magnesium (Mg²⁺):** Kofaktor dalam lebih dari 300 reaksi enzimatik, termasuk metabolisme energi dan sintesis protein
2.  Regulasi dan Ekskresi
- Ginjal adalah organ utama dalam pengaturan elektrolit melalui proses filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi.
 - Hormon seperti aldosteron dan antidiuretik (ADH) mengatur reabsorpsi natrium dan air.
 - Ketidakseimbangan elektrolit dapat terjadi akibat muntah, diare, gagal ginjal, atau penggunaan obat diuretik.
3. Gangguan Metabolisme Elektrolit
- **Hiponatremia:** Kadar natrium rendah, menyebabkan lemas, kejang, atau koma.
 - **Hiperkalemia:** Kadar kalium tinggi, berisiko menyebabkan aritmia jantung.
 - **Hipokalsemia:** Kadar kalsium rendah, menimbulkan kejang otot dan gangguan neurologis.
 - **Hipomagneemia:** Dapat menyebabkan tremor, aritmia, dan gangguan neuromuskular.
4. Implikasi dalam Keperawatan
- Perawat harus mampu mengenali tanda-tanda klinis gangguan elektrolit seperti perubahan kesadaran, aritmia, atau kelemahan otot.
 - Intervensi meliputi pemantauan elektrolit serum, pemberian cairan intravena, edukasi diet, dan kolaborasi dengan tim medis untuk penatalaksanaan farmakologis.
 - Penilaian status hidrasi dan elektrolit sangat penting dalam perawatan pasien kritis, lansia, dan anak-anak.

Metabolisme vitamin

Vitamin adalah senyawa organik esensial yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil untuk mendukung berbagai fungsi biokimia dan fisiologis. Tidak seperti makronutrien, vitamin tidak menghasilkan energi, tetapi berperan sebagai koenzim dan kofaktor dalam reaksi metabolik. Dalam praktik keperawatan, pemahaman tentang metabolisme vitamin sangat penting untuk mencegah dan menangani defisiensi, toksisitas, serta mendukung proses penyembuhan dan pemeliharaan kesehatan.

1. Klasifikasi Vitamin

- **Vitamin larut air:** Vitamin B kompleks (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12) dan vitamin C.
 - Diserap langsung ke dalam darah dan tidak disimpan dalam jumlah besar.
 - Kelebihan diekskresikan melalui urin.
- **Vitamin larut lemak:** Vitamin A, D, E, dan K.
 - Diserap bersama lemak makanan dan disimpan dalam jaringan adiposa dan hati.
 - Berisiko toksisitas jika dikonsumsi berlebihan.

2. Proses Metabolisme

- **Absorpsi:** Vitamin larut air diserap di usus halus melalui difusi atau transport aktif. Vitamin larut lemak membutuhkan keberadaan lemak dan empedu untuk diserap.
- **Transportasi:** Setelah diserap, vitamin larut air beredar bebas dalam plasma, sedangkan vitamin larut lemak diangkut dalam kilomikron dan lipoprotein.
- **Fungsi Biokimia:**
 - Vitamin B kompleks berperan sebagai koenzim dalam metabolisme energi (karbohidrat, protein, lemak).

- Vitamin C berfungsi dalam sintesis kolagen dan sebagai antioksidan.
- Vitamin A penting untuk penglihatan dan diferensiasi sel.
- Vitamin D mengatur metabolisme kalsium dan fosfor.
- Vitamin E melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif.
- Vitamin K berperan dalam pembekuan darah.

3. Gangguan Metabolisme Vitamin

- **Defisiensi:**

- Kekurangan vitamin B12 dapat menyebabkan anemia megaloblastik dan gangguan neurologis.
- Kekurangan vitamin D menyebabkan osteomalasia atau rakhitis.
- Kekurangan vitamin C menyebabkan skorbut.

- **Toksisitas:**

- Hipervitaminosis A dapat menyebabkan gangguan hati dan tulang.
- Kelebihan vitamin D dapat menyebabkan hiperkalsemia.

4. Implikasi dalam Keperawatan

- Perawat perlu mengenali tanda-tanda defisiensi dan toksisitas vitamin melalui pemeriksaan fisik dan laboratorium.
- Edukasi pasien tentang pola makan seimbang dan penggunaan suplemen yang aman sangat penting.
- Intervensi keperawatan meliputi pemantauan status nutrisi, pemberian terapi vitamin sesuai indikasi, dan kolaborasi dengan ahli gizi

KESIMPULAN

Lintasan metabolisme umumnya terjadi pada mitokondria melalui siklus Krebs. Katabolisme protein, karbohidrat dan lemak dapat menjadi derivat asam amino, glukosa, gliserol dan asam lemak yang mampu dikonversi menjadi energi maupun cadangan energi untuk proses pertumbuhan dan perkembangan sel. Demikian sebaliknya proses anabolisme dapat memanfaatkan derivat makro molekul (asam amino, glukosa, fruktosa, asam lemak) menjadi makro molekul (protein, karbohidrat dan lipid). Proses metabolisme karbohidrat secara khusus melalui glikolisis, glikogenesis dan glukoneogenesis. Sedangkan metabolisme lemak melalui proses asetil-KoA terkarboksilase dan menghasilkan malonil-KoA hingga berlanjut pada proses pembentukan asam lemak melalui proses enzimatis (elongase dan desaturase). Demikian pula pada metabolisme protein yang diawali dengan pemecahan makro molekul dalam bentuk peptida menjadi monomer terkecil (asam amino) secara enzimatis (melibatkan enzim protease) dan menjadi salah satu sumber energi dalam pembentukan ATP untuk perkembangan sel. Sebaliknya anabolisme protein tersebut didasari oleh proses transmisi dan aminasi. Metabolisme asam nukleat melibatkan proses sintesis purin dan pirimidin sebagai nukleotida secara de novo. Proses metabolisme asam nukleat melalui proses enzimatik (housekeeping) yang sangat bertanggungjawab terhadap fungsi katabolisme dan anabolisme

REFERENSI

- Diana, F. M. (2009). Fungsi dan metabolisme protein dalam tubuh manusia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 4(1), 47-52.
- Firani, N. K. (2017). *Metabolisme karbohidrat: tinjauan biokimia dan patologis*. Universitas Brawijaya Press.
- J. A., Milner, A. J., Luk, A. W., Pulpitel, T. J., Dodgson, T., Facey, H. J., ... & Simpson, S. J. (2021). Impact of dietary carbohydrate type and protein– carbohydrate interaction on metabolic health. *Nature Metabolism*, 3(6), 810-828
- Safitri, A., Marfuah, F. A. R., Wahyuningsih, R. A., Wulandari, S. A., Khairatunisa, S. O., Anggraini, S. N., & Arini, L. D. D. (2025). Konsep Dasar Metabolisme Tubuh, Metabolisme Karbohidrat, Protein, Lemak, Mineral, Elektrolit dan Vitamin. *Journal of Literature Review*, 1(2), 683-687.
- Suprayitno, E., & Sulistiyati, T. D. (2017). *Metabolisme protein*. Universitas Brawijaya Press.