

DIKTAT

Universitas
Esa Unggul

METABOLISME GIZI IBU HAMIL

SUB TEMA:

**PERUBAHAN FISIOLOGI DAN
METABOLISME KEHAMILAN**

Disusun Oleh:

Dr. Erry Yudhya Mulyani, S.Gz, M.Sc

KATA PENGANTAR

Dengan Rahmat Allah SWT Diktat Metabolisme Gizi Ibu Hamil dengan Subtema: Perubahan Fisiologi dan Metabolisme Kehamilan dapat terselesaikan. Materi diktat ini terdiri dari beberapa sub bab yaitu; pendahuluan, perubahan fisiologi dimasa kehamilan, metabolisme gizi ibu hamil, metabolisme vitamin larut lemak dan air, metabolisme mineral, metabolisme dan pertumbuhan.

Adapun Diktat ini dipergunakan untuk membantu mahasiswa/I dalam memahami materi perkuliahan metabolisme kehamilan. Dengan harapan diktat ini dapat menjadi acuan dasar dalam perkuliahan dan mahasiswa/I dapat memperkaya dengan mendapatkan materi dari berbagai sumber.

Saya mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak Program Studi Ilmu Gizi, Universitas Esa Unggul. Semoga Diktat ini dapat bermanfaat kedepan.

Terima kasih

Penulis

DAFTAR ISI

Bab I. Pendahuluan	Hal 1
Bab II. Perubahan Fisiologi Kehamilan	4
Bab III. Metabolisme Gizi Ibu Hamil	17
Bab IV. Metabolisme Vitamin Larut Lemak dimasa Kehamilan	27
Bab V. Metabolisme Vitamin Larut Air dimasa Kehamilan	35
Bab VI. Metabolisme Mineral dimasa Kehamilan	44
Bab VII. Metabolisme dan Pertumbuhan	53
Daftar Pustaka	65

BAB I

PENDAHULUAN

Kehamilan merupakan periode fisiologis spesifik yang mana selama periode ini, kebutuhan zat gizi meningkat. Ketika kebutuhan zat gizi secara umum dapat dipenuhi melalui diet yang cukup, resiko kekurangan asupan zat gizi mikro pada kehamilan merupakan hal yang dapat diatasi seperti dengan makanan tambahan (suplemen ibu hamil). Diawal kehamilan yaitu usia 6-8 minggu, sebagian besar ibu hamil 50-70% mengalami mual dan muntah. Apabila keadaan ini berlanjut dapat mengakibatkan Hyperemesis Gravidarum (HG), yang mana tubuh kehilangan banyak cairan, penurunan berat badan lebih dari 5%, ketonuria, kelainan elektrolit, dehidrasi dan berat jenis urin (tinggi).

Selama kehamilan, factor gizi dan perilaku ibu merupakan hal yang terpenting dalam perkembangan otak janin. Dalam periode kehamilan ibu memerlukan adaptasi fisiologi dan metabolisme tubuh dimana akan berdampak pada struktur program janin. Pola makan ibu berpengaruh terhadap output kehamilan. Volume plasma meningkat secara progresif selama kehamilan normal. Sebagian besar peningkatan 50% ini terjadi pada kehamilan minggu dan hal ini sebanding dengan berat bayi lahir. Karena ekspansi dalam volume plasma lebih besar dari pada peningkatan massa sel darah merah, ada penurunan konsentrasi haemoglobin, hematokrit dan jumlah sel darah merah. Perubahan yang terjadi selama periode kehamilan menyebabkan adanya penyesuaian kebutuhan air selama kehamilan. Air merupakan zat gizi esensial yang dibutuhkan tubuh untuk membantu metabolisme, hidrasi dan kesehatan, khususnya dalam mekanisme keseimbangan cairan tubuh. Keseimbangan tubuh adalah sebuah system dimana variabel diatur sehingga kondisi internal tetap stabil dan relative konstan.

Kehamilan adalah kondisi metabolisme yang kompleks termasuk perubahan signifikan dalam humoral lingkungan, serta perubahan dalam adipokin dan sitokin inflamasi. Kehamilan dikaitkan dengan peningkatan kadar estrogen yang signifikan, progesteron, prolaktin, kortisol, hormon pertumbuhan dan indeks stres oksidatif TNF- α , janin, dan leptin. Diabetes gestasional mellitus didefinisikan sebagai intoleransi glukosa, yaitu pertama kali dikenali selama kehamilan. Kondisi adalah kelainan metabolisme dan endokrin dan terjadi ketika fungsi pankreas pada ibu hamil tidak

cukup untuk mengatasi kondisi diabetes kehamilan dianggap sebagai pra-diabetes, dan oleh memainkan peran kunci dalam meningkatkan kejadian diabetes melitus puasa, itu adalah salah satu predictor diabetes tipe 2 di masa depan (pada ibu dan anak-anak dari kehamilan ini).

Kehamilan cenderung menjadi hal yang kritis periode untuk intervensi dan tindakan yang sesuai ditujukan untuk mengurangi kejadian diabetes tipe 2. Prevalensi diabetes mellitus gestasional meningkat pesat di banyak negara maju dan berkembang. Prevalensi diabetes gestasional mellitus 1-14% selama kehamilan, yang tergantung pada wilayah dan sifat populasi, metode pengumpulan data yang berbeda, pilihan ibu dan diagnostik yang tidak disengaja kriteria yang digunakan.

Perubahan fisiologis terjadi selama kehamilan untuk merawat janin yang sedang berkembang dan mempersiapkan ibu untuk persalinan dan persalinan. Beberapa dari perubahan ini mempengaruhi nilai biokimia normal sementara yang lain mungkin meniru gejala penyakit medis. Penting untuk membedakan antara perubahan fisiologis normal dan patologi penyakit. Ulasan ini menyoroti perubahan penting yang terjadi selama kehamilan normal.

Janin paling rentan terhadap nutrisi yang buruk selama trimester pertama, karena ini adalah periode sel cepat diferensiasi dan pengembangan sistem embrio dan organ. Faktanya, periode risiko terbesar untuk sebagian besar cacat lahir terjadi dalam beberapa minggu pertama setelah pembuahan ketika seorang ibu mungkin tidak sadar bahwa dia hamil. Misalnya, telah ditemukan asupan yang berlebihan vitamin A atau asupan rendah folat dapat bersifat teratogenik di periode kritis ini selama minggu-minggu awal kehamilan ketika proses embrio pertama terjadi, menghasilkan bermacam-macam cacat lahir. Ini telah menghasilkan rekomendasi diet untuk kehamilan yang membatasi sumber terkonsentrasi vitamin A dan menekankan pentingnya perikonsepsi suplementasi asam folat, yang telah ditunjukkan untuk melindungi dari cacat tabung saraf.

Volume plasma meningkat secara progresif selama kehamilan normal. Sebagian besar peningkatan 50% ini terjadi pada usia kehamilan 34 minggu dan sebanding dengan berat lahir bayi. Karena peningkatan volume plasma lebih besar daripada peningkatan massa sel darah merah, maka terjadi penurunan konsentrasi hemoglobin, hematokrit dan jumlah sel darah merah. Meskipun hemodilusi ini, biasanya tidak ada perubahan dalam volume korpuskular rata-rata (MCV) atau konsentrasi hemoglobin korpuskular rata-rata (MCHC).

Jumlah trombosit cenderung menurun secara progresif selama kehamilan normal, meskipun biasanya tetap dalam batas normal. Pada proporsi wanita (5–10%), hitungan akan mencapai tingkat $100\text{--}150 \times 10^9 \text{ sel/l}$ berdasarkan waktu dan ini terjadi jika tidak ada proses patologis. Oleh karena itu, dalam praktiknya, seorang wanita tidak dianggap trombositopenik dalam kehamilan sampai jumlah trombositnya kurang dari $100 \times 10^9 \text{ sel/l}$.

Kehamilan menyebabkan peningkatan dua sampai tiga kali lipat dalam kebutuhan zat besi, tidak hanya untuk sintesis hemoglobin tetapi juga untuk janin dan produksi enzim tertentu. Ada peningkatan 10 hingga 20 kali lipat dalam kebutuhan folat dan peningkatan dua kali lipat dalam kebutuhan vitamin B12.

Perubahan sistem koagulasi selama kehamilan menghasilkan keadaan fisiologis hiperkoagulasi (dalam persiapan untuk hemostasis setelah persalinan).³ Konsentrasi faktor pembekuan tertentu, terutama VIII, IX dan X, meningkat. Kadar fibrinogen meningkat secara signifikan hingga 50% dan aktivitas fibrinolitik menurun. Konsentrasi antikoagulan endogen seperti antitrombin dan protein S. Dengan demikian, kehamilan mengubah keseimbangan dalam sistem koagulasi untuk pembekuan, yang menyebabkan wanita hamil dan pascapartum mengalami trombosis vena. Peningkatan risiko ini terjadi sejak trimester pertama dan setidaknya 12 minggu setelah melahirkan. Tes koagulasi in vitro [teraktivasi waktu tromboplastin parsial (APTT), waktu protrombin (PT) dan waktu trombin (TT)] tetap normal tanpa adanya antikoagulan atau koagulopati.

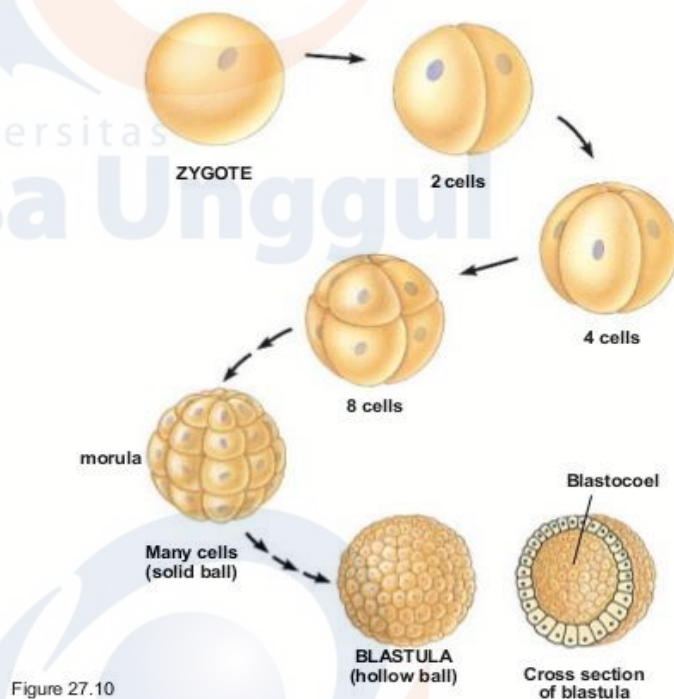
BAB II

PERUBAHAN FISILOGI KEHAMILAN

Selama kehamilan, perubahan anatomi dan fisiologis terjadi untuk memenuhi kebutuhan metabolik yang meningkat, untuk memungkinkan perkembangan janin yang sesuai dan untuk mempersiapkan tubuh untuk persalinan. Perubahan mulai terjadi pada awal trimester pertama, memuncak pada jangka waktu atau persalinan dan kembali ke tingkat sebelum kehamilan dalam beberapa minggu setelah melahirkan. Perubahan ini dapat ditoleransi dengan baik pada wanita sehat tetapi dapat memperburuk atau mengungkap penyakit yang sudah ada sebelumnya atau patofisiologi terkait kehamilan

Kehamilan adalah tumbuhnya janin sebagai hasil konsepsi atau pembuahan antara sperma laki-laki dan ovum dan hasil konsepsi disebut janin. Pada proses pertumbuhannya janin selalu disertai tumbuhnya plasenta. Plasenta nantinya akan menghasilkan hormon-hormon: ESTROGEN, PROGESTERON dan SOMATROPIN. Periode perkembangan kehamilan terdiri dari 3 tahap yaitu : perkembangan zigot, perkembangan embrio, perkembangan fetus.

- Cell Cleavage



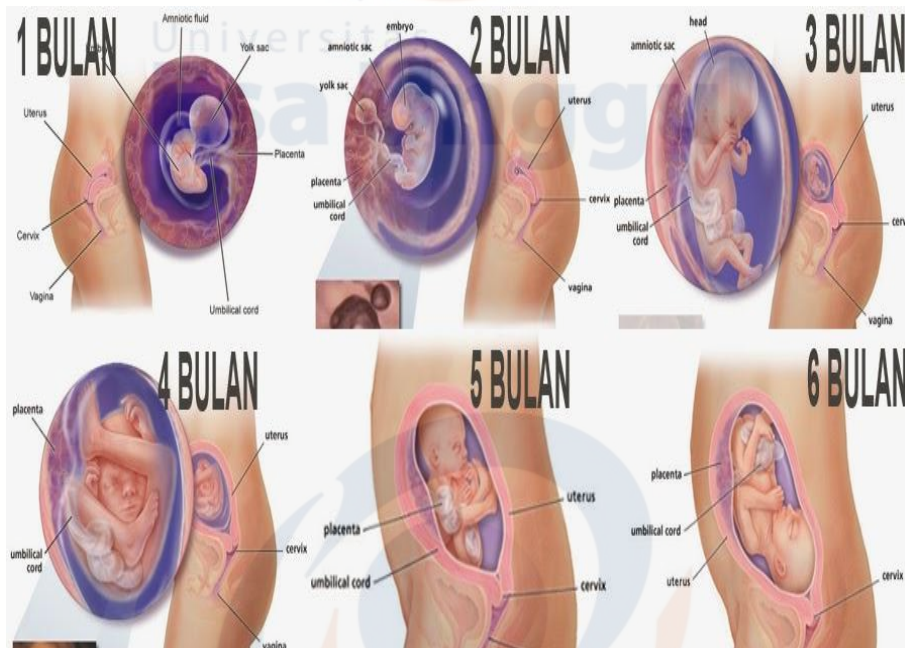
Gambar 1. Perkembangan Zigot

3 fase zigot :

1. Fase morula
2. Fase blastula
3. Fase gastrula



Gambar 2. Perkembangan Embrio



Gambar 3. Perkembangan Fetus (Janin)

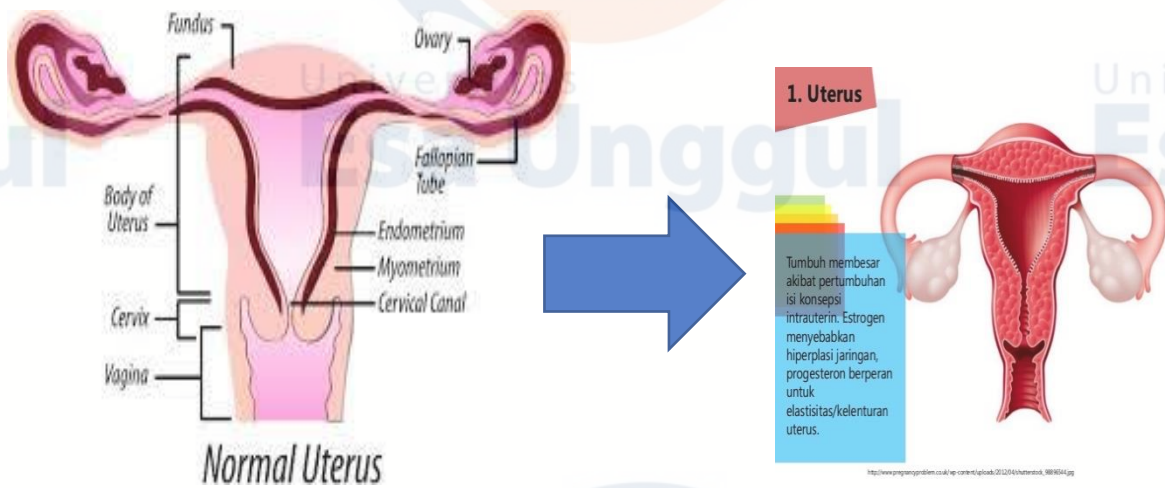
Perubahan kehamilan tercermin dalam kenaikan berat badan yang terdiri dari ketersediaan massa lemak pada ibu dan janin, dan massa bebas lemak, serta plasenta dan air ketuban (Widden dan Gallagher 2014). Dengan demikian, penting pemenuhan asupan air dalam mendukung sirkulasi janin, produksi cairan amnion, volume darah yang meningkat, dan untuk menjalankan fungsi fisiologis secara efektif (Santoso *et al.* 2011; Lindseth *et al.* 2013).

Perubahan Fisiologis

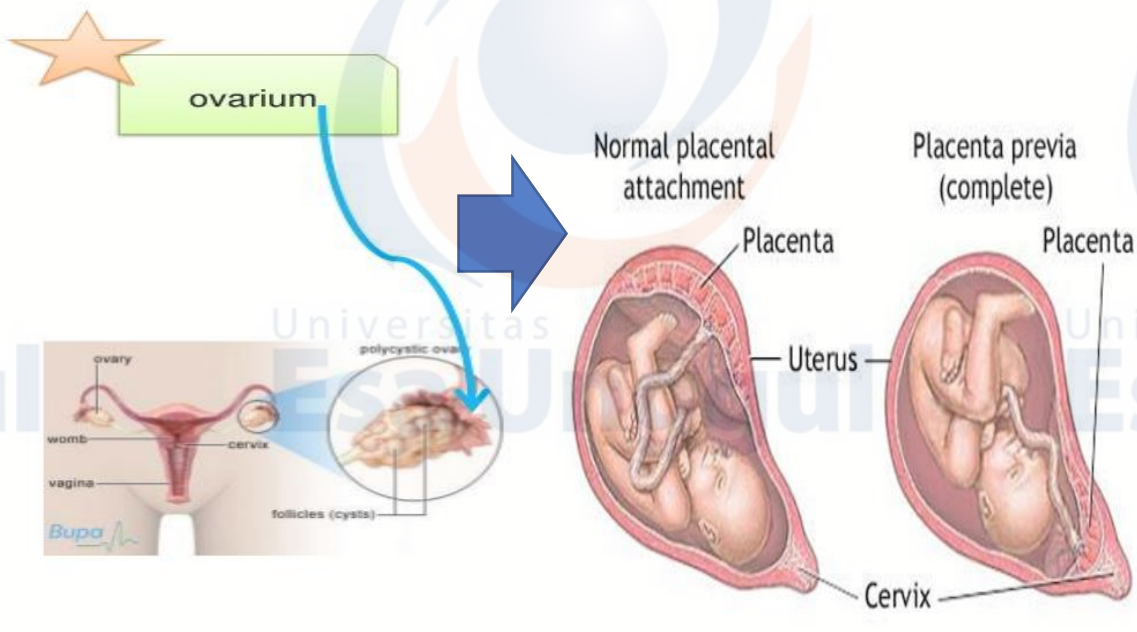
Pada trimester 1 terdapat tanda *Chadwick*, yaitu perubahan warna pada vulva, vagina dan serviks menjadi lebih merah agak kebiruan/keunguan. pH vulva dan vagina mengalami peningkatan dari 4 menjadi 6,5 hal ini membuat wanita hamil lebih rentan terhadap infeksi vagina. Tanda *Goodell* dimana perubahan konsistensi serviks menjadi lebih lunak dan kenyal. Pada kehamilan 8 minggu uterus membesar sebesar telur bebek dan pada kehamilan 12 minggu sebesar telur angsa. Pada minggu-minggu pertama, terjadi hipertrofi pada isthmus uteri membuat isthmus menjadi panjang dan lebih lunak yang disebut tanda Hegar.

Pada trimester satu kehamilan, uterus mengalami kontraksi yang tidak teratur dan umumnya tidak nyeri. Mammae akan membesar dan tegang akibat hormon somatomotropin, estrogen dan progesteron, akan tetapi belum mengeluarkan ASI. Terjadi peningkatan suatu hormon perangsang melanosit sejak akhir bulan kedua kehamilan sampai aterm yang menyebabkan timbulnya pigmentasi pada kulit. Aksentuasi pigmen juga muncul pada areola dan kulit genital. Pigmentasi ini biasanya akan menghilang atau berkurang setelah melahirkan.

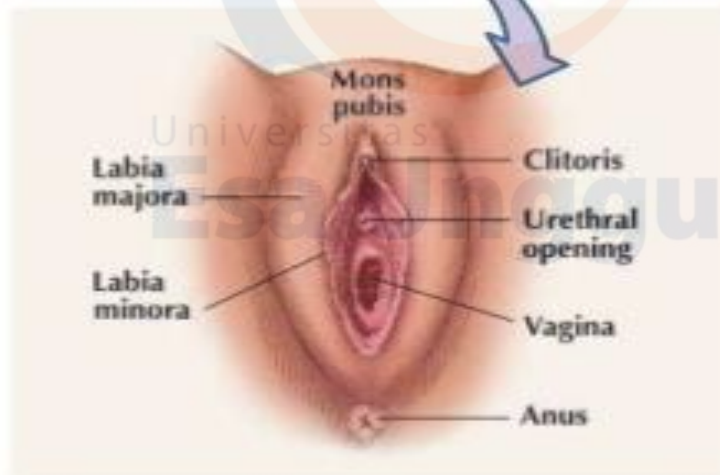
Dalam trimester ini telah terjadi penambahan berat badan selama kehamilan dimana sebagian besar diakibatkan oleh uterus dan isinya payudara, dan peningkatan volume darah serta cairan ekstraseluler. Sebagian kecil penambahan berat badan tersebut diakibatkan oleh perubahan metabolik yang menyebabkan penambahan air selular dan penumpukan lemak serta protein baru, yang disebut cadangan ibu (Cunningham 2006; Prawirohardjo 2008).



Gambar 1. Uterus



Gambar 2. Ovarium



Gambar 3. Perubahan Vagina



Gambar 4. Perubahan Payudara

Perubahan Sirkulasi Darah

Perubahan sistem koagulasi selama kehamilan menghasilkan keadaan fisiologis hiperkoagulasi (dalam persiapan untuk hemostasis setelah persalinan) .3 Konsentrasi faktor pembekuan tertentu, terutama VIII, IX dan X, meningkat. Kadar fibrinogen meningkat secara signifikan hingga 50% dan aktivitas fibrinolitik menurun. Konsentrasi antikoagulan endogen seperti antitrombin dan protein S. Dengan demikian, kehamilan mengubah keseimbangan dalam sistem koagulasi untuk pembekuan, yang menyebabkan wanita hamil dan pascapartum mengalami trombosis vena. Peningkatan risiko ini terjadi sejak trimester pertama dan setidaknya

12 minggu setelah melahirkan. Tes koagulasi in vitro [teraktivasi waktu tromboplastin parsial (APTT), waktu protrombin (PT) dan waktu trombin (TT)] tetap normal tanpa adanya antikoagulan atau koagulopati.

Volume darah ibu meningkat secara nyata selama kehamilan. Volume darah meningkat, mulai dari usia kehamilan 6 sampai 8 minggu untuk mencapai peningkatan maksimum sekitar 20% pada pertengahan trimester ketiga. Konsentrasi hemoglobin dan hematokrit sedikit menurun sejak trimester awal kehamilan. Sedangkan konsentrasi dan kebutuhan zat besi selama kehamilan juga cenderung meningkat untuk mencukupi kebutuhan janin. Perubahan terpenting pada fungsi jantung terjadi pada 8 minggu pertama kehamilan. Pada awal minggu kelima curah jantung mengalami peningkatan yang merupakan fungsi dari penurunan resistensi vaskuler sistemik serta peningkatan frekuensi denyut jantung. Preload meningkat sebagai akibat bertambahnya volume plasma yang terjadi pada minggu ke 10-20 (Hacker 2001; Prawirohardjo 2008). Kesadaran untuk mengambil nafas sering meningkat pada awal kehamilan yang mungkin diinterpretasikan sebagai dispneu. Hal itu sering mengesankan adanya kelainan paru atau jantung padahal sebenarnya tidak ada apa-apa. Peningkatan usaha nafas selama kehamilan kemungkinan diinduksi terutama oleh progesteron dan sisanya oleh estrogen. Usaha nafas yang meningkat tersebut mengakibatkan PCO₂ atau tekanan karbodikoksida berkurang (Cunningham 2006).

Perbedaan dalam peningkatan volume plasma (40-50%) dan massa sel darah merah (20%) menyebabkan anemia fisiologis kehamilan. Hematokrit yang lebih rendah menurunkan viskositas darah dan menurunkan resistensi terhadap aliran darah dalam sirkulasi plasenta utero

Perubahan sistem kardiovaskular

Perubahan sistem kardiovaskular dalam kehamilan sangat besar dan dimulai pada awal kehamilan, sehingga pada usia kehamilan delapan minggu, curah jantung telah meningkat sebesar 20%. Peristiwa utama mungkin vasodilatasi perifer. Hal ini dimediasi oleh faktor yang bergantung pada endotel, termasuk sintesis oksida nitrat, yang diregulasi oleh estradiol dan kemungkinan prostaglandin vasodilatasi (PGI₂). Vasodilatasi perifer menyebabkan penurunan resistensi vaskular sistemik sebesar 25-30%, dan untuk mengimbangnya, curah jantung meningkat sekitar 40% selama

kehamilan. Ini dicapai terutama melalui peningkatan stroke volume, tetapi juga pada tingkat yang lebih rendah, peningkatan denyut jantung. Curah jantung maksimum ditemukan pada sekitar 20-28 minggu kehamilan. Ada penurunan minimal dalam jangka waktu tertentu.

Peningkatan stroke volume dimungkinkan karena peningkatan awal massa otot dinding ventrikel dan volume akhir diastolik (tetapi bukan tekanan diastolik akhir) yang terlihat pada kehamilan. Jantung secara fisiologis melebar dan kontraktilitas miokard meningkat. Meskipun stroke volume menurun menjelang aterm, peningkatan denyut jantung ibu (10-20 bpm) dipertahankan, sehingga menjaga peningkatan curah jantung. Tekanan darah menurun pada trimester pertama dan kedua tetapi meningkat ke tingkat tidak hamil pada trimester ketiga

Ada efek mendalam dari posisi ibu menjelang aterm pada profil hemodinamik ibu dan janin. Dalam posisi terlentang, tekanan uterus yang sedang hamil pada vena kava inferior (IVC) menyebabkan penurunan aliran balik vena ke jantung dan akibatnya penurunan volume stroke dan curah jantung. Berbalik dari posisi lateral ke terlentang dapat menyebabkan penurunan curah jantung sebesar 25%. Oleh karena itu, wanita hamil harus dirawat dengan posisi miring kiri atau kanan jika memungkinkan. Jika wanita harus dijaga terlentang, panggul harus diputar sehingga rahim turun ke samping dan keluar dari IVC, dan curah jantung dan aliran darah uteroplasenta dioptimalkan. Penurunan curah jantung dikaitkan dengan penurunan aliran darah uterus dan oleh karena itu perfusi plasenta, yang dapat membahayakan janin.

Meskipun volume darah dan stroke volume meningkat selama kehamilan, tekanan baji kapiler paru dan tekanan vena sentral tidak meningkat secara signifikan. Resistensi pembuluh darah paru (PVR), seperti resistensi pembuluh darah sistemik (SVR), menurun secara signifikan pada kehamilan normal. Meskipun tidak ada peningkatan tekanan baji kapiler paru (PCWP), tekanan osmotik koloid serum berkurang 10-15%. Tekanan osmotik koloid / gradien tekanan baji kapiler paru berkurang sekitar 30%, membuat wanita hamil sangat rentan terhadap edema paru. Edema paru akan dipicu jika ada peningkatan pre-load jantung (seperti infus cairan)

atau peningkatan permeabilitas kapiler paru (seperti pada pre-eklamsia) atau keduanya.

Persalinan dikaitkan dengan peningkatan curah jantung lebih lanjut (15% pada tahap pertama dan 50% pada tahap kedua) Kontraksi uterus menyebabkan transfusi otomatis 300-500 ml darah kembali ke sirkulasi dan respons simpatis terhadap nyeri dan kecemasan semakin meningkatkan detak jantung dan tekanan darah. Output jantung meningkat di antara kontraksi tetapi lebih selama kontraksi.

Kehamilan adalah keadaan diabetogenik dan adaptasi dalam metabolisme glukosa memungkinkan shunting glukosa ke janin untuk mendorong perkembangan, sambil mempertahankan nutrisi ibu yang adekuat. Sel beta pankreas yang mensekresi insulin mengalami hiperplasia, mengakibatkan peningkatan sekresi insulin dan peningkatan sensitivitas insulin di awal kehamilan, diikuti oleh resistensi insulin yang progresif.

Resistensi insulin ibu dimulai pada trimester kedua dan puncaknya pada trimester ketiga. Ini adalah hasil dari peningkatan sekresi hormon diabetogenik seperti laktogen plasenta manusia, hormon pertumbuhan, progesteron, kortisol dan prolaktin. Hormon-hormon ini menyebabkan penurunan sensitivitas insulin di jaringan perifer seperti adiposit dan otot rangka dengan mengganggu sinyal reseptor insulin. Efek hormon plasenta pada sensitivitas insulin terbukti setelah melahirkan ketika terjadi penurunan resistensi insulin secara tiba-tiba.

Kadar insulin meningkat pada saat puasa dan postprandial dalam kehamilan. Namun kadar glukosa puasa menurun karena:

- peningkatan penyimpanan glikogen jaringan
- peningkatan penggunaan glukosa perifer
- penurunan produksi glukosa oleh hati
- pengambilan glukosa oleh foetus.

Resistensi insulin dan hasil hipoglikemia relatif dalam lipolisis, memungkinkan ibu hamil untuk menggunakan lemak secara istimewa sebagai bahan bakar, menjaga glukosa dan asam amino yang tersedia untuk janin dan meminimalkan katabolisme protein. Plasenta memungkinkan transfer glukosa, asam amino, dan keton ke janin tetapi tidak dapat ditembus oleh lipid yang besar. Jika fungsi pankreas endokrin seorang wanita terganggu, dan dia tidak dapat mengatasi resistensi insulin yang terkait dengan kehamilan, maka diabetes gestasional berkembang.

Terjadi peningkatan total serum kolesterol dan trigliserida selama kehamilan. Peningkatan kadar trigliserida terutama sebagai akibat dari peningkatan sintesis oleh hati dan penurunan aktivitas lipoprotein lipase, yang mengakibatkan penurunan katabolisme jaringan adiposa. Kadar kolesterol low-density lipoprotein (LDL) juga meningkat dan mencapai 50% saat aterm. Kadar lipoprotein densitas tinggi meningkat pada paruh pertama kehamilan dan turun pada trimester ketiga tetapi konsentrasinya 15% lebih tinggi daripada kadar tidak hamil.

Perubahan metabolisme lipid mengakomodasi kebutuhan janin yang sedang berkembang. Kadar trigliserida yang meningkat memenuhi kebutuhan energi ibu, sementara glukosa disimpan untuk janin. Peningkatan kolesterol LDL penting untuk steroidogenesis plasenta.

Wanita hamil membutuhkan peningkatan asupan protein selama kehamilan. Asam amino secara aktif diangkut melintasi plasenta untuk memenuhi kebutuhan janin yang sedang berkembang. Selama kehamilan, katabolisme protein menurun karena simpanan lemak digunakan untuk menyediakan metabolisme energi.

Janin rata-rata membutuhkan sekitar 30 g kalsium untuk mempertahankan proses fisiologisnya. Sebagian besar kalsium ini ditransfer ke janin selama trimester ketiga dan berasal dari peningkatan penyerapan makanan oleh ibu. Ada penurunan konsentrasi kalsium serum total selama kehamilan. Hal ini terutama disebabkan oleh penurunan kadar albumin serum akibat hemodilusi, yang mengakibatkan penurunan fraksi kalsium yang terikat albumin. Namun fraksi yang penting secara fisiologis, kalsium terionisasi serum, tetap tidak berubah. Oleh karena itu kadar kalsium serum

ibu dipertahankan selama kehamilan dan kebutuhan janin dipenuhi dengan peningkatan absorpsi usus, yang berlipat ganda sejak usia kehamilan 12 minggu. Namun puncak kebutuhan kalsium hanya pada trimester ketiga. Peningkatan awal penyerapan kalsium ini memungkinkan tubuh ibu untuk menyimpan kalsium lebih awal.

Kadar 25-hidroksivitamin D serum meningkat dan ini dimetabolisme lebih lanjut menjadi 1,25-dihidroksivitamin D. Peningkatan 1,25-dihidroksivitamin D secara langsung bertanggung jawab atas peningkatan penyerapan kalsium usus.

Peningkatan absorpsi kalsium dikaitkan dengan peningkatan ekskresi kalsium dalam urin dan perubahan ini dimulai dari 12 minggu. Selama periode puasa, nilai kalsium urin rendah atau normal, yang mengkonfirmasi bahwa hiperkalsiuria adalah konsekuensi dari peningkatan penyerapan. Oleh karena itu, kehamilan merupakan faktor risiko batu ginjal.

Perubahan Fungsi Ginjal

Pada awal kehamilan, vesika urinaria tertekan oleh uterus sehingga sering timbul keinginan berkemih. Hal itu berkurang seiring usia kehamilan karena uterus yang telah membesar keluar dari rongga pelvis dan naik ke abdomen. Ukuran ginjal sedikit bertambah besar selama kehamilan. Laju filtrasi glomerulus (GFR) dan aliran plasma ginjal (RPF) meningkat pada awal kehamilan. Akibat peningkatan kadar hormon estrogen dan progesteron, terjadi relaksasi dari jaringan ikat, kartilago dan ligament juga meningkatkan jumlah cairan sinovial. Timbulnya rasa tidak enak di ulu hati disebabkan karena perubahan posisi lambung dan aliran asam lambung ke esophagus bagian bawah. Produksi asam lambung menurun. Sering terjadi muntah karena pengaruh *human chorionic gonadotropin* (HCG), tonus otot-otot traktus digestivus juga berkurang.

Aliran darah ginjal dan laju filtrasi glomerulus (GFR) meningkat tetapi tidak ada perubahan yang diamati dalam histologi atau jumlah nefron. Karena progesteron dan kompresi mekanis ureter, pelvis dan kelopak ginjal melebar. Peningkatan GFR menyebabkan penurunan kreatinin serum (kisaran normal: 0,4-0,8 mg / dl) dan nitrogen urea darah (kisaran normal: 8-10 mg / dl). Respon vaskular yang berkurang

terhadap vasopresor (angiotensin II, norepinefrin dan hormon antidiuretik) diamati karena ekspresi reseptor vaskular yang berubah. Sintesis oksida nitrat meningkat selama kehamilan yang mengakibatkan vasodilatasi sistemik dan ginjal.

Terjadi penurunan osmolalitas plasma normal selama kehamilan (sekitar 270 mosmol / kg vs 275-290 mosmol / kg sebelum kehamilan) dan penurunan konsentrasi natrium plasma secara proporsional (4–5 meq / l di bawah nilai sebelum kehamilan). Haus dan pelepasan Hormon Antidiuretik (ADH) dari hipofisis, yang merupakan respons fisiologis normal terhadap perubahan osmolalitas, tetap utuh.

Ekskresi protein urin meningkat (150-200 mg / hari saat aterm vs. sekitar 100 mg / hari sebelum kehamilan) yang bahkan lebih banyak pada kehamilan multipel. Ekskresi protein urin > 300 mg / hari harus dievaluasi lebih lanjut. Hipoalbuminemia fisiologis pada kehamilan dapat menyebabkan penurunan anion gap (dari 10,7 menjadi 8,5). Glucosuria dan aminoaciduria dapat diamati tanpa adanya diabetes atau penyakit ginjal karena gangguan fungsi tubular dan penurunan reabsorpsi fraksional.

Perubahan Hormonal selama kehamilan

Terjadi perubahan hormon progesteron dan esterogen. Di awal kehamilan, terjadi peningkatan hormon hCG dari selsel trofoblas. Juga terdapat perubahan dari korpus luteum menjadi korpus luteum gravidarum yang memproduksi estrogen dan progesterone. Di pertengahan trimester satu, produksi hCG menurun, fungsi korpus luteum gravidarum untuk menghasilkan estrogen dan progesteron pun digantikan oleh plasenta. Pada trimester dua dan tiga, produksi estrogen dan progesteron terus mengalami peningkatan hingga mencapai puncaknya pada akhir trimester tiga. Kadar puncak progesteron dapat mencapai 400 mikrogram/hari dan estrogen 20mikrogram/hari.

Kelenjar tiroid membesar karena hiperplasia folikel dan peningkatan vaskularisasi. Karena peningkatan globulin pengikat tiroid yang disebabkan oleh estrogen, kadar T3 dan T4 total meningkat 50% tetapi kadar T3 dan T4 bebas tidak berubah. Kadar hormon perangsang tiroid turun selama trimester pertama tetapi pulih selama sisa kehamilan. Baik hipo- dan hipertiroidisme subklinis terjadi dan tidak terkait dengan hasil yang merugikan.

Laktogen plasenta manusia menyebabkan berkurangnya sensitivitas jaringan terhadap insulin dan dengan demikian kadar glukosa darah lebih tinggi setelah

makan kaya karbohidrat selama kehamilan bila dibandingkan dengan keadaan sebelum kehamilan. Wanita hamil dengan cepat mengalami hipoglikemia dan ketoasidosis selama kelaparan.

Laktogen dan dopamin plasenta menyebabkan hiperprolaktinemia selama kehamilan. Ada peningkatan 30% dalam penyimpanan oksitosin di hipofisis, yang dilepaskan selama persalinan dan setelah melahirkan. Respon oksitosin terhadap stres berkurang selama kehamilan untuk mencegah persalinan prematur.

Perubahan sistem muskoleta

Perubahan hormonal dan penambahan berat badan menghasilkan serangkaian efek muskuloskeletal. Untuk mengkompensasi perubahan pusat gravitasi, lordosis lumbal dibesar-besarkan dengan fleksi anterior leher dan gerakan ke bawah bahu. Karena efek relaksasi, progesteron dan mekanis kehamilan, kelemahan sendi meningkat untuk mempersiapkan persalinan.

Kebutuhan gizi dan air secara umum

Berdasarkan data dari IOM (*The Institute of Medicine*) kebutuhan cairan pada ibu hamil usia 14 – 18 tahun dan 19 – 50 tahun sebesar 3.0 L/hari. Diharapkan kebutuhan air ini berfungsi mempertahankan homeostasis dalam tubuh dan memungkinkan untuk transportasi zat gizi ke sel dan penghapusan ekskresi limbah produk dari sisa metabolisme. Kebutuhan ini bersumber dari semua minuman termasuk air, kelembaban di makanan (kelembaban tinggi pada makanan termasuk semangka, daging, sup, dll).

Kebutuhan zat gizi pada ibu hamil yaitu untuk energi mendapat tambahan untuk trimester pertama +180 kkal dan trimester kedua dan ketiga +300 kkal dari masing-masing kecukupan energi perkelompok umur. Kebutuhan protein dari trimester pertama sampai dengan akhir yaitu +20 g dari kecukupan protein perkelompok umur. Kebutuhan Lemak total pada trimester pertama +6 g dari kecukupan perkelompok umur. Sementara itu trimester kedua dan ketiga kecukupan lemak ditambah 10 g dari kecukupan perkelompok umur. Kebutuhan karbohidrat di trimester pertama +25 g dan trimester kedua dan ketiga + 40 g perkelompok umur. Kebutuhan serat sendiri yaitu ditambah +3g di trimester pertama dari kecukupan

perkelompok umur. Trimester kedua dan ketiga +4 g dari kecukupan perkelompok umur.

Sementara itu kebutuhan untuk mineral pada ibu hamil untuk zinc di trimester pertama +2 mg dari kecukupan perkelompok umur, dan trimester kedua dan ketiga masing-masing +4mg dan + 10 mg dari kecukupan perkelompok umur. Mineral Kalsium dibutuhkan di trimester pertama sampai dengan ketiga +200 mg dari kecukupan perkelompok umur.

Ada kontroversi mengenai efek kehamilan pada pengeroposan tulang ibu. Meskipun kehamilan dan menyusui dikaitkan dengan kehilangan tulang yang dapat diperbaiki, penelitian tidak mendukung hubungan antara paritas dan osteoporosis di kemudian hari. Pergantian tulang rendah pada trimester pertama dan meningkat pada trimester ketiga ketika kebutuhan kalsium janin meningkat. Sumber kalsium pada trimester ketiga sebelumnya adalah kalsium tulang yang disimpan.

BAB III

METABOLISME GIZI IBU HAMIL

Asupan makanan, penggunaan suplemen, status berat badan, dan tingkat latihan sebelum konsepsi mempengaruhi kesuburan di perempuan dan laki-laki, dan arah serta hasil dari kehamilan pada wanita. Beberapa obat herbal dan suplemen makanan lainnya tampaknya mengurangi gejala pramenstruasi sindrom dan dapat membantu kesuburan. Disebabkan oleh pengetahuan terbatas tentang keamanan tumbuh-tumbuhan dan lainnya suplemen diet diminum sebelum konsepsi dan selama awal kehamilan, mereka paling baik digunakan di bawah pengawasan medis.

Kehamilan adalah periode fisiologis-spesifik selama masa kehamilan kebutuhan akan nutrisi meningkat. Sedangkan kebutuhan nutrisi dari populasi umum dapat dipenuhi dengan diet yang memadai, risiko asupan mikronutrien suboptimal sering terjadi selama kehamilan dan suplemen mungkin berguna untuk memenuhi persyaratan diet gizi sebagai syarat tertentu. Di Perancis seperti di beberapa negara lain, 0,4 mg / hari asam folat dianjurkan sebelum konsepsi, di awal kehamilan untuk mengurangi risiko tabung saraf cacat (NTD), dan juga nanti selama kehamilan, untuk mencegah anemia megaloblastik pada ibu.

Kehamilan yaitu fertilisasi atau penyatuan dari spermatozoa dan ovum, dilanjutkan dengan nidasi atau implantasi. Perhitungan dimulai saat fertilisasi sampai kelahiran bayi, pada kehamilan normal berlangsung dalam waktu 40 minggu. Usia kehamilan dibagi menjadi 3 trimester yang masing-masing berlangsung dalam beberapa minggu. Trimester 1 selama 12 minggu, trimester 2 selama 15 minggu (minggu ke- 13 sampai minggu ke-27), dan trimester 3 selama 13 minggu (minggu ke- 28 sampai minggu ke-40) (Prawirohardjo 2008).

Sembilan bulan periode kehamilan merupakan periode yang paling intens dan masa kritis dimana merupakan masa pertumbuhan dan perkembangan yang pernah dialami manusia. Seberapa baik proses ini berjalan tergantung pada banyak faktor, sebagian besar dapat dimodifikasi. Dari faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan janin, yang berada dalam kendali untuk dapat berubah dilihat dari status gizi. Tidak ada waktu yang paling penting dimasa ini,

untuk dapat dimanfaatkan dalam memelihara status gizi optimal adalah masa kehamilan.

Perubahan fisiologis terjadi dimasa kehamilan untuk memelihara perkembangan janin dan mempersiapkan ibu untuk persalinan dan pengiriman. Beberapa perubahan ini mempengaruhi biokimia normal nilai sementara yang lain mungkin meniru gejala penyakit medis. Penting untuk membedakan antara fisiologis normal perubahan dan patologi penyakit. Ulasan ini menyoroti perubahan penting yang terjadi selama kehamilan normal. Dalam bab ini akan dibahas terkait dengan metabolisme zat gizi di masa kehamilan. Terbagi atas beberapa topik bahasan:

1. Pengertian Metabolisme
2. Gambaran umum metabolisme Karbohidrat, Protein, Lemak

3.1 Pengertian Metabolisme

Metabolisme adalah jumlah keseluruhan reaksi kimia dan fisik dan penggunaan energi dalam tubuh yang menopang dan mempertahankan kehidupan. Metabolisme kehamilan meningkatnya metabolisme energi dan zat gizi lainnya meningkat selama kehamilan. Metabolisme dibedakan menjadi 2 yaitu anabolisme (penyusunan) dan katabolisme (pemecahan).

Pembentukan suatu energi diperlukan proses katabolisme. Katabolisme disebut juga disimilasi. Pada proses tersebut terjadi penguraian zat kompleks menjadi lebih sederhana dan pembebasan energi kimia yang tersimpan didalamnya. Glukosa merupakan sumber energi utama pada kebanyakan sel. Kebutuhan energi tidak bergantung pada glukosa karena sel juga dapat memanfaatkan zat organik lain sebagai sumber energi. Sumber energi lain berupa lemak, protein dan molekul karbohidrat lainnya selain glukosa.

Metabolisme yang terjadi selama kehamilan:

- Metabolisme Basal
- ✓ Pengeluaran total energi wanita hamil selama kehamilan sebagian besar karena meningkatnya metabolisme basal.
- ✓ Kebutuhan metabolisme basal dipengaruhi oleh asupan pada masa kehamilan dan ukuran janin
- Tingkat energi

- ✓ Metabolisme maternal selama kehamilan mempengaruhi kebutuhan dasar energi.

Table 4.8 Normal changes in maternal physiology during pregnancy^{10,11}

<p>Blood Volume Expansion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blood volume increases 20% • Plasma volume increases 50% • Edema (occurs in 60–75% of women) <p>Hemodilution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentrations of most vitamins and minerals in blood decrease <p>Blood Lipid Levels</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased concentrations of cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, HDL cholesterol <p>Blood Glucose Levels</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased insulin resistance (increased plasma levels of glucose and insulin) <p>Maternal Organ and Tissue Enlargement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Heart, thyroid, liver, kidneys, uterus, breasts, adipose tissue <p>Circulatory System</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased cardiac output through increased heart rate and stroke volume (30–50%) • Increased heart rate (16% or 6 beats/min) • Decreased blood pressure in the first half of pregnancy (–9%), followed by a return to nonpregnancy levels in the second half <p>Respiratory System</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased tidal volume, or the amount of air inhaled and exhaled (30–40%) • Increased oxygen consumption (10%) 	<p>Food Intake</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased appetite and food intake; weight gain • Taste and odor changes, modification in preference for some foods • Increased thirst <p>Gastrointestinal Changes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaxed gastrointestinal tract muscle tone • Increased gastric and intestinal transit time • Nausea (70%), vomiting (40%) • Heartburn • Constipation <p>Kidney Changes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased glomerular filtration rate (50–60%) • Increased sodium conservation • Increased nutrient spillage into urine; protein is conserved • Increased risk of urinary tract infection <p>Immune System</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suppressed immunity • Increased risk of urinary and reproductive tract infection <p>Basal metabolism</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased basal metabolic rate in second half of pregnancy • Increased body temperature <p>Hormones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Placental secretions of large amounts of hormones needed to support physiological changes of pregnancy
---	---

Gambar 1. Perubahan fisiologi selama kehamilan
(Sumber : Rosso, 1990)

Perubahan fisiologis dalam kehamilan dapat dibagi menjadi dua kelompok dasar: yang terjadi pada paruh pertama kehamilan dan mereka beberapa ada di periode kedua. Secara umum, fisiologis perubahan pada paruh pertama dianggap perubahan "maternal anabolic" karena mereka membangun kapasitas tubuh ibu untuk memberikan jumlah yang relatif besar dari darah, oksigen, dan zat gizi untuk janin di periode kedua kehamilan. Paruh kedua adalah waktu perubahan "maternal catabolic" di mana menyimpan energi dan zat gizi, dalam kapasitas yang tinggi untuk memberikan simpanan energi dan zat gizi ke janin.

Table 4.7 Summary of maternal anabolic and catabolic phases of pregnancy¹¹⁻¹³

Maternal Anabolic Phase 0-20 Weeks	Maternal Catabolic Phase 20+ Weeks
Blood volume expansion, increased cardiac output	Mobilization of fat and nutrient stores
Buildup of fat, nutrient, and liver glycogen stores	Increased production and blood levels of glucose, triglycerides, and fatty acids; decreased liver glycogen stores
Growth of some maternal organs	Accelerated fasting metabolism
Increased appetite, food intake (positive caloric balance)	Increased appetite and food intake decline somewhat near term
Decreased exercise tolerance	Increased levels of catabolic hormones
Increased levels of anabolic hormones	

Gambar 2. Maternal Anabolik dan Katabolik di masa kehamilan
(Sumber : Rosso, 1990)

- Kehamilan menyebabkan perubahan metabolisme karbohidrat lemak dan Asam-amino perubahan ini disebabkan zat makanan yang dibutuhkan oleh ibu dan janin tidak sama dengan kebutuhan ibu sebelum hamil.
- Perubahan yang sering terjadi pada saat kehamilan yaitu : metabolisme karbohidrat, metabolisme lemak, metabolisme protein

Perubahan fisiologis yang biasa terjadi selama kehamilan sangat luas, dan semacamnya perubahan mempengaruhi setiap sistem organ ibu. Perubahan yang paling terkait langsung dengan energi ibu dan kebutuhan nutrisi dibahas lebih lanjut.

3.2 Gambaran umum metabolisme Karbohidrat, Protein, Lemak

Selama kehamilan, ibu hamil mengalami signifikan perubahan anatomi dan fisiologis untuk memelihara dan mengakomodasi janin yang sedang berkembang. Perubahan ini dimulai setelah itu konsepsi dan mempengaruhi setiap sistem organ

dalam tubuh kebanyakan wanita mengalami kehamilan yang tidak rumit, ini perubahan menyelesaikan setelah kehamilan dengan efek residu minimal. Penting untuk memahami perubahan fisiologis normal terjadi pada kehamilan karena ini akan membantu membedakan adaptasi yang tidak normal.

Air Tubuh Berubah Tubuh wanita memperoleh manfaat yang baik banyak minum selama kehamilan, terutama karena peningkatan volume plasma dan cairan ekstraseluler, sebagai serta cairan ketuban.

A. Metabolisme Karbohidrat

- 1) Seorang wanita hamil sering merasa haus, nafsu makan kuat, sering kencing dan kadang kala di jumpai glukosuria yang mengingatkan kita pada DM
- 2) Selama kehamilan terjadi perubahan metabolisme karbohidrat, terdapat kebutuhan glukosa oleh fetus yang akan diubah menjadi sumber energi.
- 3) Diabetogenik sering terjadi pada masa kehamilan yang berkaitan dengan menurunnya sensitivitas jaringan terhadap insulin
- 4) Sensitivitas terhadap insulin berkurang sebanyak 80%
- 5) Glukosuria dijumpai karena naiknya kecepatan filtrasi glomerulus dan menurunnya reabsorpsi oleh tubulus.

Kehamilan adalah keadaan diabetogenik dan adaptasi dalam glukosa metabolisme memungkinkan shunting glukosa ke janin untuk mempromosikan pengembangan, sambil mempertahankan nutrisi ibu yang memadai. Sel beta pankreas yang mensekresi insulin mengalami hyperplasia peningkatan sekresi insulin dan peningkatan sensitivitas insulin pada awal kehamilan, diikuti oleh resistensi insulin progresif.

Resistensi insulin ibu dimulai pada trimester kedua dan puncak pada trimester ketiga. Ini adalah hasil dari peningkatan sekresi hormon diabetogenik seperti plasenta manusia laktogen, hormon pertumbuhan, progesteron, kortisol, dan prolaktin. Hormon-hormon ini menyebabkan penurunan sensitivitas insulin dalam darah jaringan perifer seperti adiposit dan otot rangka oleh mengganggu signalling reseptor insulin. Efek dari hormon plasenta pada sensitivitas insulin menjadi jelas

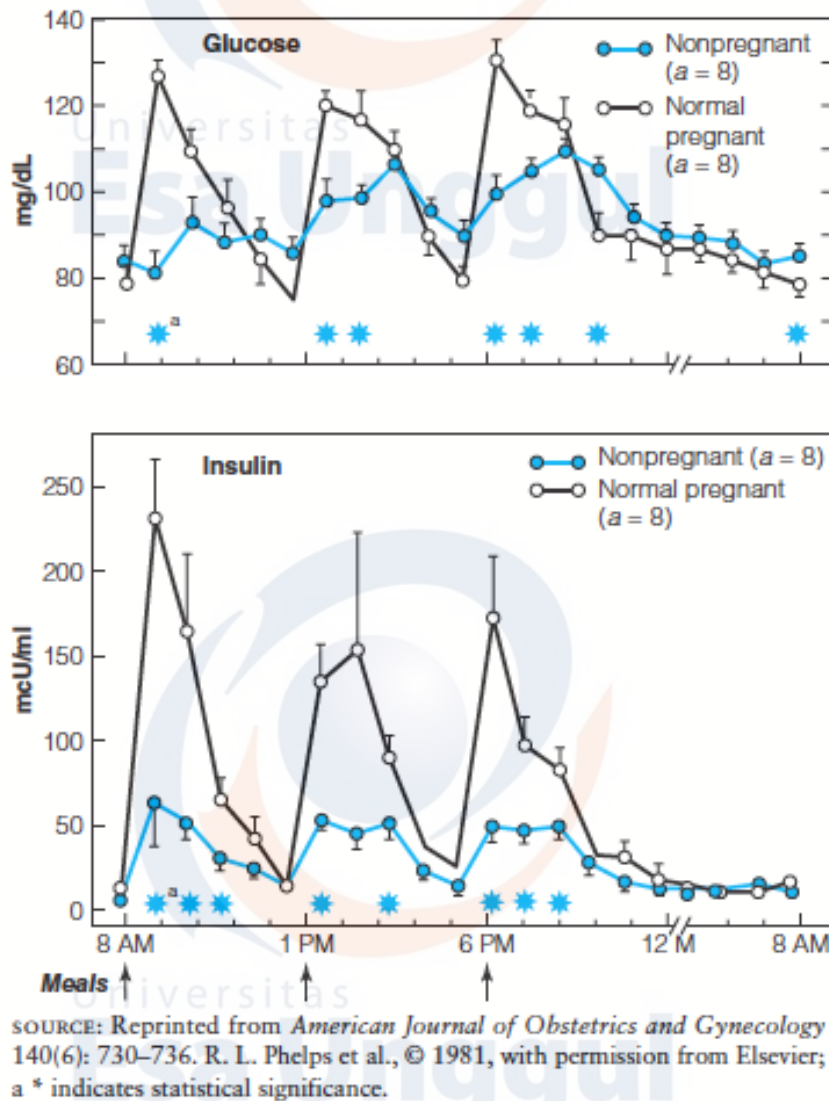
postpartum ketika ada penurunan tiba-tiba resistensi insulin. Kadar insulin meningkat pada puasa dan postprandial menyatakan dalam kehamilan. Namun kadar glukosa puasa menurun disebabkan oleh:

- peningkatan penyimpanan glikogen jaringan
- peningkatan penggunaan glukosa perifer
- penurunan produksi glukosa oleh hati
- penyerapan glukosa oleh foetus.

Resistensi insulin dan hipoglikemia relatif menyebabkan lipolisis, memungkinkan ibu hamil untuk menggunakan lemak sebagai bahan bakar, menjaga glukosa dan asam amino yang tersedia untuk janin dan meminimalkan katabolisme protein. Plasenta memungkinkan transfer glukosa, asam amino dan keton ke janin tetapi tidak bisa ditembus untuk lipid dalam jumlah besar. Jika fungsi pankreas endokrin wanita adalah terganggu, dan dia tidak dapat mengatasi resistensi insulin terkait dengan kehamilan maka diabetes gestasional akan terjadi.

Banyak penyesuaian metabolisme karbohidrat dibuat selama kehamilan dalam ketersediaan glukosa pada janin. Glukosa adalah bahan bakar yang disukai janin, meskipun lemak dapat dimanfaatkan untuk energi. Keberlanjutan ketersediaan pasokan janin glukosa dicapai terutama melalui metabolisme perubahan yang meningkatkan resistensi insulin ibu. Perubahan ini, kadang-kadang disebut sebagai efek diabetogenic dimasa kehamilan, dimana pada wanita hamil normal sedikit karbohidrat tidak toleran pada trimester ketiga kehamilan. Gambar dibawah memberikan contoh level normal glukosa plasma dan insulin selama akhir kehamilan dibandingkan pada tingkat prahamil. Metabolisme karbohidrat pada paruh pertama kehamilan ditandai dengan stimulasi estrogen dan progesterone peningkatan produksi insulin dan konversi glukosa untuk glikogen dan lemak. Di babak kedua, naiknya level hCS dan prolaktin dari kelenjar hipofisis ibu menghambat konversi glukosa menjadi glikogen dan lemak. Pada saat yang sama Waktu, resistensi insulin meningkat pada ibu, meningkat ketergantungannya pada lemak untuk energi.

Illustration 4.4 Plasma glucose and insulin levels in nonpregnant women and in women near term.



Gambar 3. Glukosa darah dan Insulin pada wanita normal dan hamil
(American College of Obstetrics and Gynecology (ACOG) Practice Bulletin, 2004)

Metabolisme ibu secara cepat diubah menjadi pemanfaatan asam amino glukogenik, oksidasi lemak, dan peningkatan produksi keton dengan puasa yang bertahan lebih dari 12 jam. Menurunnya kadar glukosa plasma dan insulin dan peningkatan kadar trigliserida, asam lemak bebas, dan keton terlihat pada saat sebelum mereka wanita tidak hamil dalam kondisi puasa. Konversi cepat ke metabolisme puasa memungkinkan wanita hamil menggunakan lemak yang

disimpan terutama untuk energi sementara dimana penggunaan glukosa secara hemat dan asam amino untuk digunakan oleh janin.

Meskipun adaptasi metabolik ini membantu memastikan pasokan glukosa janin yang konstan, pada kondisi puasa akhirnya terjadi peningkatan kebutuhan janin dari keton untuk menghasilkan energi. Pemanfaatan keton janin dalam waktu lama, seperti yang terjadi pada wanita dengan diabetes yang tidak terkontrol atau pada mereka yang kehilangan berat badan selama atau sebagian atau seluruh kehamilan, terkait dengan pertumbuhan berkurang dan perkembangan intelektual terganggu dari keturunannya.

B. Metabolisme Lemak

Banyak perubahan terjadi di dalam tubuh khususnya untuk pemanfaatan lemak selama kehamilan. Secara keseluruhan, perubahan metabolisme lipid meningkatkan akumulasi simpanan lemak ibu pada paruh pertama kehamilan dan meningkatkan mobilisasi lemak di babak kedua. Selain meningkatnya ketergantungan ibu pada simpanan lemak untuk energi saat hamil berlangsung, kadar lipoprotein dalam darah meningkat secara dramatis.

- Lemak merupakan cadangan energi utama selama kehamilan, pada minggu ke 30 terdapat penyimpanan lemak sebesar 4 kg.
- Semua fraksi lemak mengalami kenaikan, yaitu lipid total, kolesterol, fosfolipid, lemak netral, lipoprotein, dan asam lemak bebas.
- Kadar kolestrol meningkat sampai 350 mg atau lebih per 100 cc.

Kadar trigliserida di dalam plasma meningkat diawal/pertama dan paling dramatis, mencapai tiga kali lipat levelnya dari wanita yang tidak hamil. Kolesterol mengandung lipoprotein, fosfolipid, dan asam lemak juga meningkat, tetapi pada tingkat yang lebih rendah daripada yang dilakukan trigliserida. Meningkat pasokan kolesterol digunakan oleh plasenta untuk sintesis hormone steroid, dan oleh janin untuk saraf dan pembentukan membran sel.

Ada peningkatan total kolesterol di serum dan kadar trigliserida dalam kehamilan. Peningkatan kadar trigliserida terutama sebagai hasil peningkatan sintesis oleh hati dan penurunan aktivitas lipoprotein lipase, menghasilkan

penurunan katabolisme jaringan adiposa. Kadar kolesterol low-density lipoprotein (LDL) juga meningkat dan mencapai 50% pada saat aterm. Kadar high-density lipoprotein (HDL) meningkat pada paruh pertama kehamilan dan jatuh pada trimester ketiga tetapi konsentrasinya 15% lebih tinggi daripada kadar yang tidak hamil. Perubahan metabolisme lipid mengakomodasi kebutuhan perkembangan janin. Peningkatan kadar trigliserida menyediakan kebutuhan energi ibu, sementara glukosa disimpan untuk janin. Peningkatan kolesterol LDL penting untuk plasenta steroidogenesis.

C. Metabolisme Protein

- Penambahan protein sekitar 500 g dideposisikan di uterus sebagai miometrium, ke kelenjar susu, dan di dalam darah sebagai hemoglobin dan protein plasma
- Janin dan plasenta mengandung 500 g protein.
- Dalam darah ibu, albumin dan fibrinogen mengalami kenaikan tetapi immunoglobulin G (IgG), IgA, IgM sedikit menurun
- Penyerapan protein di usus meningkat 95 %, kebutuhan protein pada wanita hamil (meningkat hal ini diperlukan untuk pertumbuhan janin plasenta)
- Jumlah kebutuhan : 925 Gram / Hari

Wanita hamil membutuhkan peningkatan asupan protein selama kehamilan. Asam amino secara aktif diangkut melintasi plasenta untuk memenuhi kebutuhan janin yang sedang berkembang. Selama kehamilan, katabolisme protein berkurang karena cadangan lemak digunakan untuk menyediakan metabolisme energi. Nitrogen dan protein dibutuhkan dalam jumlah yang meningkat selama kehamilan untuk sintesis jaringan baru pada ibu dan janin. Diperkirakan 925 gram (2 pon) protein terakumulasi selama kehamilan. Sampai taraf tertentu peningkatan kebutuhan protein terpenuhi melalui penurunan tingkat ekskresi nitrogen dan konservasi asam amino untuk sintesis jaringan protein. Disana tidak ada bukti, bagaimanapun, bahwa tubuh ibu menyimpan protein di awal kehamilan untuk memenuhi kebutuhan protein janin di akhir kehamilan. Kebutuhan ibu dan janin untuk protein terutama dipenuhi oleh asupan protein ibu selama kehamilan.

D. Metabolisme Mineral

- **Kalsium**, Absorpsi kalsium pada awal kehamilan meningkat menjadi 2 kali lipat dan disimpan di dalam tubuh ibu. Janin membutuhkan 20 - 30 mg kalsium setiap harinya.
- **Yodium**, pada ibu hamil diperlukan karena terjadi peningkatan laju metabolik basal, penambahan +50mg/hari
- **Zat besi**, Ibu hamil mengalami peningkatan kadar zat besi karena pembentukan plasenta dan terjadinya peningkatan kadar hormon pada Ibu hamil.
- **Asam folat**, penambahan asam folat pada kehamilan diperlukan untuk produksi sel-sel darah merah dan pertumbuhan sel-sel baru pada saat pembentukan janin, penambahan sebanyak 200mg/hari
- **Air**, pada masa kehamilan terjadi pembesaran uterus sehingga menekan usus bagian bawah dan menyebabkan sulit buang air besar. Sehingga Peningkatan konsumsi air digunakan untuk merangsang buang air besar, mencegah infeksi ginjal

BAB IV

METABOLISME VITAMIN LARUT LEMAK DIMASA KEHAMILAN

1. Vitamin A

Vitamin A merupakan senyawa retinoid yang diperlukan oleh tubuh, yang memiliki fungsi utama untuk menjaga kesehatan mata/sistem penglihatan. Selain itu, vitamin A juga dibutuhkan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan (diferensiasi sel), menjaga integritas sel epitel, menjaga fungsi imun, dan juga digunakan dalam sistem reproduksi. Vitamin A yang diperlukan tubuh dan kita konsumsi, pada umumnya dalam bentuk retinol/retinil ester, dan juga pro-vitamin A karotenoid yang bisa ditemukan dalam ASI, produk susu, kuning telur, sayuran berwarna hijau dan kuning, dan juga pada buah-buahan seperti mangga dan pepaya. Saat ini vitamin A juga sudah banyak difortifikasi pada bahan makanan sehari-hari seperti gula, sereal, minyak, dan lainnya.

Pada masa kehamilan, vitamin A diperlukan dalam proses pembentukan dan pertumbuhan janin, asupan vitamin A yang adekuat saat masa kehamilan sangat penting bagi kesehatan ibu dan janin nya. Menurut anjuran dalam Angka Kecukupan Gizi (AKG) 2019, saat masa kehamilan diperlukan tambahan asupan vitamin A sebanyak 300 RE (300 mikrogram Retinol).

Tabel 1. Satuan unit konversi vitamin A

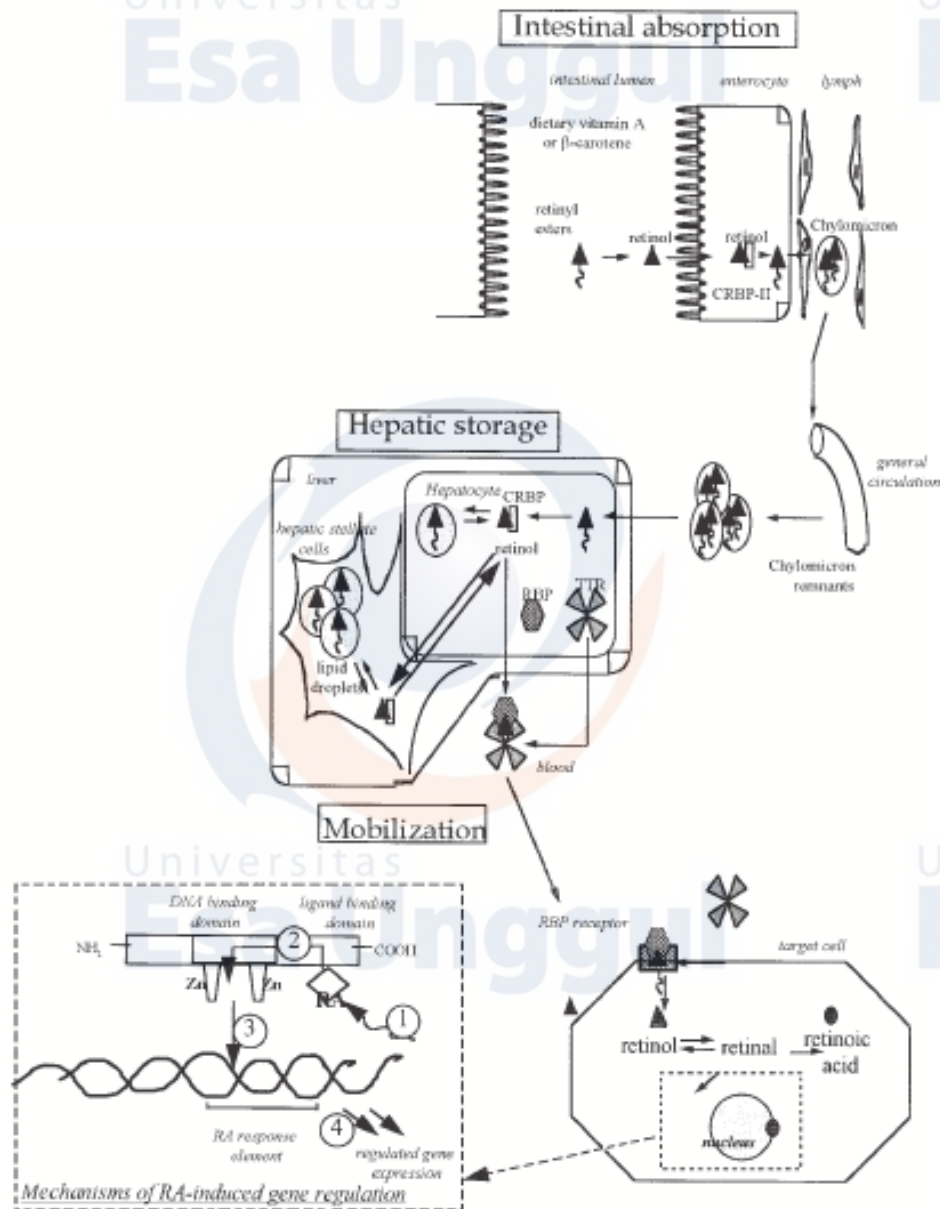
Unit	Equivalent unit
1 retinol equivalent (RE)	1.0 µg all- <i>trans</i> -retinol 6.0 µg all- <i>trans</i> -β-carotene 3.33 IU vitamin A activity from retinol 10.0 IU vitamin A activity from β-carotene
1 international unit (IU)	0.30 µg all- <i>trans</i> -retinol 0.60 µg all- <i>trans</i> -β-carotene
1 µg retinol	1.0 µg RE 0.0035 µmol
1 µg β-carotene	0.167 µg RE 0.0019 µmol
1 µmol retinol	286.44 µg retinol
1 µmol β-carotene	536.85 µg β-carotene

(Sumber : Azais-Braesco & Pascal, 2000)

Dalam tubuh manusia, vitamin A memiliki 3 bentuk aktif, yaitu retinal, retinol, dan asam retinoat dan satu bentuk yang dapat disimpan dalam hati (retinil ester). Vitamin A merupakan vitamin esensial, artinya penting bagi tubuh namun tidak diproduksi oleh tubuh manusia, maka dari itu vitamin A dapat diperoleh melalui

ma
per
par
par

set
hid
par
bar
aka
Re
ma
yai
nya
reti
org
ter
prc
res
kar
gar
bis



Vitamin A yang dikonsumsi ibu, akan disalurkan ke janinnya dengan perantara plasenta dan juga disalurkan ke bayi nantinya melalui kelenjar mammae yang menghasilkan ASI. Pada masa kehamilan, kadar retinol dalam darah akan menurun (khususnya pada trimester ketiga), sehingga menyebabkan cadangan vitamin A bayi yang baru lahir juga akan rendah, hal ini terjadi untuk mencegah terjadinya teratogenesis. Setelah melahirkan, sebagian besar serum retinol akan dibawa ke kelenjar payudara oleh RBP untuk disalurkan ke bayi nantinya melalui ASI. Jumlah vitamin A yang dibawa ke payudara akan meningkat jumlahnya dibandingkan saat masa kehamilan, sehingga asupan vitamin A pun harus adekuat dan perlu ditambahkan sebanyak 350 RE menurut AKG 2019.

Defisiensi vitamin A pada masa kehamilan dapat terjadi karena rendahnya asupan vitamin A dari makanan, maupun karena rendahnya cadangan vitamin A dari sebelum masa kehamilan. Kekurangan vitamin A saat masa kehamilan dapat menimbulkan masalah kesehatan bagi ibu, dan juga berbahaya bagi janin. Vitamin A dibutuhkan untuk menjaga kesehatan penglihatan ibu dan janin, juga penting untuk perkembangan organ, tulang dan juga sistem imun janin, sehingga defisiensi vitamin A pada masa kehamilan dapat mengakibatkan terjadinya penyakit kongenital/cacat lahir. Beberapa studi juga menyebutkan bahwa defisiensi vitamin A pada masa kehamilan merupakan salah satu faktor terjadinya resistensi insulin dan intoleransi glukosa disaat dewasa nanti. Defisiensi vitamin A pada trimester kedua juga dapat meningkatkan resiko terjadinya schizoprenia pada anak nantinya.

Asupan vitamin A yang berlebih juga memiliki dampak buruk pada masa kehamilan, yaitu dapat mengakibatkan terjadinya teratogenesis atau malformasi bayi nantinya. Sehingga dianjurkan pada masa kehamilan untuk tidak mengonsumsi lebih dari 3000 RE vitamin A per hari.

2. Vitamin D

Vitamin D memiliki beberapa bentuk kimia, namun yang sering digunakan dalam kehidupan adalah vitamin D₃ (Cholecalciferol) yang diproduksi didalam kulit manusia dari 7-dehydrocholesterol dengan bantuan sinar ultraviolet (UV) yang berasal dari sinar matahari, selain itu, vitamin D juga dapat ditemukan pada bahan makanan yang telah difortifikasi dengan vitamin D₂ (Ergocalciferol).

Vitamin D yang diproduksi di kulit, akan berdifusi ke sirkulasi darah melalui kapiler dan terikat dengan vitamin D binding protein (VDBP). Vitamin D juga ditemukan pada beberapa bahan pangan seperti ikan lele, salmon, tuna, telur, daging sapi, dan lainnya. Didalam tubuh, vitamin D memiliki bentuk aktif 1,25 (OH) 2D yang memiliki peran penting dalam metabolisme tulang dan homeostasis mineral. Pada masa kehamilan, terjadi perubahan kadar dan kebutuhan vitamin D dan juga kalsium yang penting bagi pertumbuhan janin. Kalsium dibutuhkan untuk pertumbuhan tulang janin, khususnya pada masa akhir kehamilan, meningkatnya kebutuhan kalsium, maka kebutuhan vitamin D juga meningkat untuk membantu kerja kalsium saat masa kehamilan, maka dari itu disarankan bagi ibu hamil untuk berjemur dibawah sinar matahari pada jam 10 pagi hingga 3 sore selama 5-15 menit untuk memperoleh produksi vitamin D yang optimal.

Selama masa kehamilan, terjadi perubahan metabolisme vitamin D. Penyerapan kalsium akan di stimulus agar memenuhi kebutuhan mineral tulang yang meningkat, terutama pada trimester akhir.

Tabel 2. Perubahan metabolisme vitamin D pada masa kehamilan

Adaptive change	Trimester	Mechanism	Additional contributors	Purpose	Implications
Increase in maternal calcitriol • Systemic circulation • Placenta	Early in the first trimester of pregnancy, doubling its concentration compared to non-gravid women by the end of the third trimester	Mainly of renal origin (high 1 ^α hydroxylase activity) Increased 1 ^α hydroxylase activity Decreased catabolism of calcitriol	Prolactin, calcitonin, PTH - rp, estradiol, placental lactogen IGF-1, FGF23	Increase in intestinal calcium absorption Immune adaptation Immune adaptation	Results from preeclamptic mothers, reveal decreased activation and increased catabolism of 25(OH)D3
Longitudinal changes in maternal 25(OH)D Association of neonatal 25(OH)D status from maternal one	Conflicting results Cord blood 25 (OH)D levels are on average 25% reduced compared to maternal 25 (OH)D	Conflicting results due to small study samples, cross sectional design and lack of adjustment for seasonal variation Maternal 25(OH)D crosses the placental barrier and represents the main pool of vitamin D in the fetus	Lifestyle habits, country of residence, skin pigmentation, sunshine exposure, obesity	Unknown	Maternal hypovitaminosis D during pregnancy results in impaired neonatal 25(OH)D status at birth
Increase in VDBP concentrations • Systemic circulation • Placenta	VDBP reaches a 40-50% increase compared to non-pregnant women, with a maximum at the beginning of the third trimester before starting to decrease at term	Conflicting results High turnover rate of trophoblasts that are in direct contact with maternal blood	VDBP polymorphisms Race	Systemic pool of progesterone (transport? regulation?) Immune regulation	VDBP dysregulation has been implicated in the pathogenesis of preeclampsia, preterm birth and type 1 diabetes in the offspring

IGF-1: Insulin growth factor 1, PTH - rp: PTH-related peptide, FGF23: Fibroblast growth factor 23, 25(OH)D: 25-hydroxyvitamin D. VDBP: Vitamin D binding protein.

(Sumber : Karras et.al, 2017)

Menurut beberapa penelitian, defisiensi vitamin D memiliki kaitan dengan kejadian preeklampsia, resistensi insulin, diabetes gestasional, bacterial vaginosis dan peningkatan resiko terjadinya proses kelahiran secara sesar. Perlu diketahui, bahwa kadar vitamin D pada janin bergantung pada kadar vitamin D ibu selama masa kehamilan, jadi bila selama masa kehamilan ibu mengalami defisiensi vitamin D, maka bayi yang lahir juga akan mengalami defisiensi vitamin D dan rentan terkena rickets.

3. Vitamin E

Vitamin E (tokoferol) memiliki beberapa bentuk, yaitu alfa-, beta-, gamma-, dan delta-tokoferol. Gamma-tokoferol merupakan bentuk tokoferol yang paling sering ditemukan dalam bahan makanan, dan alfa-tokoferol paling banyak ditemukan dalam plasma tubuh dan jaringan tubuh manusia. Vitamin E dapat ditemukan dari bahan makanan seperti kacang-kacangan (almon, kacang tanah, dan kacang hazel), minyak nabati (minyak bunga matahari, minyak jagung, minyak kedelai), biji-bijian seperti biji bunga matahari, dan juga pada sayurann hijau seperti bayam dan brokoli. Vitamin E juga sudah bisa ditemukan pada bahan makanan yang sudah di fortifikasi seperti minyak dan sereal.

Sama seperti vitamin larut lemak lainnya, vitamin E yang berasal dari makanan akan diserap di usus halus dan kemudian menyatu dengan kilomikron dan masuk kedalam saluran limfatik. Secara spesifik, penyerapan vitamin E di usus halus dibantu dengan reseptor SR-B1, sama seperti proses penyerapan kolesterol. Di saluran imfatik, kilomikron akan di hidrolisis dan menghasilkan chylomicron remnants juga asam lemak bebas dan molekul vitamin E yang akan dibawa ke dalam jaringan perifer.

Seperti yang sudah dikatakan, vitamin E yang banyak ditemukan dalam jaringan tubuh adalah alfa-tokoferol. Alfa-tokoferol yang dihasilkan dari hati, akan dipilih oleh protein pengikat alfa-TTP (Tocopherol Transfer Protein) yang banyak ditemukan pada hati, otak, dan plasenta. Vitamin E dalam bentuk alfa-tokoferom memiliki peran utama yaitu melindungi senyawa lipid dan lipoprotein sel dari serangan senyawa peroksidatif, selain itu beberapa penelitian menyatakan bahwa vitamin E juga berkemungkinan berperan dalam merubah ekspresi gen dan juga dalam produksi immunoglobulin E (IgE)

Selain sebagai antioksidan, vitamin E juga memiliki peran dalam sistem reproduksi, khususnya wanita, yaitu menjaga kesuburan, dan juga berperan dalam proses implementasi dan perkembangan janin saat masa kehamilan. Pada masa kehamilan, terjadi peningkatan laju metabolisme yang mengakibatkan meningkatnya juga produksi radikal bebas dan lipid peroksidasi, maka dari itu apabila terjadi defisiensi vitamin E pada masa kehamilan, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada plasenta, hipertensi, dan juga dapat terjadi kerusakan pada membran sel membran janin.

Vitamin E juga memiliki fungsi sebagai koagulan, yang artinya jika dikonsumsi secara berlebih, dapat menyebabkan penyumbatan aliran darah pada janin, dan dapat meningkatkan kadar bilirubin dan terjadinya jaundice pada bayi yang baru lahir, selain itu vitamin E yang berlebih dalam tubuh juga akan menghambat penyerapan vitamin lainnya, yang bisa menyebabkan kelainan dan gangguan pada masa kehamilan.

Selama masa kehamilan, kadar vitamin E yang disalurkan ke plasenta dan disimpan sebagai cadangan dalam janin tidak banyak, sehingga setelah lahir, kadar plasma vitamin E pada janin menjadi rendah. Maka dari itu, sesuai dengan Angka Kecukupan Gizi tahun 2019, diperlukan asupan vitamin E tambahan selama masa menyusui, yaitu ditambah sebanyak 4 mikrogram, untuk memenuhi kebutuhan vitamin E bayi yang kurang.

4. Vitamin K

Vitamin K merupakan sebuah kelompok senyawa kimia yang memiliki struktur cincin yang sama (methykated naphthoquinone). Bentuk vitamin K yang biasa ditemukan adalah filokuinon (Vitamin K₁) yang banyak ditemukan dalam sayuran hijau seperti brokoli, dan bayam. Bentuk lain dari vitamin K adalah menakuinon (Vitamin K₂) yang berasal dari mikroba dan hanya dapat ditemukan dalam bahan makanan tertentu saja (makanan fermentasi seperti natto misalnya).

Vitamin K juga diserap mengikuti senyawa lipid, sama seperti vitamin larut lemak lainnya, yaitu masuk ke enterosit dan akan bergabung dengan kilomikron dan selanjutnya masuk ke dalam saluran limfatik. Vitamin K diedarkan dalam plasma darah dan ke kapiler darah menggunakan transpor lipoprotein seperti kilomikron, LDL, dan HDL. Vitamin K juga akan dibawa ke hati setelah diserap, dan kemudian disalurkan ke jaringan tubuh, bahkan ke matriks tulang (ke osteoblas). Didalam

matriks tulang terdapat banyak protein Gla yang membutuhkan vitamin K untuk menjalankan fungsinya. Vitamin K umumnya juga diketahui memiliki peran dalam koagulasi darah, yaitu proses pembekuan darah disaat adanya luka, sehingga mencegah pendarahan berlebih.

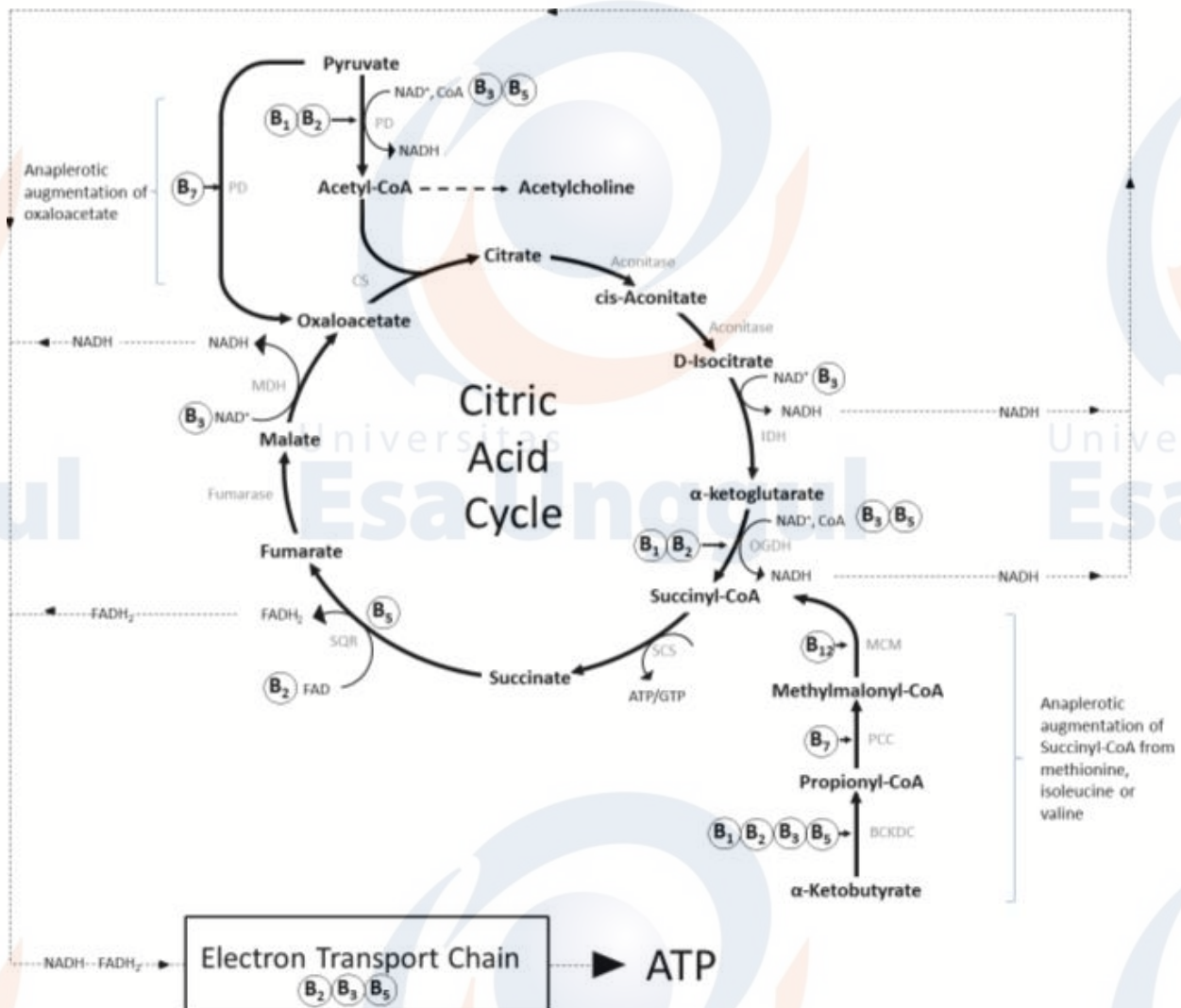
Vitamin K memiliki peran penting pada masa kehamilan, yang nantinya akan mempengaruhi kesehatan bayi saat lahir. vitamin K tidak dapat masuk kedalam plasenta dengan mudah (karena larut lemak), sehingga bayi yang baru lahir nantinya tidak memiliki kadar vitamin K yang cukup dalam darahnya, apabila ibu hamil mengalami defisiensi vitamin K pada masa kehamilan, nantinya selama masa menyusui bayi yang baru lahir akan mengalami penyakit yang disebut dengan *Hemmoragic Disease of the Newborn* (HDN) yang menyebabkan munculnya pendarahan intercranial, dan juga mengalami kondisi yang disebut dengan *chondrodysplasia punctata*. Bila hal ini terjadi, akan diperlukan suplementasi vitamin K bagi ibu menyusui, karena secara alami, ASI tidak mengandung vitamin K dalam jumlah banyak. Selain itu defisiensi vitamin K juga memiliki sedikit pengaruh terhadap penyakit osteoporosis dan penyakit kardiovaskular.

BAB V

METABOLISME VITAMIN LARUT AIR DIMASA KEHAMILAN

1. Vitamin B

Vitamin B terdiri dari beberapa macam jenis, yaitu Tiamin (vitamin B1), Riboflavin (vitamin B2), Niasin (Vitamin B3), Asam Pantotenat (Vitamin B5), Piridoksin (Vitamin B6), Biotin (Vitamin B7), Folat (Vitamin B9) dan Asam Folat, dan Kobalamin (Vitamin B12). Karena banyaknya jenis vitamin B, vitamin B biasanya disebut dengan vitamin B kompleks. Pada umumnya, vitamin B kompleks berperan penting dalam proses pembentukan energi (ATP).



kemudian diserap oleh epitelium usus halus dengan bantuan transporter

Gambar 2. Peran vitamin B kompleks dalam proses pembentukan ATP (energi)

(Sumber : Gluckman et.al, 2015)

di distribusikan ke seluruh tubuh. Didalam tubuh, tiamin akan diubah kedalam bentuk aktifnya kembali (TTP) sebelum dapat digunakan, khususnya untuk menjalankan proses metabolisme energi siklus asam trikarboksilat (TCA).

Selain dari bahan makanan, tiamin juga dapat ditemukan di usus besar, karena bakteri usus mampu memproduksi vitamin B1, baik dalam bentuk tiamin bebas maupun TTP. Tiamin bebas yang diproduksi di usus besar akan langsung diserap dan diedarkan melalui aliran darah, sama seperti vitamin B1 yang berasal dari bahan makanan, namun TTP yang diproduksi oleh bakteri di usus besar tidak diubah kedalam bentuk tiamin terlebih dahulu, melainkan langsung diserap di usus besar dengan bantuan transporter TTP (TPPT-1) yang banyak ditemukan pada membran apikal usus besar. TTP yang diserap dibawa ke masuk ke mitokondria sel dengan bantuan transporter MTPP-1 dan digunakan sebagai kofaktor pembuatan ATP (energi).

Tiamin juga memiliki peran penting dalam pembentukan struktur dan fungsi membran, termasuk pada axoplasmic, mitokondria, dan membran sinapsomal, yaitu tiamin berkerja melawan agen dari sitotoksisitas dan membantu perbaikan kerusakan membran. Vitamin seperti tiamin juga berperan dalam pembentukan otak janin pada masa kehamilan, dan juga otak bayi pada masa pasca kelahiran. Pada masa kehamilan, kecukupan vitamin B1 juga akan meningkat sehingga menurut Angka Kecukupan Gizi tahun 2019, perlu ditambahkan asupan tiamin (vitamin B1) sebanyak 0,3 mg per hari.

Defisiensi tiamin pada masa kehamilan dapat mengakibatkan ketidaksempurnaan pembentukan syaraf tulang belakang, enzim pada otak, myelinogenesis dan lipogenesis. Dampak dari ketidaksempurnaan tersebut dapat mengakibatkan berkurangnya kemampuan psikomotor dan sensoris yang nantinya dapat berakibat menjadi retardasi pada anak.

b. Riboflavin (vitamin B2)

Vitamin B2 yang terkandung dalam bahan makanan dapat ditemukan dalam bentuk riboflavin bebas maupun dalam bentuk FAD dan FMN. Riboflavin bebas dapat ditemukan dalam susu dan telur, tetapi FAD dan FMN lebih banyak ditemukan dalam bahan makanan. FAD dan FMN harus

dibebaskan dari protein pengikatnya di lambung, setelah itu di hidrolisis untuk menghasilkan riboflavin bebas agar dapat diserap di usus halus. Proses penyerapan riboflavin dibantu oleh transporter-nya, yaitu RFVT1, RFVT2, dan RFVT3. Setelah diserap, riboflavin akan diubah menjadi FMN dan FAD. Riboflavin juga dapat diedarkan langsung ke dalam darah atau dibawa ke hati, begitu juga dengan FMN.

Selain berperan dalam pembentukan ATP, riboflavin juga berperan sebagai antioksidan melalui enzim glutathione peroxidase, dengan kata lain riboflavin mampu menangkal radikal bebas yang dapat merusak sel normal tubuh. FMN dan FAD yang dihasilkan dari vitamin B2, juga merupakan kofaktor enzim yang penting bagi tubuh, keduanya berperan dalam regulasi niasin, folat, dan vitamin B6, juga dalam sintesis protein heme seperti hemoglobin.

Pada masa kehamilan, riboflavin dibawa ke plasenta dengan bantuan protein pengikat spesifik dan jumlah riboflavin bebas yang ada di dalam plasenta juga akan lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah riboflavin bebas dalam sirkulasi darah ibu. Riboflavin memiliki peran penting bagi pertumbuhan janin. Penelitian menunjukkan bahwa asupan riboflavin memiliki hubungan positif terhadap pertumbuhan janin, sehingga selama masa kehamilan dibutuhkan tambahan asupan riboflavin sebanyak 0,3 mg. Sedangkan selama masa menyusui, Angka Kecukupan Gizi tahun 2019 menyatakan diperlukan tambahan riboflavin sebanyak 0,4 mg, dikarenakan hanya 70% riboflavin yang digunakan untuk memproduksi ASI.

Defisiensi riboflavin dapat mengakibatkan kelahiran prematur pada masa akhir kehamilan, dimana terjadi peningkatan akumulasi riboflavin pada janin. Jika selama masa kehamilan terjadi defisiensi riboflavin, kemungkinan defisiensi ini juga akan berlangsung hingga masa melahirkan, menyusui, bahkan setelah menyusui. Keracunan riboflavin berlebih jarang terjadi, karena riboflavin tidak diserap banyak oleh usus halus.

c. Niasin (Vitamin B3)

Vitamin B3/Niasin biasa digunakan untuk mewakili senyawa nikotinamida dan asam nikotina, juga beberapa bentuk aktif lainnya. Nikotinamida merupakan komponen koenzim nikotinamida adenin

dinukleotida (NAD) dan NAD fosfat. NAD berperan dalam proses penguraian zat gizi makro untuk menghasilkan energi, sementara NAD fosfat berperan dalam proses biosintesis asam lemak dan steroid seperti kolesterol, maka dari itu niasin biasanya digunakan untuk mengatasi kadar HDL yang rendah atau LDL yang tinggi. NAD juga berperan dalam perbaikan DNA dan replikasi DNA.

Niasin banyak ditemukan dalam hati sapi, daging ayam, tuna, dan juga pada jamur dan nasi. Niasin banyak diserap di lambung dan usus halus. niasin dalam bentuk nikotinamida dan asam nikotina dapat diserap di usus halus dan selanjutnya untuk asam nikotina akan diubah menjadi nikotinamida. Niasin dapat diproduksi didalam tubuh melalui jalur enzimatik dari triptofan dan kemudian disimpan didalam hati, selain itu vitamin B3 juga dapat diproduksi oleh bakteri di usus menggunakan triptofan juga.

Selama masa kehamilan, terjadi peningkatan produksi niasin dari triptofan yang kemungkinan terjadi akibat perubahan hormon. Nikotinamida disalurkan secara aktif di plasenta sehingga kadarnya akan lebih tinggi pada plasma dibandingkan dengan kada pada plasma darah ibu. Karena selama masa kehamilan terjadi peningkatan kebutuhan energi dan kebutuhan zat gizi untuk pertumbuhan janin, maka kebutuhan vitamin B3 juga meningkat sebanyak 4 mg per hari (AKG 2019). Defisiensi niasin dalam jangka waktu yang lama sendiri dapat mengakibatkan penyakit wasting yang biasa disebut pellagra, yang dapat berakibat fatal jika tidak diatasi. Defisiensi niasin juga dapat dipengaruhi oleh kecukupan riboflavin dan piridoksin (vitamin B6).

d. Asam Pantotenat (Vitamin B5)

Asam pantotenat merupakan prekursor koenzim A (CoA) yang sangat penting dalam siklus TCA dan juga proses oksidasi asam lemak. Vitamin B5 juga berperan dalam menjaga kesehatan imunitas. Vitamin B5 dapat meningkatkan respon pertahanan terhadap infeksi Mycobacterium tuberculosis dengan cara meningkatkan fungsi imunitas innate dan adaptive. Vitamin B5 dapat ditemukan pada bahan makanan yang mengandung CoA yang tinggi, seperti hati ayam, telur, daging ayam, dan produk fermentasi kacang kedelai.

Sesuai fungsinya, vitamin B5 pada masa kehamilan berperan dalam pertumbuhan janin. Defisiensi vitamin B5 sangat jarang terjadi, karena banyak

bahan makanan yang mengandung vitamin B5, tetapi studi terhadap tikus menunjukkan bahwa defisiensi vitamin B5 dapat mengakibatkan kaku pada tangan dan kaki, kelelahan, gangguan tidur, dan gangguan pencernaan dengan anoreksia, dan saat kehamilan dapat mengakibatkan retardasi pertumbuhan janin, cacat kongenital, bahkan kematian janin.

e. Piridoksin (Vitamin B6)

Piridoksin dibutuhkan oleh sekitar 100 enzim untuk menjalankan fungsinya, juga berperan penting dalam metabolisme asam amino dan karbohidrat, biosintesis lipid, fungsi hormon, pembentukan neurotransmitter dan asam nukleat, pembentukan sel darah merah, dan juga fungsi sistem imun. Nama vitamin B6 berkaitan dengan 6 komponen: Piridoksal (PL), Piridoksin, Piridoksamin, dan bentuk aktifnya yaitu Piridoksal-5'-fosfat (PLP), Piridoksin-5'-fosfat, dan piridoksamin-5'-fosfat.

Vitamin B6 banyak ditemukan dalam bahan makanan hewani dalam bentuk PL dan PLP, dan juga piridoksin dan piridoksin-5'-fosfat pada bahan makanan nabati. Didalam tubuh semua bentuk vitamin B6 akan diubah menjadi bentuk koenzimatik nya, yaitu PLP. Karena vitamin B6 berperan dalam pembentukan dan metabolisme neurotransmitter, dengan kata lain vitamin B6 juga berperan penting dalam pertumbuhan sel pada jaringan tubuh, bahkan sel darah merah (hemoglobin).

Vitamin B6 penting bagi ibu hamil karena digunakan untuk menjaga pembentukan dan perkembangan reseptor di otak yang dapat mempengaruhi kemampuan belajar dan daya ingat anak. Kadar PLP dalam tubuh akan menurun saat masa kehamilan, terutama pada trimester ketiga, hal ini dikarenakan janin terus menyerap vitamin B6 selama masa kehamilan, sehingga nanti saat akhir trimester, kadar PLP akan lebih tinggi pada janin dibandingkan tubuh.

Asupan vitamin B6 yang kurang pada masa kehamilan akan mengakibatkan rendahnya kadar vitamin B6 pada bayi nantinya. Defisiensi vitamin B6 pada masa kehamilan juga menyebabkan hiperhomosisteinemia yang memiliki hubungan dengan preeklampsia, kelahiran prematur, dan juga berat bayi baru lahir rendah (BBLR). Rendahnya kadar vitamin B6 juga dapat menurunkan kesuburan wanita. Selain itu vitamin B6

juga direkomendasikan untuk mengobati *morning sickness* selama masa kehamilan. Defisiensi vitamin B6 juga dapat menyebabkan anemia yang tentunya dapat membahayakan janin jika terjadi pada masa kehamilan.

f. Biotin (Vitamin B7)

Sama seperti vitamin B lainnya, biotin berperan penting dalam metabolisme energi, yaitu sebagai koenzim pada proses karboksilase, juga dalam proses glukoneogenesis, pembentukan asam lemak, dan katabolisme asam amino. Secara alami biotin diproduksi oleh bakteri di usus dan juga tersedia pada banyak bahan makanan seperti hati dan kuning telur, tetapi perlu diperhatikan bahwa avidin pada putih telur yang mentah dapat mengikat biotin dan mengurangi penyerapan biotin. Selain itu biotin juga dapat ditemukan dalam kedelai, biji bunga matahari, susu, keju, daging ayam dan sapi, juga pada beberapa sayuran dan buah.

Saat masa kehamilan, kadar biotin yang dibawa ke dalam plasenta tidak sangat tinggi, sehingga menimbulkan perbedaan kadar biotin pada plasma antara ibu dan janin. Tetapi selama masa kehamilan terjadi peningkatan pemecahan biotin yang dapat menyebabkan gangguan penyerapan biotin yang nantinya akan menimbulkan defisiensi biotin bila tidak diatasi. Bila defisiensi biotin selama masa kehamilan tidak diatasi, akan menimbulkan perubahan ekspresi gen dan dapat terjadi teratogenesis/cacat pada janin, tetapi hal ini belum pernah terjadi pada manusia.

g. Folat (Vitamin B9) dan Asam Folat

Folat merupakan vitamin B esensial, karena hanya dapat diproduksi oleh mikroorganisme dan beberapa jenis tumbuhan, sehingga tubuh manusia tidak dapat memproduksi folat. Folat merupakan koenzim dalam reaksi biokimia seperti metabolisme asam amino, sintesis purin dan nukleotida pirimidin, siklus metilasi, dan metabolisme homosistein-metionin. Folat juga berperan dalam sintesis homosistein, yaitu asam amino yang tidak dapat ditemukan dalam protein.

Folat berperan penting dalam proses metilasi DNA, yang merupakan bagian penting dalam proses epigenetik. Folat memiliki peran dalam biosintesis nukleotida, yang artinya juga bahwa folat berperan penting dalam

sintesis DNA dan RNA. Selama masa kehamilan, terjadi peningkatan pembelahan sel (pada janin) sehingga terjadi juga peningkatan sintesis DNA dan RNA yang menyebabkan peningkatan kebutuhan folat pada masa kehamilan.

Peningkatan kebutuhan folat selama masa kehamilan perlu dipenuhi, jika tidak terpenuhi (terjadi defisiensi) dapat menyebabkan gangguan neural tube defects (NTD) anensefali dan juga encephalocele. Selama masa kehamilan, kebutuhan folat meningkat sebanyak 200 mikrogram menurut AKG 2019, suplementasi folat juga penting selama masa kehamilan karena biasanya angka kecukupan folat tidak terpenuhi jika hanya mengonsumsi makanan sumber folat saja. Asupan folat juga perlu diperhatikan secara khusus pada trimester ketiga dimana terjadi pertumbuhan janin yang pesat dan juga penumpukan cadangan folat pada janin. Asupan folat yang rendah juga terbukti memiliki hubungan dengan pertumbuhan anak yang terhambat dan autisme pada anak.

Asupan folat juga mempengaruhi kesehatan janin selama masa kehamilan. Sebuah studi menunjukkan bahwa suplementasi asam folat dapat menurunkan resiko terjadinya abruptio placentae yaitu kondisi dimana plasenta lepas dari rahim yang dapat membahayakan janin. Selain itu folat juga melindungi ibu dari resiko terjadinya komplikasi penyakit vaskular saat kehamilan seperti hipertensi.

h. Kobalamin (Vitamin B12)

Pada umumnya vitamin B12 hanya dapat ditemukan pada produk hewani, vitamin B12 diproduksi oleh mikroorganisme seperti alga dan bakteri, yang kemudian dikonsumsi oleh hewan, selain itu hewan herbivora juga memiliki bakteri yang dapat memproduksi vitamin B12 didalam sistem pencernaannya. Sumber utama vitamin B12 adalah olahan susu, daging terutama hati, produk unggas seperti daging ayam dan telur, juga daging ikan. Selain produk hewani, vitamin B12 juga dapat ditemukan pada makanan terfortifikasi.

Kobalamin dibutuhkan untuk mensintesis asam lemak dan mielin, dan juga penting untuk menjaga fungsi syaraf. Bersama dengan folat, vitamin B12 juga memiliki peran dalam pembentukan sel darah merah dan sintesis DNA.

Begitu juga dalam proses pembentukan embrio, seperti folat, vitamin B12 juga berperan penting dalam pembentukan jaringan syaraf dan pembentukan otak.

Vitamin B12 yang berasal dari makanan akan berikatan dengan protein dan kemudian akan dipecah oleh pepsin. Vitamin B12 yang sudah terpisah dari protein akan dibawa oleh faktor intrinsik dan diserap di usus halus melalui reseptor faktor intrinsik. Didalam darah, vitamin B12 akan terikat dengan transkobalamin I, II, dan III. Vitamin B12 dapat diubah menjadi 2 bentuk aktif sebagai kofaktor enzim, salah satunya adalah metilkobalamin yang berperan sebagai kofaktor metionin sintase yang memiliki fungsi sebagai katalis proses perubahan homosistein menjadi metionin.

Karena memiliki peran yang serupa dengan folat, vitamin B12 juga berperan dalam proses sintesis DNA dan pembelahan sel pada sel darah. Pada masa kehamilan, vitamin B12 dapat ditemukan dalam plasenta dan juga ASI pada masa menyusui. Penyerapan vitamin B12 juga akan meningkat selama masa kehamilan, meskipun begitu, kadar vitamin B12 dalam serum darah akan menjadi lebih rendah dibandingkan saat masa sebelum kehamilan, karena pembentukan janin membutuhkan vitamin B12 yang cukup banyak, terutama pada awal trimester.

Asupan vitamin B12 sangat penting selama masa kehamilan, karena tubuh tidak akan menggunakan cadangan vitamin B12 yang tersimpan dalam hati ibu, melainkan hanya menggunakan vitamin B12 yang baru diserap dari makanan. Dari plasenta, vitamin B12 akan dibawa ke janin menggunakan transpor aktif, selama masa 2 trimester akhir, diperkirakan kadar vitamin B12 yang dibawa kedalam janin adalah sebanyak 0,1 sampai 0,2 mikrogram per hari, jika asupan ibu adekuat. Menurut AKG 2019 juga, selama masa kehamilan diperlukan asupan tambahan vitamin B12 sebanyak 0,2 mikrogram per hari.

Karena memiliki peran dan fungsi yang serupa dengan folat, defisiensi vitamin B12 juga memiliki korelasi dengan kejadian NTD seperti ansefali dan spina bifida. Selain itu, menjaga asupan vitamin B12 yang adekuat juga penting selama masa menyusui, karena pada saat baru lahir, bayi tidak memiliki cadangan vitamin B12 yang cukup, maka dari itu menurut AKG 2019

ibu menyusui memerlukan asupan tambahan vitamin B12 sebanyak 1 mikrogram per hari.

2. Vitamin C

Vitamin C, yang memiliki nama lain asam askorbat merupakan vitamin esensial yang fungsi utamanya adalah sebagai zat antioksidan, yang dapat menjaga kesehatan tubuh dan dibutuhkan dalam proses metabolisme normal tubuh. Vitamin C banyak ditemukan pada buah-buahan dan sayuran seperti jeruk, lemon, paprika, cabai, pepaya, kentang, brokoli, dan tomat. Penyerapan vitamin C bergantung pada dosisnya, jika jumlahnya berlebih/sangat tinggi (misal dari suplemen) tidak akan diserap seluruhnya oleh tubuh, normalnya tubuh hanya menyerap 80mg asam askorbat per hari. Asam askorbat yang tidak diserap oleh tubuh akan di eksresikan melalui urin. Bila dosis yang dikonsumsi sangat tinggi, asam askorbat yang tidak diserap akan di degradasi di usus halus dan dapat menyebabkan gangguan pada saluran pencernaan.

Vitamin C bekerja dengan cara menarik oksidan reaktif pada leukosit aktif, paru-paru, dan juga mukosa lambung, selain oksidan reaktif, vitamin C juga melindungi dari lipid peroksidasi. Vitamin C juga berperan dalam biosintesis kolagen, karnitin, hormon, dan asam amino. Vitamin C juga terbukti dapat meningkatkan penyerapan zat besi non heme dari makanan yang dikonsumsi.

Vitamin C banyak ditemukan di otak, sehingga timbul asumsi bahwa ada peran penting vitamin C pada otak. Penelitian pada hewan menunjukkan bahwa vitamin C berperan dalam perkembangan syaraf, lebih spesifiknya bagian hippocampus. Karena perannya sebagai antioksidan, vitamin C diperlukan selama masa kehamilan untuk melindungi tubuh dari terjadinya infeksi dan komplikasi saat kehamilan, seperti preeklampsia, kerusakan membran prematur (PROM) dan juga kelahiran prematur. Selama masa kehamilan, vitamin C dibawa ke janin secara aktif, sehingga kadar vitamin C pada plasma ibu akan menurun, maka dari itu diperlukan tambahan asupan vitamin C sebanyak 10 mg per hari menurut AKG 2019.

BAB VI

METABOLISME MINERAL DIMASA KEHAMILAN

Persyaratan untuk sebagian besar vitamin dan mineral meningkat selama kehamilan karena tuntutan metabolisme yang terkait dengan pertumbuhan plasenta dan janin, perluasan jaringan ibu dan volume plasma, dan peningkatan nutrisi untuk kebutuhan pemeliharaan jaringan. Adaptasi kehamilan secara fisiologis melibatkan perubahan penyerapan vitamin dan mineral, dan pemanfaatannya disesuaikan dengan perubahan kebutuhan nutrisi ini sesuai dengan periode kehamilan.

Kehamilan menyebabkan meningkatnya metabolisme energi. Kebutuhan energi dan zat gizi lainnya meningkat selama kehamilan. Peningkatan energi dan zat gizi tersebut diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan janin, penambahan besarnya organ kandungan, serta perubahan komposisi dan metabolisme tubuh ibu. Sehingga kekurangan zat gizi tertentu yang diperlukan saat hamil dapat menyebabkan janin tumbuh tidak sempurna.

Kekurangan energi kronis atau yang selanjutnya disebut dengan KEK merupakan suatu keadaan dimana status gizi seseorang buruk yang disebabkan kurangnya konsumsi pangan sumber energi yang mengandung zat gizi makro. Kebutuhan wanita akan meningkat dari biasanya jika pertukaran dari hampir semua bahan itu terjadi sangat aktif terutama pada trimester III. Peningkatan jumlah konsumsi makan perlu ditambah terutama konsumsi pangan sumber energi untuk memenuhi kebutuhan ibu dan janin, maka kurang mengkonsumsi kalori akan menyebabkan malnutrisi.

Kebutuhan makanan pada janin, meliputi:

- * Pengetahuan mengenai keperluan makanan pada janin manusia belum banyak
- * Beberapa sumber informasi mengatakan beberapa keperluan makanan pada janin manusia :
 1. Keperluan oksigen dan reduksi CO₂
 2. Kebutuhan makanan atau substrat metabolik minimal transfer dari Ibu ke janin dan transfer produksi kata bolik dari janin ke Ibu.
 3. Perubahan perkembangan dalam komposisi badan janin

Ibu KEK adalah ibu yang ukuran LILAny $< 23,5$ cm dan dengan salah satu atau beberapa kriteria sebagai berikut : a. Berat badan ibu sebelum hamil < 42 kg. b. Tinggi badan ibu < 145 cm. c. Berat badan ibu pada kehamilan trimester III < 45 kg. d. Indeks masa tubuh (IMT) sebelum hamil $< 17,00$ e. Ibu menderita anemia ($Hb < 11$ gr %) (Weni, 2010).

Selama masa kehamilan, dari sekian banyak vitamin dan mineral yang dibutuhkan, ada beberapa yang patut menjadi perhatian karena pengaruhnya, dan salah satunya adalah Asam Folat (Prasetio, 2008). Folasin dan Folat adalah nama generik sekelompok ikatan yang secara kimiawi dan gizi sama dengan asam folat. Ikatan-ikatan ini berperan sebagai koenzim dalam transportasi pecahan-pecahan karbon-tunggal dalam metabolisme asam amino dan sintesis asam nukleat. Bentuk koenzim ini adalah Tetra Hidrofolat (THF). Folat dalam makanan terdapat sebagai Poliglutamat yang terlebih dahulu harus dihidrolisis menjadi bentuk Monoglutamat di dalam mukosa usus halus, sebelum ditransportasi secara aktif ke dalam sel usus halus. Folat di dalam sel kemudian diubah menjadi 5-metil-tetrahidrofolat dan dibawa ke hati melalui sirkulasi darah portal untuk disimpan. Hati merupakan tempat penyimpanan utama folat (Almatsier, 2013).

Asam Folat merupakan salah satu vitamin yang kebutuhannya berlipat dua bagi ibu dan janin. Banyak wanita di negara sedang berkembang maupun yang telah maju mengalami kekurangan asam folat karena kandungan asam folat didalam makanan sehari-hari tidak tercukupi. Pemenuhan kebutuhan asam folat berbeda beda pada setiap orangnya. Pada masa kehamilan, kebutuhan asam folat akan meningkat. Bukan cuma penting buat si ibu yang sedang mengandung, tapi juga penting buat pertumbuhan dan perkembangan janin yang sedang dikandung (Arisman, 2010).

Kurangnya konsumsi asam folat biasanya terjadi pada masyarakat yang pengetahuan dan sikapnya rendah, tidak mengetahui darimana sumber memperoleh makanan yang kaya folat secara teratur. Kekurangan asam folat pada ibu hamil menyebabkan gangguan metabolisme DNA dan anemia, Bagi janin menyebabkan terjadinya kecacatan pada bayi yang akan dilahirkan (Almatsier, 2013).

Laporan World Health Organization (WHO) tahun 2013, bahwa untuk wilayah Amerika Serikat kejadian cacat bawaan fisik dijumpai 1,32 per 1000 kelahiran hidup, salah satunya karena kekurangan asam folat. Asam folat dikategorikan aman dikonsumsi ibu hamil dan 2/3 kasus *Neural Tube Defect* (NTD) bisa diselamatkan

dengan mengonsumsi 400-600 mcg asam folat. Sejak tahun 1995, Australia mengizinkan beredarnya makanan yang diperkaya dengan asam folat sebagai upaya untuk menurunkan angka kejadian NTD (Devianty et al., 2013).

Di Indonesia, melalui Departemen Kesehatan, mewaspadaikan terjadinya gangguan pada janin dan ibu hamil. Karena, sekitar 24-60% ibu hamil tidak mengetahui kekurangan asam folat di dalam makanan yang mereka konsumsi. Oleh karena itu, ibu hamil sangat dianjurkan untuk mengonsumsi makanan dengan gizi seimbang, kaya asam folat, dan minum pil suplemen asam folat semenjak sebelum dan saat kehamilan (Arisman, 2010).

Pada ibu hamil, asam folat berperan penting dalam pembentukan satu per tiga sel darah merah. Itu sebabnya, ibu hamil yang mengalami kekurangan asam folat umumnya juga mengalami anemia. Oleh karena itu asam folat dikonsumsi dari awal kehamilan hingga selama kehamilan sebanyak 400µg/hari. Anemia pada kehamilan disebabkan karena salah satunya kekurangan asam folat, dengan segala konsekuensinya, terlihat pucat dan mudah letih, lesu dan lemas. Bahkan juga berisiko mengalami persalinan prematur, solusio plasenta dan abortus (Arisman, 2010).

Dalam bab ini akan dipaparkan berkaitan dengan beberapa mineral yang penting dalam masa kehamilan. Sebagaimana diketahui bahwa gizi ibu sangat penting bagi kehamilan. Derajat kesehatan ibu selama kehamilan dapat dilihat melalui salah satu indikator yaitu Angka Kematian Ibu (AKI). AKI merupakan salah satu target yang telah ditentukan dalam tujuan pembangunan millennium yaitu tujuan ke 5, meningkatkan kesehatan ibu dimana target yang akan dicapai sampai tahun 2015 adalah mengurangi sampai $\frac{3}{4}$ resiko jumlah kematian ibu. Terdapat dua kategori kematian ibu yaitu disebabkan oleh penyebab langsung obstetri yaitu kematian yang diakibatkan langsung oleh kehamilan dan persalinannya, dan kematian yang disebabkan oleh penyebab tidak langsung yaitu kematian yang terjadi pada ibu hamil yang disebabkan oleh penyakit dan bukan oleh kehamilan atau persalinannya.

Menurut data World Health Organization (WHO) dalam Maternal and Reproductive Health Pada tahun 2013 kematian ibu terjadi setiap hari, sekitar 800 perempuan meninggal karena komplikasi kehamilan dan kelahiran anak. Penyebab utama kematian adalah perdarahan, hipertensi, infeksi dan penyebab tidak langsung, sebagian besar karena interaksi antara kondisi medis yang sudah ada sebelumnya dan kehamilan. Dari 800 kematian ibu setiap harinya, 500 terjadi di

Afrika Sub-Sahara dan 190 di Asia Selatan. Risiko seorang wanita dinegara berkembang meninggal akibat penyebab ibu berhubungan selama hidupnya adalah sekitar 23 kali lebih tinggi dibandingkan dengan wanita yang tinggal dinegara maju. Kematian ibu merupakan indikator kesehatan yang menunjukkan kesenjangan yang sangat lebar antara daerah kaya dan miskin, perkotaan dan pedesaan, dan lain-lain. Bab ini terbagi dua penjelasan yaitu mineral makro dan mikro.

MINERAL

Kebutuhan mineral selama kehamilan umumnya lebih tinggi daripada untuk wanita yang tidak hamil karena meningkatnya kebutuhan mereka sebagai komponen ibu dan anak jaringan janin, dan untuk memudahkan proses metabolisme itu terjadi selama kehamilan.

- * Dari 2 minggu kehamilan diperlukan zat besi : 3,1 mg/hari
- * Zinc : 2,0 mg/hari (0,6 mg/kg/hari)
- * Copper mendekati Aterm : 0,023 mg/kg/hari
- * Kalsium mendekati Aterm : 300 mg/hari
- * Phosphor mendekati Aterm : 179 mg/hari
- * Magnesia mendekati Aterm : 5 mg/hari

Retensi Phospor dan magnesia bertahan sampai bayi lahir umur 6 bulan.

VITAMIN D dan KALSIUM

- * Vitamin D diperlukan untuk pembentukan & pertumbuhan tulang. Berperan dalam absorpsi & utilisasi Ca. Bersama mineral pembentuk tulang yaitu Ca, P, & Mg, dibutuhkan dalam jumlah lebih besar selama kehamilan;
- * Asupan vitamin D yang sangat kurang (defisiensi vitamin D) menghambat pertumbuhan tulang & gigi janin, dan osteomalacia pada ibu
- * RDA vitamin D biasanya dapat terpenuhi melalui ekspose tubuh dibawah sinar matahari, atau susu yang difortifikasi vitamin D.
- * Vegetarian dapat mencukupi vitamin D dari ekspose tubuh dibawah sinar matahari setiap hari, atau susu kedele yang difortifikasi vitamin D

KALSIUM (Ca)

- * Dari studi, ditemukan pada banyak bumil defisiensi Ca
- * Pada kehamilan, Ca diperlukan untuk mineralisasi rangka tulang & gigi janin. Absorpsi Ca pada awal kehamilan menjadi lebih dari dua kali lipat, dan disimpan dalam tubuh ibu. Selama trimester akhir, saat proses kalsifikasi tulang janin, transfer Ca ke plasenta menjadi lebih deras.; pada minggu-minggu terakhir kehamilan, lebih dari 300 mg Ca ditransfer ke janin setiap hari.
- * Tambahan Ca untuk RDA pada trimester 1, 2, 3, yaitu 150 mg/hr; Total RDA untuk bumil 950 mg/hr; Bila asupan Ca dari makanan kurang, dapat ditambah suplemen Ca ± 600 mg / hr.

ZAT BESI (Fe)

- * Dari studi diketahui lebih banyak bumil defisiensi Fe Seringkali saat memasuki kehamilan, simpanan Fe bumil nya sangat sedikit
- * Diperlukan penambahan Fe pada bumil untuk meningkatkan simpanan Fe ibu; untuk proses meningkatkan volume darah ibu, & mencukupi kebutuhan plasenta & janin. Dari simpanan Fe ibu, janin juga mendeposit Fe, digunakan mencukupi kebutuhan saat bayi lahir s/d 4-6 bln, terutama bila ASI defisiensi Fe. Ibu yang melahirkan dengan operasi cesar kehilangan darah lebih banyak, menguras simpanan Fe ibu
- * Untuk memenuhi tingginya kebutuhan Fe saat kehamilan, terjadi penyesuaian-penyesuaian di tubuh ibu. Menstruasi berhenti, absorpsi Fe meningkat lebih dari tiga kali lipat sehingga transferrin darah meningkat. Namun simpanan Fe ibu seringkali masih kurang, maka disarankan bumil makan suplemen selama trimester 2 & 3 (30-60 mg/hr).
- * Untuk memperlancar absorpsi Fe, konsumsi suplemen agar dilakukan diantara 2 waktu makan atau saat mau tidur dalam kondisi perut sudah kosong menggunakan air putih. Jangan menggunakan susu, kopi atau teh karena menghambat absorpsi Fe. Vitamin C tidak membantu absorpsi Fe yang dari suplemen, karena Fe suplemen sudah dalam bentuk Ferrous. Vitamin C hanya membantu absorpsi Fe yang berasal dari makanan.
- * Tambahan Fe untuk bumil pada trimester 2 dan 3 berturut-turut ± 9 mg dan 13 mg, dan RDA nya berturut-turut 35 mg & 39 mg per hari

* Sumber: hati, daging, sayuran bayam

Baru-baru ini dekade, tingkat anemia defisiensi besi pada kehamilan memiliki tetap tinggi pada wanita di negara berkembang maupun negara-negara maju. Anemia kekurangan zat besi di awal kehamilan meningkatkan risiko kelahiran premature dan bayi berat lahir rendah sebanyak dua hingga tiga kali. Kekurangan besi selama kehamilan terkait dengan skor yang lebih rendah pada tes kecerdasan, bahasa, motorik kasar, dan perhatian dalam terpengaruh anak-anak pada usia 5 tahun. Mekanismenya yang mendasari efek ini tidak diketahui, tetapi mereka mungkin terkait untuk menurunkan pengiriman oksigen ke plasenta dan janin, peningkatan tingkat infeksi, atau efek buruk zat besi kekurangan perkembangan otak. Kekurangan zat besi sering terjadi menjelang akhir kehamilan bahkan di kalangan wanita yang memasuki kehamilan dengan beberapa toko besi. Jauh lebih banyak umum dari anemia defisiensi besi

Pada trimester, kadar hemoglobin mengindikasikan iron defisiensi anemia adalah:

- , 11,0 g / dL pada trimester pertama dan ketiga
- , 10,5 g / dL pada trimester kedua

Titik potong serum ferritin yang mengindikasikan anemia defisiensi besi dalam kehamilan juga telah dikembangkan

	Serum Ferritin, ng/mL
Normal	>35
Depleted Stores	<20
Iron Deficiency	≤15

Gambar 2. Cut-off Kadar serum ferritin
(Sumber: Brown, 2011)

IODIUM (I)

- * Hasil survei klinis menunjukkan lebih banyak bumil menderita pembengkakan kelenjar tiroid. Sementara itu, defisiensi Iodium yaitu bumil menderita gondok dapat menghasilkan anak yang juga berpeluang lebih menderita gondok

- * Tambahan Iodium pada bumil diperlukan karena ada peningkatan basal metabolic rate
- * Besar pertambahannya yg disarankan 50 ug/hr pada 3 trimester, dan besar RDA untuk bumil adalah 200 ug/hr (WKNPG, 2004)
- * Sumber: pangan laut (kerang, udang, rumput laut), garam beryodium

Yodium dibutuhkan dalam kehamilan oleh ibu dan janin untuk fungsi tiroid dan produksi energi, dan untuk janin pengembangan otak. Kekurangan yodium di awal kehamilan dapat menyebabkan hipotiroidisme pada keturunannya. Hipotiroidisme pada bayi adalah endemik di bagian selatan dan Eropa timur, Asia, Afrika, dan Amerika Latin. Insiden hipotiroidisme bayi telah ditemukan menurun lebih dari 70% ketika wanita berisiko dalam perkembangan negara diberikan suplemen yodium sebelum atau di AS paruh pertama kehamilan.

MAGNESIUM (Mg)

- * Hasil pengamatan pada bumil kandungan Mg dalam serum menurun 7-12%; Defisiensi Mg mengakibatkan penegangan pada pembuluh darah plasenta dan umbilikal
- * Mg bersama Ca, berperan selain sebagai unsur pembentuk tulang, juga berperan antagonistik dalam mengatur impuls syaraf, Ca untuk stimulator dan Mg untuk relaksor
- * WKNPG (2004) menyarankan pertambahan 30 mg/hr sehingga besar RDA untuk bumil 270 mg/hr
- * Sumber: di banyak jenis pangan seperti; daging, susu, pangan laut, kacang-kacangan, sayuran

ZINK (Zn)

- * Dari pengamatan pada bumil didapat terjadi penurunan tingkat Zn dalam sirkulasi, bersamaan dengan periode organogenesis; Tingkat Zn yang menurun yaitu ketika janin sangat peka terhadap teratogen, yaitu serangan

toksin penyebab janin abnormal, & berisiko tinggi terkena cacat bawaan, atau aborsi spontan; Kadar Zn rendah dalam darah merupakan prediktor BBLR

- * Zn diperlukan untuk sintesis DNA & RNA yang berperan dalam sintesis protein, untuk pembentukan dan pertumbuhan sel
- * Tambahan Zn pada trimester 1, 2, 3, berturut-turut yaitu; 1,7, 4,2, & 10,2 mg; RDA Zn berturut-turut 11mg, 13,5mg & 19,5mg
- * Bila kadar Zn menurun, perlu suplementasi Zn 15-20 mg/hr dengan menjaga agar suplementasi Fe \leq 60 mg, agar absorpsi Zn dalam serum meningkat. Asupan Fe dosis lebih tinggi menghambat absorpsi & utilisasi Zn.
- * Sumber Zn: pangan hewani (susu, daging, hati, kerang, telur); dan kacang-kacangan, sereal hanya daya serap rendah

NATRIUM (Na)

Sodium memainkan peran penting dalam menjaga tubuh keseimbangan air. Persyaratan untuk itu meningkat tajam selama kehamilan karena ekspansi volume plasma. Tetapi kebutuhan akan peningkatan jumlah natrium dalam kehamilan tidak selalu dihargai. Tigapuluh tahun yang lalu di Amerika Serikat, praktik itu diterima untuk menempatkan semua wanita hamil pada diet rendah sodium. Dulu kemudian berpikir bahwa natrium meningkatkan retensi air dan tekanan darah, dan pembatasan natrium itu akan mencegah edema dan tekanan darah tinggi. Kita sekarang tahu ini tidak akurat dan asupan natrium yang tidak memadai tentunya sangat bertentangan dan berpengaruh terhadap hasil kehamilan.

- * Produksi hormon yang meningkat waktu hamil, maka meningkat pula metabolisme Na. Volume darah bumil yang juga meningkat menyebabkan peningkatan filtrasi Na glomerular. Mekanisme kompensasi diperlukan untuk menjaga keseimbangan cairan dengan elektrolit.
- * Tidak disarankan untuk menurunkan konsumsi Na secara berlebihan, atau memberi resep diuretics pada bumil yang menderita edema, menyebabkan timbul stres pada sistem renin-angiotensin-aldosterone sehingga menyebabkan intoxikasi cairan dan ginjal serta necrosis pada jaringan

adrenal dan mengakibatkan neonatal hyponatremia (konsentrasi Na dalam darah, rendah)

- * Konsumsi Na pada kehamilan dijaga secukupnya saja, tidak kurang dari 2-3 gr/hr.
- * Sumber: hewani lebih banyak daripada nabati (wortel, bayam)

AIR

- * Saat hamil, terjadi pembesaran uterus yang akan menekan usus bagian bawah, sulit buang air besar
- * Perlu peningkatan konsumsi air sekurangnya 6 – 8 gelas sehingga dapat merangsang buang air besar, terutama juga mencegah infeksi ginjal

Beberapa penelitian

1. Asupan zat gizi dan air yang adekuat pada ibu hamil erat kaitannya dengan hasil (output) kehamilan (berat dan panjang badan) (Marangoni et al. 2016; Renault et al. 2015).
2. Asupan zat gizi dan air dapat mempengaruhi kondisi kesehatan (inflamasi tubuh) (Minihane et al. 2015)
3. Kehamilan merupakan kondisi yang berhubungan dengan metabolisme tubuh dan hormon seperti thyroid, progesteron, insulin pada kasus diabetes kehamilan (Derkach et al. 2015; Basu et al. 2011; Harari et al. 2015).

BAB VII

METABOLISME DAN PERTUMBUHAN

Metabolisme adalah seluruh rangkaian reaksi kimia yang berlangsung didalam sel makhluk hidup. Metabolisme terdiri dari dua proses, yaitu Anabolisme (penyusunan zat sederhana menjadi zat kompleks) dan katabolisme (proses pemecahan zat kompleks menjadi sederhana).

Pembentukan suatu energi diperlukan proses katabolisme. Katabolisme disebut juga disimilasi. Pada proses tersebut terjadi penguraian zat kompleks menjadi lebih sederhana dan pembebasan energi kimia yang tersimpan didalamnya.

Glukosa merupakan sumber energi utama pada kebanyakan sel. Kebutuhan energi tidak bergantung pada glukosa karena sel juga dapat memanfaatkan zat organik lain sebagai sumber energi. Sumber energi lain berupa lemak, protein dan molekul karbohidrat lainnya selain glukosa.

Jika glukosa dibutuhkan cepat sebagai suplai energy, maka terjadi proses metabolisme yang dinamakan glikolisis. Jika lemak digunakan sebagai sumber energi, maka gliserol akan diubah menjadi PGAL dan masuk kejalur glikolisis. Jika asam amino dari protein juga dapat berfungsi sebagai sumber energy, maka asam amino dapat diperoleh melalui proses deaminasi.

Dari ketiga metabolisme karbohidrat, lemak , dan protein masuk keproses glikolisis yang berlangsung disitoplasma. Pada glikolisis terjadi 9 tahap dengan hasil akhir dari glikolisis yaitu 2 molekul ATP, 2 molekul asam piruvat, dan 2 NADH. Asam piruvat diubah menjadi asetil ko-A. pada siklus antara (dekarboksilasi oksidatif) yaitu

penghubung antara glikolisis dan siklus krebs, dan siklus ini terjadi dimembran dalam mitokondria.

Selanjutnya, masuk ke proses siklus krebs atau siklus asam sitrat. Pada saat itu asam lemak dan asam amino diubah menjadi asetil Ko-A. Proses ini dimulai ketika asetil Ko-A berikatan dengan asam oksaloasetat membentuk asam sitrat. Sementara Ko-A dilepas dan siap kembali bergabung dengan asam piruvat yang lain. Itulah sebabnya siklus krebs dikenal juga sebagai siklus asam sitrat. Hasil akhir dari siklus krebs adalah 2 ATP, 6 NADH, 4 CO₂ (dibuang) dan 2 FADH.

Pada proses selanjutnya yaitu transport elektron. Transport elektron merupakan peristiwa pemindahan elektron dan ion hydrogen. Elektron tersebut dibawa NADH dan FADH₂ dari satu substrate ke substrate lain secara berantai disertai dengan pembentukan ATP melalui Fosforilasi oksidatif. Fosforilasi oksidatif adalah proses penambahan gugus fosfat anorganik ke molekul ADP. Hasil akhir dari ketiga proses tersebut yaitu menghasilkan 38 ATP.

Proses metabolisme selanjutnya yaitu anabolisme. Telah dijelaskan bahwa glikolisis menghasilkan ATP yang relative kecil. Reaksi berikutnya adalah mengubah asam piruvat menjadi asetil Ko-A kemudian menjadi asam sitrat. Kebanyakan ATP terbentuk dari hasil oksidasi pada siklus krebs dan dihubungkan dengan rantai transport elektron.

Pada saat aktivitas otot meningkat, asam piruvat cenderung diubah menjadi asam laktat dari pada menjadi asetil Ko-A. namun, ketika otot istirahat asam laktat diubah balik menjadi asam piruvat. Selanjutnya piruvat menjadi glukosa dinamakan glukogenesis (anabolisme). Jika glukosa belum dibutuhkan maka asam piruvat akan dibentuk menjadi glikogen melalui proses glikogenesis. Glikogenesis adalah asam piruvat menjadi glikogen. Dalam bab ini akan di bahas berkaitan dengan metabolisme pada kehamilan dan pertumbuhan janin.

7.1 Metabolisme pada kehamilan

METABOLISME MINERAL PADA WANITA HAMIL :

KALSIMUM DAN FOSFOR

- Selama kehamilan metabolisme kalsium dan fosfor mengalami perubahan.
- ABSORBSI kalsium dalam darah menurun pada saat konsentrasi permulaan kehamilan sampai minggu ke-39 konsentrasi fosfor hampir sama.
- Dalam tubuh kalsium berikatan dengan albumin dalam konsentrasi tetap.
- Hormon Parathyroid pada saat kehamilan agak meninggi, karena ada peninggian kebutuhan kalsium.
- Angka kecukupan gizi kalsium wanita hamil :
(500-800) + 400 mg/hari

Sumber kalsium :

- Udang kering- bayam
- Teri kering - Sawi
- Tepung susu - Daun Melinjo
- Keju - - Tepung kacang kedelai

A.K.G FOSFOR : (400-500 mg) + (200-300 mg) / HARI

Sumber Fosfor :

- Teri kering - Kacang tanah kupas
- Tepung susu - Jagung kuning
- Kacang kedelai kering - Keju
- Sardin - Beras setengah giling
- Kacang merah - Ayam

ZAT BESI : Fe

- Pertumbuhan janin dan aliran darah dari ibu sangat memerlukan zat besi, sehingga absorpsi di usus meninggi, di ikuti pengambilan cadangan besi meningkat
- Peninggian volume darah, mengakibatkan sel darah merah memerlukan 300 mg zat besi per hari
- Penambahan zat besi diperlukan 500 mg/hari
- Janin ATERM BB : 3.500 gram, mengandung 283 mg zat besi.
- Sehingga kebutuhan darah ibu dan janin beserta Plasenta hampir : 658 mg
- Pada saat melahirkan akan kehilangan (100-275 mg) zat besi

Jadi setelah melahirkan masih sangat diperlukan penambahan zat besi. Di. A.S

Gambar : penambahan zat besi diperlukan pada kehamilan INDONESIA

A.K.G : Ibu Hamil : (14-26 mg) + 20 mg/hari

Kebutuhan zat besi meningkat selama kehamilan, terutama di trimester terakhir. Rekomendasi saat ini adalah untuk memberikan suplementasi zat besi jika wanita berisiko kekurangan. Ini konsisten dengan hasil kami: besi adalah yang kedua nutrisi tambahan yang paling sering digunakan, dan penggunaannya tiga kali lipat antara trimester pertama dan terakhir, mencapai 64% pengguna. Namun, proporsi ini lebih rendah daripada yang dikembangkan negara lainnya.

Berikut adalah hasil riset terkait dengan faktor yang berhubungan dengan asupan suplemen selama masa kehamilan. Studi ini memberikan informasi baru dan terperinci tentang penggunaan suplemen makanan dan korelasinya selama kehamilan. Bahkan dalam hal ini populasi yang relatif berpendidikan, suplementasi asam folat pada awal kehamilan tidak memadai dan berhubungan dengan kesenjangan sosial ekonomi dan demografi.

Table 2. Overall and specific dietary supplement use in pregnant women of the NutriNet-Santé cohort study, according to the trimester of pregnancy¹.

	All pregnant women (n=903)		1 st trimester (n=281)		2nd trimester (n=328)		3 rd trimester (n=294)		p ²
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Overall supplement use	586	64.9	163	58.0	204	62.2	219	74.5	0.0001
Specific supplement use³									
Folic acid	406	45.0	141	50.2	144	43.9	121	41.2	0.07
Iron	380	42.1	52	18.5	140	42.7	188	63.9	<0.0001
Magnesium	289	32.0	57	20.3	111	33.8	121	41.2	<0.0001
Vitamin B6	240	26.6	48	17.1	105	32.0	87	29.6	<0.0001
Thiamin	233	25.8	49	17.4	105	32.0	79	26.9	0.0002
Riboflavin	229	25.4	46	16.4	103	31.4	80	27.2	<0.0001
Vitamin E	205	22.7	39	13.9	95	29.0	71	24.1	<0.0001
Vitamin B12	197	21.8	46	16.4	83	25.3	68	23.1	0.02
Zinc	187	20.7	41	14.6	83	25.3	63	21.4	0.004
Vitamin B8	182	20.2	38	13.5	79	24.1	65	22.1	0.004
Iodine	182	20.2	37	13.2	84	25.6	61	20.7	0.0007
Pantothenic acid	165	18.3	42	14.9	70	21.3	53	18.0	0.07
Other minerals ⁴	148	16.4	31	11.0	64	19.5	53	18.0	0.01
Vitamin D	140	15.5	35	12.5	60	18.3	45	15.3	0.1
Vitamin C	142	15.7	23	8.2	68	20.7	51	17.3	0.0001
Niacin	134	14.8	37	13.2	51	15.5	46	15.6	0.6
ω3 fatty acids	99	11.0	20	7.1	47	14.3	32	10.9	0.02
Calcium	92	10.2	17	6.0	36	11.0	39	13.3	0.02
Other herbal supplement	72	8.0	20	7.1	26	7.9	26	8.8	0.97
Selenium	69	7.6	8	2.8	33	10.1	28	9.5	0.008
Retinol	41	4.5	6	2.1	18	5.5	17	5.8	0.08
Phosphorus	27	3.0	8	2.8	10	3.0	9	3.1	0.98
Evening primrose, borage, or cod liver oil	18	2.0	4	1.4	11	3.4	3	1.0	0.1
Beta-carotene	11	1.2	1	0.4	5	1.5	5	1.7	0.3
Fluoride	11	1.2	3	1.1	3	0.9	5	1.7	0.7
Acerola, guarana or cranberry supplement	10	1.1	3	1.1	5	1.5	2	0.7	0.6
Vitamin K	6	0.7	2	0.7	3	0.9	1	0.3	0.7
Fiber	4	0.4	3	1.1	1	0.3	0	0.0	0.6
Ginseng	3	0.3	2	0.7	0	0.0	1	0.3	0.8
Amino acids/proteins	3	0.3	1	0.4	1	0.3	1	0.3	0.99
Phytoestrogens	2	0.2	2	0.7	0	0.0	0	0.0	0.99
Lutein	1	0.1	0	0.0	0	0.0	1	0.3	-

¹DS users were defined as the subjects who used dietary supplement(s) at least 3 days a week at the time of the DS questionnaire.

²Comparison of overall and specific DS use among pregnant women according to the trimester of pregnancy by unconditional logistic regression analysis adjusted for age.

³Nutrients and other substances were consumed alone or in combination in the same DS.

⁴Potassium, copper, lithium, manganese, chromium, and others.

doi:10.1371/journal.pone.0070733.t002

ZAT BESI

Sumber Zat besi :

- Tempe kacang kedelai murni
- Kacang kedelai murni/kering
- Kacang hijau
- Hati sapi
- Daun kacang panjang
- Gula kelapa
- Daging sapi
- Telur bebek
- Biskuit
- Bayam

SENG : (ZINK)

Pada kehamilan Seng menurun.

Tetapi kebutuhan meningkat.

Seng dalam tubuh berikatan dengan albumin

Bila asupan Seng cukup disertai asupan Albumin cukup, maka kebutuhan Seng akan terpenuhi.

Seng dibutuhkan untuk kekebalan, sistem saraf pusat dan fungsi otak, metabolisme vitamin A, penyembuhan luka, ketajaman panca –indra.

A.K.G Seng : Ibu Hamil (15 mg + 5 mg) hari

Sumber Seng :

- Daging
- Hati
- Kerang
- Sereal tumbuk
- Kacang-kacangan
- Telur

KROM : (Cr)

Pada kehamilan Krom menurun pada awal kehamilan sampai akhir Tri Mester dari 0,20 mg/gram menjadi 0,16 mg/gram.

Atau dalam darah wanita tidak hamil : 309 PPB (p.p.m)
wanita hamil : 117 PPB (p.p.m)

Fungsi Krom : untuk metabolisme karbohidrat dan lemak

A.K.G Dewasa : 50-200 mg/gram/hari

Sumber Krom :

- Nabati : sayuran, biji-bijian
- Hasil laut
- Daging

7.2 Pertumbuhan Janin

Pertumbuhan Janin dan kebutuhan Nutrisinya :

Kehidupan Prenatal dibagi 2 bagian :

- Phase Embrionik (Embryonic Phase)
- Phase Janin (Fetal Phase)

PERTUMBUHAN FISIK SELAMA KEHIDUPAN PRENATAL

Pada penelitian tentang pertumbuhan fisik prenatal menggunakan cara Arthropometrie, ditemukan perbedaan ukuran pada tiap usia embrio.

Pengaruh kondisi gizi Ibu hamil sangat besar :

- a) Pada berat badan janin yang dikandung /dilahirkan Ibu dengan penghasilan Rendah melahirkan bayi dengan berat badan lebih rendah dari Ibu yang penghasilan tinggi.
- b) Kelahiran anak pertama berat badan kurang dibandingkan berat badan anak-anak berikutnya.

PERUBAHAN DALAM KOMPOSISI BADAN JANIN

Selama kehamilan, ibu hamil mengalami signifikan perubahan anatomi dan fisiologis untuk memelihara dan mengakomodasi janin yang sedang berkembang. Perubahan ini dimulai setelah itu konsepsi dan mempengaruhi setiap sistem organ dalam tubuh kebanyakan wanita mengalami kehamilan yang tidak rumit, ini perubahan menyelesaikan setelah kehamilan dengan efek residu minimal. Penting untuk memahami perubahan fisiologis normal terjadi pada kehamilan karena ini akan membantu membedakan adaptasi yang tidak normal.

Terjadi penurunan cairan tubuh, terjadi peningkatan protein, lemak dan mineral. Keadaan ini terjadi paling drastis pada kehamilan 5 minggu. Mual dan muntah adalah keluhan yang sangat umum pada kehamilan, mempengaruhi 50-90% dimasa kehamilan.

Selama minggu pertama kehidupan, semua bayi yang baru lahir mengalami pengurangan cairan tubuh ekstraseluler dengan maksimum 10% hingga 15% sebagaimana tercermin dalam pengurangan bobot tubuh. Transisi fisiologis ini disertai oleh diuresis. Asupan cairan yang berlebihan pada bayi berat lahir sangat rendah dapat menyebabkan kurangnya transisi fisiologis ini (tercermin sebagai kurangnya penurunan berat badan pascakelahiran) dan menyebabkan morbiditas klinis yang tidak diinginkan seperti paten ductus arteriosus atau displasia bronkopulmonalis. Pemantauan harian terhadap perubahan berat badan

memastikan penurunan berat badan yang tepat dalam perjalanan manajemen cairan dan elektrolit dari bayi berisiko tinggi ini sangat penting.

Selama dalam rahim berikut adalah perkembangannya:

Table 4.11 Notes on normal embryonic and fetal growth and development^{10,25}

Day 1	Conception; one cell called the zygote exists.	Week 9	Embryo now considered a fetus.
Day 2-3	Eight cells have formed (called the morula) and enter the uterine cavity.	Month 3	Weighs 1 oz; primitive egg and sperm cells developed, hard palate fuses, breathes in amniotic fluid.
Day 6-8	The morula becomes fluid filled and is renamed the blastocyst. The blastocyst is comprised of 250 cells, and cell differentiation begins.	Month 4	Weighs about 6 oz; placenta diameter is 3 inches.
Day 10	Embryo implants into the uterine wall, where glycogen is accumulating.	Month 5	Weighs about 1 lb, 11 inches long; skeleton begins to calcify, hair grows.
Day 12	Embryo is composed of thousands of cells; differentiation well under way. Utero placental circulation being formed.	Month 6	14 inches long; fat accumulation begins, permanent teeth buds form; lungs, gastrointestinal tract, and kidneys formed but are not fully functional.
Week 4 (21-28 days)	¼ inch long; rudimentary head, trunk, arms; heart “practices” beating; spinal cord and two major brain lobes present.		
Week 5 (28-35 days)	Rudimentary kidney, liver, circulatory system, eyes, ears, mouth, hands, arms, and gastrointestinal tract; heart beats 65 times per minute circulating its own, newly formed blood.	Month 7	Gains ½-1 oz per day.
Week 7 (49-56 days)	½ inch long, weighs 2-3 g; brain sends impulses, gastrointestinal tract produces enzymes, kidney eliminates some waste products, liver produces red blood cells, muscles work. (Approximately 25% of blastocysts and embryos will be lost before 7 weeks.)	Months 8 and 9	Gains about 1 oz per day; stores fat, glycogen, iron, folate, B ₆ and B ₁₂ , riboflavin, calcium, magnesium, vitamins A, E, D; functions of organs continue to develop. Growth rate declines near term. Placenta weighs 500-650 g (1-1½ lb) at term.

© Thomson - Wadsworth

Gambar 1. Masa normal embrionik, pertumbuhan dan perkembangan (Sumber: Brown et.al, 2011)

PHASE EMBRIONIK

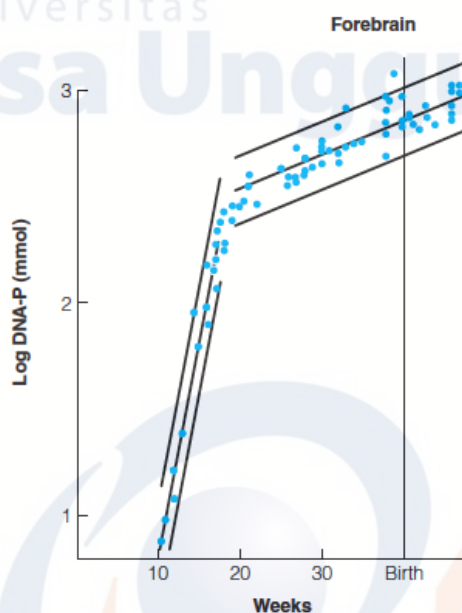
Mulai telur dibuahi sampai pembentukan organ pada kehamilan 9 minggu. Pada periode ini sangat banyak dibutuhkan oksigen dan nutrisi yang diperlukan

untuk pertumbuhan embrio. Sehingga si Ibu harus menambah gizi dengan baik, supaya tidak defisiensi nutrisi (zat-zat yang diperlukan). Karena pada periode ini sangat rentan terjadi kelainan pertumbuhan, cacat bawaan sampai abortus.

Tingkat pertumbuhan dan perkembangan manusia lebih tinggi selama kehamilan daripada setiap saat sesudahnya. Jika tingkat penambahan berat badan yang dicapai pada usia kehamilan 9 bulan terus berlanjut setelah melahirkan, berat bayi akan sekitar 160 pon pada hari ulang tahun pertama mereka dan menjadi tinggi 20 kaki pada usia 20 tahun.

Pertumbuhan dan perkembangan janin melanjutkan jalur genetika yang menentukan dimana sel di program kemudian di perbanyak, di bedakan, dan di bangun sesuai dengan fungsinya dalam jangka waktu yang panjang selama dalam interval waktu yang di tetapkan. Interval waktu seperti itu dikenal sebagai periode kritis dan paling intens selama 2 bulan pertama setelah konsepsi, ketika sebagian besar organ dan jaringan terbentuk. Di keseluruhan, periode kritis mewakili "jalan satu arah," karena tidak mungkin membalikkan arah dan memperbaiki kesalahan di pertumbuhan atau perkembangan yang terjadi pada masa sebelumnya di periode kritis. Akibatnya, efek buruk nutrisi dan penghinaan lain yang terjadi selama periode pertumbuhan kritis dan perkembangan bertahan sepanjang hidup.

Illustration 4.7 The critical period of cell multiplication of the forebrain. Growth in cell numbers is indicated by increases in DNA content of a given amount of tissue.



SOURCE: From J. Dobbing and J. Sands, "Quantitative Growth and Development of Human Brain," in *Archives of Disease of Children*, 48(10):757-767. © 1973 BMJ Publishing Group. Reprinted with permission.

Gambar 2. Laju periode kritis multiplikasi sel (Sumber : Brown et.al, 2011)

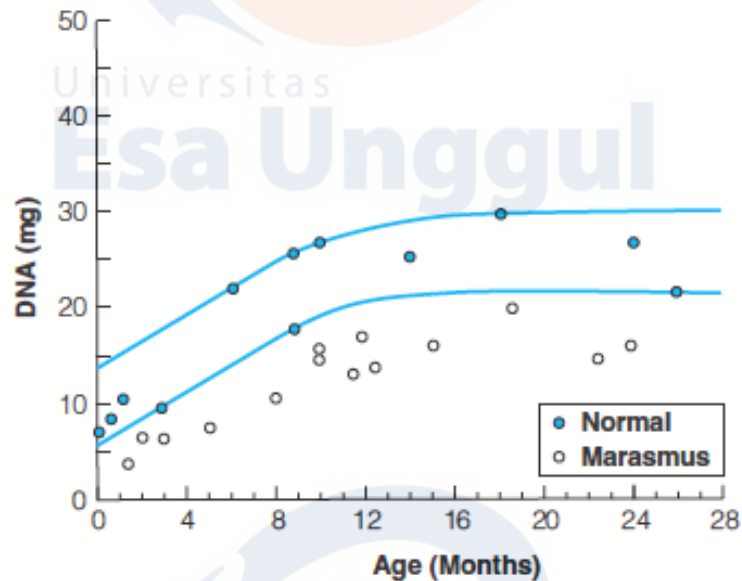
1. Fluid amniotik Cairan yang terkandung dalam kantung ketuban yang mengelilingi rahim janin.
2. Pertumbuhan Peningkatan ukuran organisme melalui multiplikasi sel (hiperplasia) dan pembesaran ukuran sel (hipertrofi).
3. Perkembangan kemampuan fisik dan mental seorang organisme melalui pertumbuhan dan diferensiasi organ dan jaringan, dan integrasi fungsi.
4. Diferensiasi Akuisisi seluler satu atau lebih karakteristik atau fungsi berbeda dari sel asli.
5. Periode Kritis Diprogram sebelumnya periode waktu selama embrionik dan janin berkembang ketika sel, organ, dan jaringan terbentuk dan terintegrasi, atau tingkat fungsional yang ditetapkan. Disebut juga periode sensitif.

Periode kritis pertumbuhan dan perkembangan ditandai dengan hiperplasia, atau peningkatan multiplikasi sel. Karena setiap sel manusia memiliki jumlah DNA spesifik jumlah, periode hiperplasia dapat ditentukan dengan mencatat waktu selama kehamilan saat kandungan DNA organ dan jaringan spesifik meningkat tajam. Masa kritis multiplikasi sel otak depan yang cepat, misalnya, adalah antara 10 dan 20 minggu kehamilan.

Otak adalah organ pertama yang berkembang pada manusia, dan bersama dengan sisa sistem saraf pusat, itu diberikan prioritas akses ke energi, nutrisi, dan pasokan oksigen. Dengan demikian, dalam kondisi energi rendah, nutrisi, dan ketersediaan oksigen, kebutuhan sistem saraf pusat akan bertemu sebelum jaringan janin lainnya seperti hati atau otot. Jantung dan kelenjar adrenal datang selanjutnya setelah sistem saraf pusat dalam hirarki target untuk pengiriman nutrisi preferensial.

Defisit atau kelebihan nutrisi yang dipasok ke embrio dan janin selama periode kritis multiplikasi sel dapat menghasilkan cacat seumur hidup pada struktur organ dan jaringan serta fungsi. Organ atau jaringan yang mengalami periode kritis pertumbuhan pada saat eksposur yang merugikan akan paling terpengaruh.

Illustration 4.8 DNA content of the cerebellum of the human brain in young children dying from non-nutritional causes and from undernutrition.



SOURCE: Reprinted from M. Winick, "Malnutrition and Brain Development," *Journal of Pediatrics* 74(6):667-679, © 1969, with permission from Elsevier.

Gambar 3. Kandungan DNA di Cerebellum pada anak-anak (Sumber: Brown, et.al, 2011)

PHASE JANIN :

Pertumbuhan agak menurun sampai organ menjadi matang. Fase terakhir pertumbuhan dan perkembangan adalah maturasi — stabilisasi jumlah dan ukuran sel. Fase ini terjadi setelah jaringan dan organ berkembang sepenuhnya di kemudian hari.

Beberapa istilah:

Kecil untuk Usia Kehamilan (SGA) Berat bayi baru lahir adalah # 10 persentil untuk usia kehamilan. Disebut juga small for date (SFD). Kecil tidak proporsional untuk Usia Kehamilan (dSGA) Baru Lahir berat adalah persentil ke-10 dari berat untuk usia kehamilan; panjang dan kepala keliling normal. Disebut juga SGA asimetris. Kecil proporsional untuk Gestational Age (pSGA) Baru Lahir berat, panjang, dan lingkar kepala Persentil ke-10 untuk usia kehamilan. Juga disebut SGA simetris.

Table 4.14 Percentiles of weight in grams for newborn gestational age

Gestational Age (wk)	5th Pctl	10th Pctl	50th Pctl	90th Pctl	95th Pctl
20	249	275	412	772	912
21	280	314	433	790	957
22	330	376	496	826	1023
23	385	440	582	882	1107
24	435	498	674	977	1223
25	480	558	779	1138	1397
26	529	625	899	1362	1640
27	591	702	1035	1635	1927
28	670	798	1196	1977	2237
29	772	925	1394	2361	2553
30	910	1085	1637	2710	2847
31	1088	1278	1918	2986	3108
32	1294	1495	2203	3200	3338
33	1513	1725	2458	3370	3536
34	1735	1950	2667	3502	3697
35	1950	2159	2831	3596	3812
36	2156	2354	2974	3668	3888
37	2357	2541	3117	3755	3956
38	2543	2714	3263	3867	4027
39	2685	2852	3400	3980	4107
40	2761	2929	3495	4060	4185
41	2777	2948	3527	4094	4217
42	2764	2935	3522	4098	4213
43	2741	2907	3505	4096	4178
44	2724	2885	3491	4096	4122

NOTE: Pctl = percentile

SOURCE: From *Obstetrics and Gynecology*, Vol. 87, No. 2, 1996, pp. 163-168, table 2.
Copyright © 1996. Reprinted by permission of Lippincott, Williams & Wilkins.

Gambar 4. Tabel berat badan bayi di usia kehamilan

Beberapa istilah:

Cocok untuk Usia Kehamilan (AGA) Berat, panjang, dan kepala lingkaran adalah antara tanggal 10 dan Persentil ke-90 untuk usia kehamilan. Besar untuk Usia Kehamilan (LGA) Berat untuk usia kehamilan melebihi persentil ke-90 untuk kehamilan usia. Berat lahir juga didefinisikan lebih besar dari 4.500 g (\$ 10 lb) dan disebut berukuran terlalu besar untuk usia kehamilan, atau makrosomik. Penyumbatan distosia bahu atau kesulitan melahirkan karena obstruksi jalan lahir di pundak bayi.

Daftar Pustaka

1. Bhatia P, Chhabra S. Physiological and anatomical changes of pregnancy: Implications for anaesthesia. *Indian J Anaesth.* 2018 Sep; 62(9): 651–657. doi: [10.4103/ija.IJA_458_18](https://doi.org/10.4103/ija.IJA_458_18).
2. Widen EM, D Gallagher. 2014. Body composition changes in pregnancy: measurement, predictors and outcomes. *European Journal of Clinical Nutrition.* 68: 643–652.
3. Santoso BI, Hardinsyah, Parlindungan S, Sudung OP. 2011. Air Bagi Kesehatan. Centra Communications.
4. Lindseth PD, Glenda NL, Thomas VP, Warren CJ, Julie C. 2013. Effects of Hydration on Cognitive Function of Pilots. *Military Medicine.* 178(7):792.
5. Cunningham F. G. 2006. Obstetri Williams. Jakarta: EGC.
6. Danileviciute A, Regina G, Jone V, Algimantas P, Mark JN. 2012. Exposure to drinking water trihalomethanes and their association with low birth weight and small for gestational age in genetically susceptible women. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 9: 4470-4485. doi:10.3390/ijerph9124470.
7. Denison FC, Norwood P, Bhattacharya S, Duffy A, Mahmood T, Morris C, Raja EA, Norman JE, Lee AJ, Scotland G. 2014. Association between maternal body mass index during pregnancy, short-term morbidity, and increased health service costs: a population-based study. *BJOG.* 121:72–82.
8. Hacker NF. 2001. Endokrinologi Kehamilan. In: Nugroho E (ed.) Esensial Obstetri dan Ginekologi. 2nd ed. Jakarta: Hipokrates. p59-82.
9. Prawirohardjo S. 2008. Ilmu Kebidanan. 4th ed. Jakarta: PT Bina Pustaka Sarwono Prawirohardjo. p174-187.
10. Ruifrok AE, MNM van Poppel, M van Wely, E Rogozińska, KS Khan, CJM de Groot, S. Thangaratnam, BW Mol. 2014. Association between Weight Gain during Pregnancy and Pregnancy Outcomes after Dietary and Lifestyle Interventions: A Meta-analysis. *Amer J Perinatol.* 31(05): 353-364. doi: [10.1055/s-0033-1352484](https://doi.org/10.1055/s-0033-1352484).
11. Kemenkes RI. 2014. Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan Bagi Bangsa Indonesia. Jakarta. Direktorat Jenderal Bina Gizi dan Kesehatan Ibu dan Anak, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

12. The Institute International Medicine (IOM) 2004. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. This reports may be accessed via www.nap.edu.
13. American College of Obstetrics and Gynecology (ACOG) Practice Bulletin. Nausea and vomiting of pregnancy. *Obstet Gynecol* 2004; 103(4): 803–814.
14. Brown JE, et al. (2011). *Nutrition through in the life cycle*. fourth edition. Wadsworth. USA.
15. Gonzalez-Campoy JM, Romero JC, Knox FG. Escape from the sodiumretaining effects of mineralocorticoids: role of ANF and intrarenal hormone systems. *Kidney Int* 1989; 35(3): 767–777.
16. Lockitch G. Clinical biochemistry of pregnancy. *Crit Rev Clin Lab Sci* 1997; 34: 6.
17. Mulyani EY, Hardinsyah, Briawan D, Santoso BI. 2017. Hydration status of pregnant women in West Jakarta. *Asia Pac J Clin Nutr*. 26 (Suppl 1):S26-S30. doi: 10.6133/apjcn.062017.s14.
18. Pouchieu C, Le´vy R, Faure C, Andreeva VA, Galan P, Hercberg S, Touvier M. 2013. Socioeconomic, Lifestyle and Dietary Factors Associated with Dietary Supplement Use during Pregnancy. *PLoS ONE*. 8(8): e70733. doi:10.1371/journal.pone.0070733.
19. Qiu C, Karin H, Dejene A, Daniel A E, Michelle A W. 2011. Oxidative DNA Damage in Early Pregnancy and Risk of Gestational Diabetes Mellitus: A Pilot Study. *Clin Biochem*. 44(0): 804–808. doi:10.1016/j.clinbiochem.2011.04.023.
20. Rosso P. *Nutrition and Metabolism in Pregnancy*. Newyork, Oxford. Oxford University Press. P.41-65. 1990.
21. Soma-Pillay P, Nelson-Piercy C, Tolppanen H, Mebazaa A. 2016. Physiological changes in pregnancy. *Cardiovasc J Afr* 2016; 27: 89–94
22. Wilson M, Morganti AA, Zervoudakis I, Letcher RL, Romney BM, Von Oeyon P, et al. Blood pressure, the renin-aldosterone system and sex steroids throughout normal pregnancy. *Am J Med* 1980; 68(1): 97–104.
23. Azais-Braesco, V., & Pascal, G. (2000). Vitamin A in Pregnancy: requirements and safety limits. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1325S-1333S.
24. Bikle, D. D. (2014). Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications. *Chem Biol*, 319-329.

25. Card, D. J., Gorska, R., Cutler, J., & Harrington, D. J. (2014). Vitamin K Metabolism: Current Knowledge and Future Research. *Mol. Nutr Food Res*, 1590-1600.
26. Christakos, S., Ajibade, D. V., Dhawan, P., Fechner, A. J., & Mady, L. J. (2010). Vitamin D: Metabolism. *Endocrinal Metabolism Clinical North America*, 243-253.
27. D'Ambrosio, D. N., Clugston, R. D., & Blaner, W. S. (2011). Vitamin A Metabolism: An Update. *Nutrients*, 63-103.
28. Dibley, M. J., & Jeacocke, D. A. (2001). Vitamin A in Pregnancy: Impact on Maternal and Neonatal Health. *Food and Nutrition Bulletin*, 267-284.
29. Gangne, A., Wei, S. Q., Fraser, W. D., & Julien, P. (2009). Absorbtion, Transport, and Bioavailability of Vitamin E and Its Role in Pregnant Women. *Obstetrics*, 210-217.
30. Karras, S. N., Wagner, C. L., & Castracane, D. (2017). Understanding vitamin D metabolism in pregnancy: From physiology to pathophysiology and clinical outcomes. *Metabolism Clinical and Experimental*, 112-123.
31. Kaushal, M., & Navneet, M. (2013). Vitamin D in Pregnancy: A Metabolic Outlook. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 76-82.
32. Maia, S. B., Souza, A. R., Caminha, M. d., da Silva, S. L., Cruz, R. L., dos Santos, C. C., & Filho, M. B. (2019). Vitamin A and Pregnancy: A Narrative Review. *Nutrients*.
33. Maslova, E., Hansen, S., Storm, M., Halldorsson, T. I., & Olsen, S. F. (2014). Maternal intake of vitamins A, E and K in pregnancy and child allergic disease: a longitudinal study from the Danish National Birth Cohort. *British Journal of Nutrition*, 1096-1106.
34. Shearer, M. J., Fu, X., & Booth, S. L. (2012). Vitamin K Nutrition, Metabolism, and Requirements: Current Concepts and Future Research. *Adv Nutr*, 182-195.
35. Spiegler, E., Kim, Y.-K., Wassef, L., Shete, V., & Quandro, L. (2012). Maternal-fetal transfer and metabolism of vitamin A and its precursor β -carotene in the developing tissues. *Biochim Biophys Acta*, 88-98.
36. Vermeer, C. (2012). Vitamin K: the effect on health beyond coagulation - an overview. *Food and Nutrition Research*.
37. Wagner, C. L., & Hollis, B. W. (2018). The Implications of Vitamin D Status During Pregnancy on Mother and her Developing Child. *Frontiers in Endrocinology*.
38. Balasubramaniam, S., Christodoulou, J., & Rahman, S. (2019). Disorder of Riboflavin Metabolism. *J Inherit Metab Dis*, 608-619.
39. Butterworth, R. F. (2001). Maternal Thiamine Deficiency: Still a Problem in Some World Communities. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 712-713.
40. Fattal-Valevski, A. (2011). Thiamine (Vitamin B1). *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 12-20.
41. Gluckman, S. P., Hanson, M., Seng, C. Y., & Bardsley, A. (2015). *Nutrition and Lifestyle for Pregnancy and Breastfeeding*. New York: Oxford University Press.
42. Kennedy, D. O. (2016). B Vitamins and the Brain: Mechanisms, Dose and Efficacy-A Review. *Nutrients*.
43. Laquale, K. M. (2006). B-complex vitamins' role in energy release. *Athletic Therapy Today*, 70-73.

44. Rivlin, R. S. (1970.). Riboflavin Metabolism. The New England Journal of Medicine, 463-472.
45. Thakur, K., Tomar, S. K., Singh, A. K., Mandal, S., & Arora, S. (2017). Riboflavin and health: A review of recent human research. Critical Review in Food Science and Nutrition, 3650-3660.
46. Yoshii, K., Hososmi, K., Sawane, K., & Kunisawa, J. (2019). Metabolism of Dietary and Microbial Vitamin B Family in the Regulation of Host Immunity. Frontiers in Nutrition.