

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Teoritis**

##### **1. Obesitas**

Obesitas adalah keadaan patologis sebagai akibat dari konsumsi makanan yang jauh melebihi kebutuhannya sehingga terdapat penimbunan lemak yang berlebihan dari yang diperlukan untuk fungsi tubuh (Soetjiningsih, 1995). Obesitas merupakan suatu kelainan kompleks pengaturan nafsu makan dan metabolisme energi yang dikendalikan oleh beberapa faktor biologik spesifik. Faktor genetik merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap perkembangan dari penyakit ini (Sugondo, 2006).

Obesitas merupakan suatu kondisi dimana terjadi kenaikan berat badan lebih dari 20% diatas berat badan normal terhadap tinggi badan dimana sudah disesuaikan dengan umur, jenis kelamin dan ras. Keadaan patologis tersebut dari segi kesehatan merupakan salah satu penyakit gizi sebagai akibat konsumsi makanan yang jauh melebihi kebutuhannya, dari berbagai tulisan mengenai obesitas pada anak, ternyata banyak masalah yang dihadapi oleh anak yang mengalami obesitas (Barlow, 2007).

Penyebab obesitas sangat kompleks. Diantara masalah- masalah yang dipertimbangkan dalam perkembangan obesitas diantaranya terdiri dari : a) faktor metabolik, b) faktor genetik, c) faktor neurologik, d) tingkat aktivitas fisik, e) faktor lingkungan, f) ras, jenis kelamin dan usia, g) status sosial ekonomi, h) faktor psikologis (Guyton & Hall, 2007)

Obesitas disebabkan adanya interaksi antara : a) faktor genetik, apabila salah satu orang tua gemuk maka peluang anak menjadi obesitas 40%, 80% apabila kedua orang tua gemuk dan 7% apabila kedua orang tua tidak gemuk, b) faktor lingkungan : (1) nutrisi, kenaikan berat badan dan lemak anak dipengaruhi oleh waktu pertama kali mendapat makanan padat, asupan tinggi kalori dari karbohidrat dan lemak serta kebiasaan mengkonsumsi makanan yang mengandung energi tinggi, (2) aktifitas fisik, resiko obesitas sebesar 5,3 kali lebih besar pada anak dengan aktifitas fisik yang rendah dibandingkan dengan anak yang memiliki aktifitas fisik tinggi, (3) sosial ekonomi, perubahan pola makanan serta peningkatan pendapatan mempengaruhi pemilihan jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi (Heird, 2002).

Kelainan neurogenik juga dapat menyebabkan obesitas pada anak. Lesi pada *nucleus ventromedial* hipotalamus dapat menyebabkan seseorang makan berlebihan, walaupun kerusakan pada hipotalamus hampir tidak pernah dijumpai pada orang yang obesitas tetapi susunan fungsional hipotalamus atau pusat makan neurogenik pada orang dengan obesitas berbeda dengan susunan yang terdapat pada orang normal (Guyton & Hall, 2007).

Terjadinya obesitas menurut jumlah sel lemak yaitu jumlah sel lemak normal tetapi mengalami hipertrofi dan terjadi hiperplasti sekaligus hipertrofi pada sel lemak (Soetjningsih, 1995). Apabila energi dalam jumlah besar (dalam bentuk makanan) yang masuk kedalam tubuh melebihi jumlah yang dikeluarkan, berat badan akan bertambah, dan sebagian besar kelebihan dari energi tersebut akan disimpan sebagai lemak. Untuk setiap kelebihan energi sebanyak 9,3 kalori

yang masuk ke dalam tubuh, sekitar 1 gram lemak akan disimpan. Sebelumnya diyakini bahwa jumlah adiposit dapat bertambah hanya selama masa balita dan kanak-kanak dan bahwa kelebihan masukan energi pada anak dapat menimbulkan obesitas *hiperplasti*, yang ditandai dengan peningkatan jumlah adiposit dan hanya terjadi sedikit peningkatan ukuran adiposit. Sebaliknya, obesitas pada orang dewasa diyakini timbul sebagai akibat peningkatan ukuran adiposit (obesitas hipertrofik), akan tetapi beberapa penelitian kini menunjukkan bahwa adiposit yang baru dapat berkembang dari *fibroblas* yang mirip dengan pre adiposit disegala usia, dan perkembangan obesitas pada orang dewasa juga terjadi akibat penambahan jumlah adiposit dan peningkatan ukurannya. Seseorang dengan obesitas yang ekstrem dapat memiliki adiposit sebanyak empat kali normal, dan setiap adiposit memiliki lipid dua kali lebih banyak dari orang yang kurus (Guyton & Hall, 2007).

Disamping itu pada penderita obesitas juga menjadi resisten terhadap hormon insulin sehingga kadar insulin didalam peredaran darah akan meningkat. Insulin berfungsi menurunkan lipolisis dan meningkatkan pembentukan jaringan lemak (Schneider *et al*, 2005).

Berdasarkan patogenesisnya obesitas dibagi menjadi obesitas metabolik yaitu adanya gangguan metabolisme lemak dan karbohidrat dan *regulatory obesity* yaitu adanya gangguan pada pusat yang mengatur masukan makanan. Seperti telah diketahui bahwa setiap jumlah sel lemak maupun karbohidrat makanan yang tidak langsung digunakan disimpan di jaringan adiposa dalam bentuk trigliserol dan bila diperlukan akan mengalami hidrolisis (lipolisis) kemudian membentuk

asam lemak dan gliserol. Asam lemak tersebut kemudian dioksidasi untuk pembentukan energi. Pada obesitas metabolik terdapat gangguan metabolisme tersebut. Pada *regulatory obesity* terjadi gangguan pada pusat yang mengatur masukan makanan. *Nucleus lateral* hipotalamus berperan menimbulkan rasa lapar sedangkan *nucleus ventromedial hipotalamus* memberi tanda kenyang. Apabila terjadi kerusakan pada *nucleus ventromedial* hipotalamus, maka anak tidak pernah merasa kenyang, akibatnya anak akan merasa lapar dan makan terus (Fukuda *et al*, 2001).

Menurut gejala klinisnya, obesitas dibagi menjadi : a) obesitas sederhana (*simple obesity*), yaitu obesitas dengan gejala kegemukan saja tanpa disertai kelainan hormonal, mental, fisik dan lain- lain, obesitas ini terjadi karena faktor nutrisi, b) bentuk khusus obesitas : (1) kelainan endokrin/ hormonal, yang paling sering adalah *Cushing Syndrome*, pada yang sensitif terhadap pengobatan steroid, (2) kelainan somatodisformik, yaitu *Prader Will syndrome*, *Summit syndrome* dan *Carpenter*, *Laurence Moon Biedl syndrome* dan *Cohen syndrome*, obesitas pada kelainan ini hampir selalu disertai retardasi mental dan kelainan ortopedik, (3) kelainan hipotalamus, kelainan pada hipotalamus yang mempengaruhi nafsu makan dan berakibat terjadinya obesitas, sebagai akibat dari kraniofaringioma, leukemia serebral, trauma kepala dan lain- lain (Fukuda *et al*, 2001).

Berdasarkan distribusi lemak tubuh terdapat dua jenis obesitas, yaitu : a) obesitas sentral (viseral), kegemukan tipe ini ditandai dengan penumpukan lemak yang berlebihan dibagian tubuh atas sekitar dada, perut, pundak, leher dan wajah. Pada umumnya tipe ini banyak terdapat pada pria. lemak yang menumpuk lebih

banyak terdiri dari lemak jenuh yang mengandung sel lemak yang besar dan lebih berpotensi menimbulkan berbagai macam penyakit kardiovaskuler. b) obesitas perifer, umumnya ditemui pada wanita, pada tipe ini lemak tertimbun dibagian tubuh sebelah bawah, pinggul dan paha (Soegondo, 2003).

Untuk menentukan diagnosis obesitas harus ditemukan gejala klinis obesitas yang didukung dengan pemeriksaan antropometri yang jauh diatas normal. Pemeriksaan antropometri yang sering dilakukan adalah BMI (*body mass index*)/ IMT, dimana didapatkan dari berat badan dalam kilogram dibagi kuadrat tinggi badan dalam meter atau berat badan dalam pons dibagi dengan tinggi badan dalam inci dikalikan dengan 703 (Barlow, 2007).

Klasifikasi yang telah ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) tahun 2000, nilai BMI  $> 30\text{kg/m}^2$  menunjukkan obesitas dan nilai BMI 25-29,9  $\text{kg/m}^2$  menunjukkan tahap pra- obes tetapi karena adanya perbedaan ras antar bangsa, maka untuk wilayah Asia Pasifik termasuk Indonesia telah memiliki kriteria obesitas tersendiri, nilai BMI 25- 29,9  $\text{kg/m}^2$  menunjukkan obesitas I dan nilai BMI 23- 24,9  $\text{kg/m}^2$  menunjukkan tahap resiko atau pra-obes (Soegondo, 2003).

*Center of Disease Control* (CDC) mengklasifikasikan berat badan menurut tinggi badan menggunakan persentil (*percentile*) untuk usia 2-20 tahun yaitu : a) obesitas, bila BMI terletak pada  $\geq 95$  persentil, b) *overweight*, bila BMI terletak pada  $\geq 85$  persentil sampai  $< 95$  persentil, c) normal, bila BMI terletak pada  $> 5$  nersentil sampai 85 persentil, d) *underweight*, bila BMI terletak  $< 5$

persentil (CDC, 2006). Kelemahan menggunakan BMI adalah tidak dapat membedakan *overweight* karena kelebihan lemak atau massa otot (Ganong, 2003).

Obesitas juga sangat berdampak pada kesehatan dan psikologis seseorang. Beberapa dampak obesitas yaitu : a) penyakit kardiovaskuler, *overweight* dan obesitas pada anak- anak menyebabkan peningkatan tekanan darah, kolestrol, radang sendi, diabetes mellitus tipe II, penyakit jantung, cemas dan terisolasi dari teman sebaya sehingga masalahnya bukan hanya pada obesitasnya saja tetapi bagaimana konsekuensi fisik dan emosional dari obesitas tersebut juga memberikan dampak negatif pada prestasi belajar pada anak- anak di sekolah (Satcher & David, 2005).

b) *Obstructive sleep apnea*, peningkatan BMI berkaitan dengan peningkatan resiko *obstructive apnea* pada anak dan remaja (Grundy, 1998). Anak obesitas mempunyai gangguan tidur yaitu sulit bernapas saat tidur, mendengkur dan tersedak akibat obstruksi lemak yang berlebihan dileher. Kualitas tidur yang buruk sering menyebabkan mengantuk pada siang hari, dengan efek neurokognitif termasuk berkurangnya konsentrasi, daya ingat dan fungsi belajar. c) gangguan ortopedik, obesitas memiliki resiko penyakit sendi pada ekstremitas bawah. Penyakit ortopedik yang dapat terjadi adalah *vara tibia bilateral* (tungkai yang melengkung, sehingga menyebabkan nyeri lutut dan mengganggu mobilitas), penyakit tersebut juga mengganggu kemampuan berolahraga, sehingga mencintakan linokaran setan yang memnerburuk obesitas dan denvakit sendi

Pengobatan obesitas pada anak berbeda dengan pengobatan obesitas pada dewasa. Pengobatan obesitas pada anak bertujuan hanya menghambat laju kenaikan berat badan yang pesat tersebut dan tidak boleh diit terlalu ketat dengan maksud dimana pengaturan diitnya harus dipertimbangkan bahwa anak masih dalam masa pertumbuhan sesuai tingkat pertumbuhan pada usia anak tersebut. Selain itu pengobatan obesitas pada anak sering tidak berhasil. Hal tersebut dikarenakan bahwa dukungan dari seluruh keluarga sangat dibutuhkan pada pengobatan obesitas tersebut. Olahraga atau aktivitas tubuh yang teratur sangat penting dalam upaya penatalaksanaan obesitas pada anak ini (Gibson *et al*, 2006).

Pada umumnya prinsip pengobatan anak dengan obesitas yaitu : a) memperbaiki faktor penyebab, misalnya kesalahan cara pengasuhan maupun faktor kejiwaan, b) adanya motivasi penderita obesitas dewasa tentang perlunya pengurusan badan, sedangkan orang tua anak yang obesitas harus dimotivasi tentang pentingnya memperlambat kenaikan berat badan anaknya, c) memberikan diit rendah kalori yang seimbang untuk menghambat kenaikan berat badan, kemudian membimbing pengaturan makanan yang sesuai untuk mempertahankan gizi yang ideal sesuai dengan pertumbuhan anak, ditambahkan juga vitamin dan mineral, d) menganjurkan penderita untuk olahraga yang teratur atau anak bermain secara aktif, sehingga banyak energi yang digunakan (Barlow, 2007).

## 2. Pubertas

Pubertas adalah suatu tahap dari kematangan organ-organ seksual seseorang secara fisiologis sehingga dapat memproduksi secara seksual. Pubertas terjadi melalui beberapa tahapan dimana setiap tahapan akan terjadi pada setiap orang

secara bervariasi dalam umur dan perkembangannya. Tahap-tahap tersebut yaitu :

a) tahap prapubertas, dimana pada tahap ini terjadi tumpang tindih dengan masa anak-anak. Pada tahap ini anak bukan lagi dianggap sebagai seorang anak, tetapi juga belum dianggap remaja, ciri-ciri seksual sekunder mulai tampak tetapi organ reproduksi belum sepenuhnya berkembang, b) tahap pubertas, dimana pada tahap ini merupakan batas antara masa kanak-kanak dengan masa remaja, ciri-ciri seksual sekunder dan organ reproduksi berkembang dengan pesat, c) tahap pasca pubertas, dimana pada tahap ini merupakan ciri-ciri seksual sekunder dan organ-organ reproduksi telah matang, baik dalam fungsi maupun ukurannya serta memiliki organ-organ reproduksi sama dengan yang terjadi pada orang dewasa (Schwitzgebel, 2004).

Mengenai umur kronologis berapa seorang anak dapat dikatakan remaja, masih terdapat berbagai pendapat. Buku-buku Pediatri pada umumnya mendefinisikan remaja apabila sudah mencapai usia 12-20 tahun pada anak laki-laki, *World Health Organization* mendefinisikan remaja bila anak telah mencapai usia 10-19 tahun (Pardede, 2002).

Masa pubertas adalah masa transisi antara masa anak dan dewasa, dimana terjadi percepatan pertumbuhan (*growth spurt*), timbul ciri-ciri seksual sekunder, tercapai fertilitas dan terjadi perubahan psikologis yang mencolok. Masa remaja berlangsung melalui 3 tahapan yang masing-masing ditandai dengan isu-isu biologi, psikologik dan sosial, yaitu : a) masa remaja awal (10-14 tahun), tidak lama sebelum datang masa pubertas terdapat peningkatan produksi *androgen adrenal* pada kedua jenis seks. Kadar *dehydroepiandrosteron* (DHEA) dan

*dehydroepiandrosterone sulfate* (DHEAS) dalam darah berlipat ganda pada anak laki-laki antara usia 8-10 tahun. Tanda klinis yang pertama dari pubertas adalah pembesaran testis akibat pembesaran dari *tubulus seminiferus* dan bertambahnya jumlah sel-sel *leydig* dan *sertoli*, suatu efek fungsional yang penting dari perubahan-perubahan ini adalah kemampuan ejakulasi yang terjadi kira-kira 1 tahun setelah pertumbuhan testis dimulai dan terjadi bersamaan dengan munculnya rambut pubis. b) masa remaja menengah (15-16 tahun), pada masa ini volume testis berkisar antara 10-14 ml, terjadi percepatan pertumbuhan di dalam *vesikula seminalis*, *epididimis* dan prostat dan urin pertama pagi hari seringkali mengandung *spermatozoa*. Ejakulasi yang pertama bisa terjadi pada masa ini walaupun biasanya sudah terjadi pada stadium SMS 2. Pada anak laki-laki suara menjadi dalam sebagai akibat dari rangsangan oleh testosteron terhadap pertumbuhan sel-sel tulang rawan tiroid dan krikoid dan sel-sel otot laring, kelenjer apokrin mulai berfungsi pada saat bersamaan dengan tumbuhnya rambut aksila. Dengan makin berlanjutnya maturitas seksual maka *acne* pun akan bertambah banyak. c) masa remaja akhir (17-20 tahun), merupakan tahap terakhir dari perkembangan pubertas yaitu SMS 5 sebelum masa dewasa, genitalia eksterna telah berkembang sempurna serta rambut pubis juga telah mencapai bentuk dewasa. Pada saat lengkapnya pertumbuhan genitalia eksterna dan rambut pubis, biasanya tumbuh rambut di dagu, pada masa ini testis mencapai bentuk dewasanya yaitu dengan volume kira-kira 25 ml masing-masing dan beratnya 20 gram. Kemampuan reproduksi penuh telah dicapai pada masa ini (Pardede, 2002).

Perubahan yang mencolok pada masa pubertas terjadi oleh karena perubahan hormonal. Hal tersebut karena peningkatan aktifitas aksis hipotalamus-hipofisis-gonad. Akibat aktivasi dari aksis ini, testis dan penis akan terlihat membesar, rambut pubis, ketiak, kumis mulai tumbuh, otot membesar, timbul jerawat, jakun menonjol, suara berubah dan terjadi *spermarche*. Untuk anak laki-laki, kedewasaan seksual ditandai dengan *spermarche* atau produksi sperma dan ejakulasi pertama (rata-rata sekitar usia 11 sampai 16). Untuk anak laki-laki, *spermarche* sering ditandai dengan emisi nokturnal, atau dikenal sebagai mimpi basah (Guzman, 2006).

Kelenjer *pituitary* pada hipofisis akan menghasilkan dua macam hormon, yaitu hormon pertumbuhan (*growth hormon*) dan gonadotropik. Hormon pertumbuhan mempengaruhi pertumbuhan badan, sedangkan hormon gonadotropik akan merangsang kelenjer gonad untuk mensekresi hormon gonad.

Sebelum masa pubertas hormon gonadotropik meningkat dan sel-sel gonad lebih peka terhadap pengaruh hormon gonadotropik. Kelenjer tersebut akan menghasilkan *Gonadotropic Releasing Hormon* (GnRH) yang dikendalikan oleh hipotalamus melalui *pituitary portal system* pada kelenjer *pituitary anterior*. Melalui kelenjer *pituitary* anterior ini akan merangsang sekresi *Luteinizing Hormon* (LH) dan *Follicel Stimulating Hormon* (FSH), fungsi FSH dan LH adalah mempengaruhi reseptor pada testis untuk mengatur fungsi gonad dalam merangsang produksi hormon steroid gonad sehingga terjadi kematangan seksual dan *gametogenesis* (Needleman 2004)

Selain itu hormon FSH dan LH akan merangsang pertumbuhan testis dan produksi androgen oleh sel-sel *Sertoli* pada testis yang akan membantu pematangan sperma. Pada anak laki-laki LH akan merangsang produksi testosteron di sel *interstitial* testis (sel *Leydig*) sehingga terjadi pematangan spermatozoa. Sekresi FSH dan LH yang dikendalikan GnRH akan menentukan awitan masa pubertas (Lee *et al*, 2010).

Perubahan fisik pria pada masa pubertas yaitu, a) pertumbuhan testis, masa pubertas pria bermula dengan mulai bertambah besarnya testis, rata-rata pada usia 11,5 tahun dengan rentang 9,5-13,5 tahun, jadi ukuran testis diatas 4 ml dapat dianggap sudah masuk kedalam masa pubertas. b) pacu tumbuh tinggi badan (*growth spurt*) rata-rata mulai sekitar 13 tahun (antara 10–16 tahun) dan rata-rata berakhir sekitar umur 16 tahun (antara 13,5–17,5 tahun). c) pertumbuhan penis, rambut pubis, rambut ketiak dan janggut, d) perubahan suara, perubahan suara pada pria remaja sebagai akibat bertambah panjangnya pita suara yang mengikuti pacu tumbuh laring. Hal ini terjadi apabila pubertas telah berlangsung beberapa waktu (Matondang, 2003).

Nutrisi atau status gizi mempunyai korelasi yang baik dengan maturasi seksual. Di Amerika Serikat dengan status gizi yang lebih baik rata-rata anak laki-laki mengalami maturasi seksual lebih cepat dibandingkan dengan generasi yang lalu, sebaliknya anak dengan malnutrisi akan mengalami keterlambatan dalam perkembangan seksual sekundernya (Lee *et al*, 2010).

Selain nutrisi, lingkungan dan budaya memegang peranan didalam perubahan-perubahan pada masa remaja. Dampak negatif dari teknologi atau

modernisasi dan pesatnya arus informasi dan komunikasi seperti video porno, internet yang bisa diakses secara bebas dan juga seksual bebas dikalangan remaja akan menyebabkan terjadinya perubahan didalam pola pikir remaja. Pengaruh budaya barat dimana aktivitas seksual bebas dikalangan remaja merupakan hal yang biasa sehingga terjadi stimulasi terus-menerus terhadap libido remaja yang dapat merangsang susunan saraf pusat untuk memproduksi hormon seksual. Ini akan mempengaruhi kematangan seksualnya (Schwitzgebel, 2004).

Sosial ekonomi secara tidak langsung juga mempengaruhi pubertas. Keadaan sosial ekonomi yang baik akan meningkatkan status nutrisi. Sosial ekonomi yang baik juga akan mempengaruhi pola hidup anak, tersedianya fasilitas teknologi canggih seperti televisi dan komputer. Ini terbukti maturasi seksual pada Negara- Negara yang telah maju mengalami percepatan dibandingkan setengah abad yang lalu (Wang, 2005).

Perubahan-perubahan fisik yang terjadi selama pubertas akan mempengaruhi sikap dan perilaku, yang terjadi sebagai akibat perubahan sosial daripada pengaruh hormonal. Perubahan-perubahan psikologis tersebut berupa rasa ingin menyendiri, rasa bosan, inkoordinasi, antagonis sosial, emosi yang meningkat, serta hilangnya rasa percaya diri. Selain bahaya fisik, dapat terjadi bahaya psikologis, yang lebih berbahaya dikarenakan berdampak lebih panjang dan lebih serius. Bahaya- bahaya tersebut berupa konsep diri yang kurang baik dan penyimpangan dalam pematangan seksual (Schwitzgebel, 2004).

Terdapat juga penyimpangan dalam proses pubertas yaitu : a) pubertas prekoks (pubertas terlampau dini). pada pria dikatakan pubertas prekoks apabila

salah satu atau lebih gejala pubertas bermula sebelum usia 9 tahun. b) pubertas terlambat, pada pria dikatakan pubertas terlambat apabila pubertas belum dimulai pada usia 14 tahun. Penyebabnya bermacam-macam, mulai dari defisiensi hormon seks sampai keberbagai sindrom seperti sindroma Turner dan Klinefelter (Matondang, 2003).

### 3. Hormon Leptin

Leptin adalah asam amino peptida 167 yang dibentuk di jaringan lemak. Dengan meningkatnya lemak pada tubuh maka akan meningkatkan kadar leptin. Selain itu hormon leptin juga mempengaruhi *system neuroendocrin* yang berkaitan dengan pubertas (Seng, 2004). Ketika jumlah jaringan lemak meningkat, maka adiposit akan menghasilkan leptin lebih banyak lagi, yang akan dilepaskan ke dalam darah. Leptin kemudian bersirkulasi ke otak, yang selanjutnya menembus sawar darah otak melalui difusi terfasilitasi dan menempati reseptor leptin pada berbagai tempat di hipotalamus (Murray, 1999).

### 4. Obesitas dan Onset pubertas

Selama ini telah diperdebatkan bahwa dalam keadaan normal terdapat suatu berat badan kritis yang harus dicapai agar pubertas terjadi. Saat ini tampaknya leptin, yakni suatu hormon yang menimbulkan rasa kenyang dan dihasilkan oleh sel lemak mungkin merupakan penghubung antara berat badan dan pubertas (Dehghan *et al*, 2005).

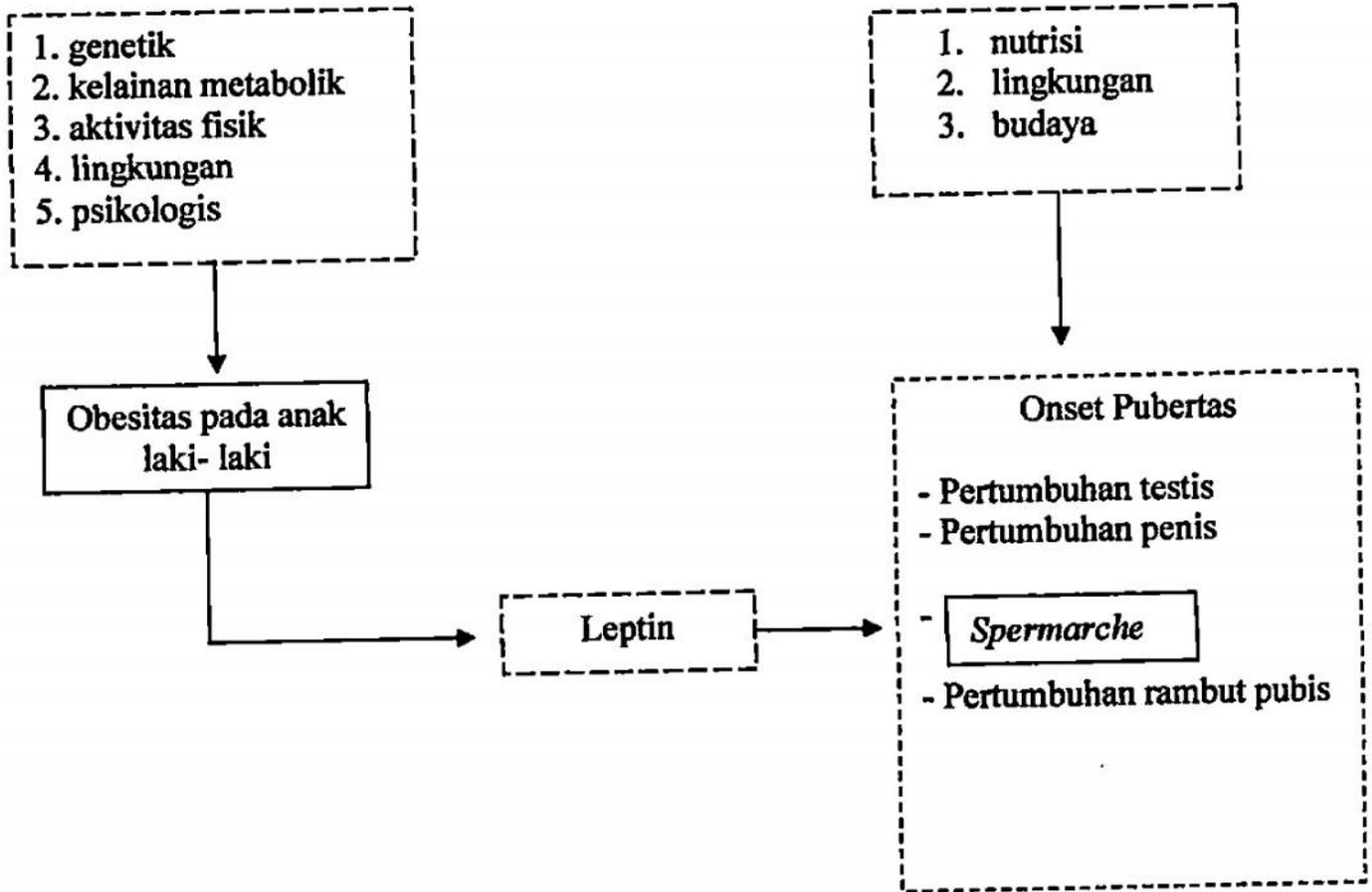
Terdapat suatu hubungan yang positif antara kadar leptin darah dengan *Body Mass Index* pada masa kanak-kanak dan remaja. adanya peningkatan kadar

leptin dalam darah selama masa pra pubertas sampai awal pubertas yang tidak tergantung usia menunjukkan bahwa leptin berperan dalam mempercepat pubertas (He, 2001).

Leptin berperan sebagai pemberi informasi kepada hipotalamus mengenai status kalori dan cadangan lemak tubuh untuk memulai pubertas. Leptin dapat bekerja secara langsung maupun tidak langsung pada hipotalamus dan meningkatkan produksi *Gonadotropin Releasing Hormone*. Leptin dapat mempengaruhi pubertas dengan merangsang *Insulin-like growth factor I (IGF-I)* selain juga meningkatkan transport gula ke dalam sel, peningkatan kadar leptin juga menyebabkan supresi sekresi neuropeptida oleh hipotalamus, dengan demikian melepaskan hambatan terhadap sekresi *Gonadotropin Releasing Hormone* ( Garibaldi *et al*, 2004).

Stimulasi reseptor leptin tersebut di nukleus hipotalamus akan memulai berbagai peristiwa yang akan mengurangi penyimpanan lemak.,akan tetapi pada sebagian besar orang dengan obesitas, tidak ditemukan defisiensi produksi leptin, karena kadar leptin dalam plasma meningkat sebanding dengan penambahan jaringan adiposa. Sebagian ahli fisiologi meyakini bahwa obesitas mungkin disebabkan oleh resistensi leptin yaitu reseptor leptin atau jaras sinyal pasca reseptor yang normalnya diaktivasi oleh leptin, mengalami gangguan pada orang dengan obesitas yang terus menerus makan meski kadar leptin sangat tinggi

## B. Kerangka konsep



Keterangan :  = diteliti  
 = tidak diteliti

## C. Hipotesis

1. Terdapat hubungan antara obesitas dengan onset pubertas pada anak laki-laki
2. Semakin tinggi *Body Mass Index*/ obesitas seseorang maka semakin cepat onset