

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Obesitas

2.1.1 Epidemiologi obesitas

Obesitas merupakan salah satu masalah kesehatan terbesar. Menurut *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2016 lebih dari 650 juta jiwa di dunia menderita obesitas.¹ Prevalensi obesitas di Indonesia cenderung mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Menurut Riskesdas prevalensi obesitas laki laki dewasa di Indonesia adalah sebesar 19,7%, angka tersebut lebih tinggi daripada prevalensi obesitas pada laki laki dewasa Indonesia di tahun 2010 yaitu sebesar 7,8% dan di tahun 2007 yaitu sebesar 13,9%. Prevalensi obesitas perempuan dewasa di Indonesia pun mengalami kenaikan dari tahun 2007 sebesar 13,9% menjadi 15,5% di tahun 2010 dan menjadi 32,9% di tahun 2013.² Menurut Rachmi *et al*, prevalensi obesitas pada penduduk yang tinggal di daerah kota lebih besar dibandingkan mereka yang tinggal di daerah desa dan mereka yang memiliki status ekonomi lebih tinggi cenderung lebih beresiko mengalami obesitas.²⁹

2.1.2 Definisi obesitas

Obesitas didefinisikan sebagai akumulasi lemak abnormal atau berlebihan yang dapat mengganggu kesehatan.¹ Obesitas banyak didefinisikan menurut standar indeks massa tubuh (IMT). Indeks massa tubuh adalah nilai berat badan dalam kilogram (kg) dibagi tinggi badan

dalam meter kuadrat (m^2). Menurut WHO (1995) kategori obesitas adalah apabila seseorang memiliki indeks massa tubuh $\geq 30 \text{ kg/m}^2$, sementara itu menurut Gurruci (1998) obesitas pada orang Indonesia adalah mereka yang memiliki indeks massa tubuh (IMT) $\geq 27 \text{ kg/m}^2$. Pada tahun 2004 WHO menjadikan nilai indeks massa tubuh $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ masuk dalam kategori obesitas untuk populasi Asia.²⁹ Menurut Riskesdas nilai ambang indeks massa tubuh (IMT) untuk obesitas adalah $\geq 27 \text{ kg/m}^2$.

2.1.3 Etiologi obesitas

Etiologi obesitas sangat multifaktorial. Obesitas dapat terjadi karena faktor genetik, kurang aktivitas fisik, dan pola makan. Menurut Loos *et al* penelitian pada keluarga dan anak kembar menunjukkan bahwa faktor genetik berperan hingga 40-70% dalam obesitas.³⁰ Studi yang dilakukan oleh Rachmaandrappa *et al* menyebutkan adanya mutasi pada gen leptin (LEP) menyebabkan ketidakmampuan produksi leptin sehingga kadar leptin dalam tubuh sangat turun.³¹

Leptin merupakan hormon yang penting dalam metabolisme lemak. Leptin diproduksi oleh jaringan adiposa sebagai sinyal kenyang. Leptin bekerja dengan sistem umpan balik negatif, apabila pemasukan energi sudah terpenuhi maka jaringan adiposa akan mengirimkan leptin kepada nukleus arkuatus di hipotalamus untuk menekan nafsu makan. Seseorang dengan mutasi pada gen leptin menyebabkan produksi leptin berkurang akan mengakibatkan tidak adekuatnya penekanan nafsu makan di hipotalamus sehingga orang tersebut akan terus makan walaupun

sebenarnya kebutuhan energinya sudah terpenuhi.³²

Gangguan pada sinyal leptin merupakan faktor lainnya dalam proses terjadinya obesitas. Mutasi yang terjadi pada receptor leptin di hipotalamus juga menyebabkan tidak adekuatnya sinyal kenyang sehingga membuat seseorang mengalami hiperfagi, pada kondisi ini kadar leptin dalam darah tinggi namun tidak dapat melakukan kerjanya untuk menghambat nafsu makan, kondisi ini disebut resistensi leptin.³³

Faktor lainnya yang berperan dalam mekanisme terjadinya obesitas adalah aktivitas fisik. Studi yang dilakukan oleh Jakicic pada tahun 2009 menyebutkan bahwa aktivitas fisik berperan dalam pencegahan kenaikan berat badan, penurunan berat badan dan pencegahan kenaikan berat badan kembali dengan cara meningkatkan *energy expenditure*. Menurut Jakicic aktivitas fisik juga berperan dalam menurunkan lemak perut dan menurunkan resiko penyakit metabolik.³⁴ Menurut Wiklund di tahun 2016 dalam lima puluh tahun terakhir teknologi telah banyak mempengaruhi hidup manusia dalam berbagai bidang seperti transportasi dan pekerjaan rumah seperti mesin cuci, selain itu teknologi juga cenderung membuat pola hidup manusia menjadi *sedimentary*, sebagai konsekuensinya terjadi penurunan *energy expenditure*.³⁵

Pola makan juga dapat menjadi salah satu faktor terjadinya obesitas. Menurut Hariri terdapat hubungan positif antara makanan tinggi lemak dengan obesitas. Pemilihan sumber energi dengan kandungan nutrisi yang kurang baik seperti makanan manis dan *softdrink* dan

kurangnya konsumsi buah berperan dalam mekanisme terjadinya obesitas.³⁶

2.1.4 Dampak obesitas

Obesitas mempunyai dampak negatif bagi kesehatan. Menurut Monteiro *et al* obesitas berhubungan erat dengan sindrom metabolik. sindrom metabolik adalah suatu rangkaian gangguan metabolik yang meliputi intoleransi glukosa, obesitas sentral, dislipidemia (hipertrigliserida, peningkatan asam lemak tidak teresterifikasi, dan penurunan *high-density lipoprotein* (HDL) kolesterol) dan hipertensi. Sindrom metabolik tersebut juga meningkatkan resiko terjadinya penyakit penyakit kardiovaskular, diabetes mellitus tipe 2 dan kanker.³⁷

Studi yang hampir sama dilakukan oleh Shah *et al* di tahun 2012 menyebutkan obesitas berhubungan dengan peningkatan resiko berbagai penyakit seperti diabetes mellitus, hipertensi, penyakit jantung, stroke, kanker, dislipidemia, penyakit hati dan empedu, *sleep apnea* dan penyakit respiratori lain, osteoarthritis, abnormalitas menstruasi dan infertilitas.³⁸

2.1.5 Tipe obesitas

2.1.5.1 Tipe android atau *apple type*

Obesitas tipe android mirip seperti bentuk apel. Bahu, muka, lengan, leher, dada dan bagian atas perut bengkak. Perut terlihat kaku begitu juga lengan, bahu dan payudara. Punggung terlihat tegap. Bagian bawah tubuh seperti panggul, paha dan kaki lebih kecil bila dibandingkan dengan bagian atas tubuh. Pada tipe ini organ vital yang terkena

kebanyakan jantung, hati, ginjal dan paru paru. Tipe obesitas ini lebih banyak ditemukan pada laki laki dari pada perempuan. Tipe obesitas ini memiliki resiko tinggi untuk terkena penyakit jantung karena tingginya kolesterol.³⁹

2.1.5.2 Tipe Genoid atau *pear type*

Obesitas tipe genoid terlihat seperti buah pear. Bagian bawah tubuh terdapat tambahan daging. Tambahan daging pada perut, paha, pantat, dan kaki tersebut lembek. Muka terlihat normal, pada sebagian orang pipi terlihat menggelambir. Seiring bertambahnya usia tulang belakang tidak tegak lagi karena menahan berat pada panggul dan paha. Obesitas tipe genoid dapat ditemukan baik pada laki laki maupun perempuan, namun perempuan lebih sering terkena. Organ vital yang sering terpengaruh adalah ginjal, uterus, usus, dan kandung kemih.³⁹

2.1.5.3 Tipe ketiga

Tipe ketiga adalah tipe obesitas yang tidak masuk ke dalam tipe android ataupun genoid. Seluruh tubuh mereka dari kepala sampai kaki seperti barel. Gaya berjalan mereka cenderung bergulir dari pada berjalan. jaringan lemak pada tubuh akan menghalangi pergerakan dari semua organ dan konsekuensinya akan cepat berefek pada fungsi organ tersebut.³⁹

2.1.6 Klasifikasi indeks massa tubuh (IMT) untuk obesitas

Indeks massa tubuh (IMT) merupakan sebuah perhitungan berat badan dalam kilogram (kg) dibagi dengan tinggi badan kuadrat dalam meter (m). IMT digunakan untuk mengetahui apakah seseorang termasuk

ke dalam kelompok kurus, normal, berat badan berlebih, ataupun obesitas. IMT juga dapat membantu seseorang mengetahui apa faktor resiko penyakitnya. Rekomendasi nilai ambang IMT oleh WHO adalah seperti yang ditampilkan pada tabel 2.⁴⁰

Tabel 2 : Klasifikasi indeks massa tubuh

Klasifikasi	IMT
Kurus	<18,50
Sangat kurus	<16,00
Kurus sedang	16,00-16,99
Kurus ringan	17,00-18,49
Normal	18,50-24,99
Berat badan berlebih	≥ 25,00
Pre-obes	25,00-29,99
Obesitas	≥30,00
Obesitas kelas I	30,00-34,99
Obesitas Kelas II	35,00-39,00
Obesitas kelas III	≥ 40,00

Sumber : WHO⁴⁰ 2011

Sementara klasifikasi nilai ambang IMT untuk orang Indonesia dari Riskesdas adalah seperti yang ditampilkan pada tabel 3.²

Tabel 3 : Klasifikasi indeks massa tubuh

Klasifikasi	IMT
Kurus	< 18,5
Normal	≥ 18,5 - <24,9
Berat badan lebih	≥ 25,0 - < 27,0
Obesitas	≥ 27,0

Sumber : Riskesdas² 2013

2.1.7 *Waist to height ratio (WHtR)*

Waist to Height ratio (WHtR) merupakan salah satu pengukuran antropometri yang dapat digunakan pada obesitas. Pengukuran WHtR dilakukan dengan cara membandingkan lingkaran pinggang dalam sentimeter (cm) dengan tinggi badan dalam sentimeter (cm).^{8,9,13} Menurut Ashwell *et al* WHtR merupakan pengukuran antropometri yang lebih baik

dalam mendeteksi faktor resiko penyakit metabolik dan kardiovaskular dibandingkan IMT, *waist circumference* (WC), dan *waist to hip ratio* (WHR) karena dapat diaplikasikan tanpa membedakan jenis kelamin, ras dan etnis tertentu.^{8,9}

Menurut Ashwell *et al* IMT tidak dapat membedakan beratnya seorang individu karena terlalu banyak massa lemak atau massa ototnya. *Waist circumference* atau lingkar pinggang walaupun memiliki hubungan yang kuat dengan lemak visceral, namun memiliki nilai ambang yang berbeda untuk laki laki dan perempuan juga nilai ambang yang berbeda pada beberapa ras tertentu sehingga penggunaannya kurang praktis. *Waist to hip ratio* (WHR) merupakan pengukuran antropometri perbandingan antara lingkar pinggang dan lingkar panggul, pengukuran ini cukup berguna dalam *risk assessment* namun tidak efektif dalam manajemen resiko karena baik lingkar pinggang dan lingkar panggul akan berubah saat terjadi perubahan berat badan sehingga nilai WHR relatif sama walau berat badan suah berubah.⁹

Menurut Corrêa *et al* dalam penelitiannya di tahun 2017 WHtR dapat digunakan sebagai penanda berat badan berlebih pada orang tua dengan sensitivitas 94,9% sampai 98,8%, spesifisitas 43% sampai 55,4% dan nilai *area under curve* dari 0,878 sampai 0,883. Terdapat hubungan positif antara nilai WHtR dengan IMT dengan ($p < 0,001$) dimana kenaikan IMT akan disertai dengan kenaikan WHtR.¹¹ Hasil yang sama juga disebutkan oleh Pelegrini *et al* dalam penelitiannya di tahun 2014

bahwa WHtR dapat digunakan sebagai salah satu pengukuran antropometri sebagai indikator obesitas dalam prediksi tingginya lemak tubuh pada remaja.¹²

Perbandingan nilai ambang obesitas antara WHtR, IMT dan WC dapat dilihat pada tabel 4.⁹ Tabel 4 menggambarkan bahwa seseorang dengan nilai WHtR $\geq 0,5$ termasuk dalam kelompok distribusi lemak sentral sementara seseorang dengan nilai WHtR $\geq 0,6$ termasuk dalam kelompok obesitas sentral.¹³

Tabel 4 : Perbandingan nilai ambang obesitas antara WHtR, IMT, dan WC

Deskripsi	Definisi
Berat badan lebih	IMT ≥ 25
Obesitas	IMT ≥ 30
Distribusi lemak sentral	<i>Waist circumference</i> \geq langkah 1*
Obesitas sentral	<i>Waist circumference</i> \geq langkah 2*
Distribusi lemak sentral	WHtR $\geq 0,5$
Obesitas sentral	WHtR $\geq 0,6$

*Guideline NICE

Waist circumference langkah 1 ≥ 80 cm (perempuan) atau ≥ 94 cm (laki laki); *waist circumference* langkah 2 ≥ 88 cm (perempuan) atau \geq cm (laki laki). IMT : indeks massa tubuh, WHtR : *waist to height ratio*.

Sumber : Ashwell⁹ 2009

Pengukuran WHtR mudah dilakukan. Pengukuran WHtR dilakukan dengan cara mengukur tinggi badan dan lingkar pinggang responden. Pengukuran tinggi badan diukur dalam sentimeter (cm) menggunakan alat pengukur tinggi badan. Responden diminta untuk melepas alas kaki, berdiri tegak dan melepas penutup kepala apabila memakainya. Pengukuran lingkar pinggang responden dilakukan dengan menggunakan pita ukur. Responden di minta untuk membebaskan daerah

pinggangnya dari baju yang dipakai. Pengukuran dilakukan pada pertengahan antara tepi bawah rusuk terbawah dan *crista iliaca*. Responden diminta untuk rileks dan pengukuran dilakukan pada saat akhir pernafasan. nilai WHtR diperoleh dari hasil lingkaran pinggang dibagi tinggi badan.^{7,10}

2.1.8 Lemak subkutan

Menurut Ibrahim *et al* *subcutaneous adipose tissue* (SAT) atau lemak subkutan merupakan lemak yang berada di area subkutan. Lemak subkutan merupakan hasil dari intake energi yang berlebih dengan sedikitnya energi yang dikeluarkan. Lemak subkutan bertindak sebagai wadah metabolik dimana asam lemak bebas dan gliserol disimpan dalam bentuk trigliserida di dalam sel adiposa. Apabila kapasitas penyimpanan terlampaui atau kemampuannya dalam membentuk sel adiposa terganggu maka lemak mulai terakumulasi diluar jaringan subkutan dan pada keadaan kronik akan membentuk lemak viseral.¹⁶

Lemak subkutan memiliki anatomi dan fisiologi yang berbeda dengan lemak viseral. Menurut Ibrahim *et al* lemak subkutan menyusun sebanyak 80% dari total lemak tubuh. Lemak subkutan banyak terdapat di daerah *femorogluteal*, punggung dan dinding *abdomen anterior*. Lemak subkutan memiliki jumlah sel adiposa berukuran besar yang lebih sedikit, vaskularisasi yang lebih sedikit, sitokin sitokin proinflamasi yang lebih sedikit, aktivitas lipolisis yang lebih sedikit, serta lebih sensitif terhadap insulin bila dibandingkan dengan lemak viseral.¹⁶ Menurut Fernandez-

Real *et al* pada tahun 2016 lemak subkutan memiliki hubungan bermakna dengan IMT ($p < 0,0001$ dan $r = 0,526$).¹⁷

Menurut Gupta pengukuran lemak tubuh dapat dilakukan dengan metode *bioelectrical impedance analysis* (BIA). Metode BIA merupakan metode noninvasif yang cukup akurat, cepat, murah, dan aman dalam mengukur lemak tubuh secara langsung. Prinsip metode BIA adalah dua atau lebih konduktor menyentuh bagian tubuh responden dan aliran listrik lemah akan dipancarkan ke tubuh responden. Adanya variasi daya tahan atau resistensi antara jaringan adiposa, jaringan otot dan tulang terhadap hantaran listrik dapat digunakan untuk mengukur lemak tubuh.¹⁵

Menurut Gupta beberapa keadaan yang dapat mempengaruhi pengukuran lemak tubuh metode BIA adalah dehidrasi, aktivitas fisik berlebihan sebelum pemeriksaan, dan makan sebelum pemeriksaan. Dehidrasi dapat menyebabkan peningkatan resistensi arus listrik yang dipancarkan. Melakukan aktivitas berlebih sebelum pemeriksaan juga dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan karena dapat menurunkan impedansi. Makan sebelum pemeriksaan tidak dianjurkan karena menyebabkan variasi pembacaan prosentase lemak tubuh.¹⁵

2.2 Ferritin

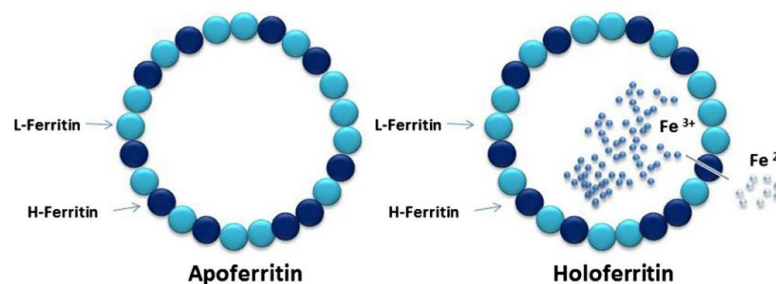
Ferritin dikenal sebagai protein penyimpan besi utama yang mempunyai peran penting dalam homeostatis besi. Ferritin membuat besi tersedia untuk proses proses seluler yang penting sekaligus melindungi lipid, DNA dan protein dari besi itu sendiri yang berpotensi toksik bagi

sel. Ferritin sering digunakan dalam praktik klinik sebagai tanda adanya gangguan homeostatis atau metabolisme besi. Ferritin juga banyak berperan dalam berbagai proses lainnya seperti inflamasi, *neurodegenerative*, dan keganasan.^{21,41}

2.2.1 Struktur ferritin

Ferritin adalah besi terikat protein yang dapat ditemukan baik ekstrasel maupun intrasel. Apoferritin membentuk wadah bulat dimana besi disimpan di dalamnya dalam bentuk mineral ferrihidrate. Apoferritin merujuk pada ferritin yang tidak terisi besi, sedangkan yang terisi besi disebut holo ferritin atau ferritin.²¹

Kulit apoferritin terbentuk dari 24 subunit. Subunit tersebut terdiri dari dua tipe yaitu subunit H dan subunit L. Perbandingan antara kedua subunit tersebut sangat bervariasi, tergantung dari tipe jaringan dan dapat dimodifikasi pada keadaan inflamasi atau infeksi. Subunit H banyak ditemukan di jantung dan ginjal, sementara subunit L banyak di temukan di hati dan limpa. Subunit L terdiri dari 174 asam amino dan subunit H terdiri dari 182 asam amino.²¹



Gambar 1 Struktur apoferritin dan holo ferritin

Sumber : Rosário⁴² 2013

2.2.2 Ferritin dalam homeostatis besi

Besi ikut berperan bersama globin dalam pengangkutan oksigen ke setiap sel dalam tubuh, selain itu besi juga berperan dalam mengubah oksigen tersebut menjadi energi dalam proses rantai pernafasan. Walaupun besi sangat berguna bagi tubuh, namun besi juga sangat berpotensi menjadi toksik bagi tubuh karena bisa memfasilitasi pembentukan radikal bebas, oleh karenanya besi disimpan dalam bentuk yang lemah sebagai ferritin hingga dibutuhkan oleh tubuh.²¹

Besi banyak diabsorpsi pada bagian proksimal usus halus. Besi melewati membran sel dengan dibantu oleh *divalent metal transporter (DMT1)*. Besi harus diubah dalam bentuk Fe^{2+} terlebih dahulu sebelum melewati membran sel. Besi yang telah diabsorpsi tersebut sebagian disimpan dalam sel enterosit sebagai ferritin sementara sebagian besar akan beredar di sirkulasi dan diikat oleh apotransferrin menjadi transferrin. Sebelum besi meninggalkan sel enterosit besi harus diubah kembali menjadi bentuk Fe^{3+} .²¹

Konsumen utama besi adalah sumsum tulang dimana terjadi pembentukan sel darah merah. Prekursor *erythroid* berpuntai *transferrin receptor* (TfRs) di permukaannya. Transferrin akan berikatan dengan TfRs dan akan mengalami endositosis. Lingkungan yang asam akan membuat transferrin melepaskan besi. Transferrin yang sudah kosong dan TfRs lalu akan kembali ke permukaan dimana mereka akan melepaskan ikatan mereka dan kembali ke sirkulasi.²¹

2.2.3 Keadaan yang mempengaruhi kadar ferritin

Ada banyak kondisi yang dapat mempengaruhi kadar ferritin. Beberapa kondisi yang dijumpai peningkatan kadar ferritin antara lain : keadaan kelebihan besi, inflamasi, infeksi, *hemochromatosis hereditas*, kanker payudara.²¹ Menurut Ripoll *et al* peningkatan ferritin serum juga terjadi pada pasien dengan sirosis hepatis.⁴³ Penurunan ferritin serum dijumpai pada kondisi defisiensi besi, anemia defisiensi besi, dan hipotiroid.²¹

2.2.4 Metode pengukuran ferritin

Pengukuran ferritin dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain : *radioimmunoassay* (RIA), *immunoradiometric assay* (IRMA), dan *enzyme linked immunosorbent assay* (ELISA).^{22,44,45} Pengukuran ferritin lainnya adalah dengan menggunakan metode *enzyme linked fluorescent immunoassay* (ELFA). Prinsip pemeriksaan ELFA adalah berdasarkan pada teknologi *immunoassay fluorescence*. Pada pemeriksaan ini menggunakan metode *sandwich immunodetection*, dengan mencampurkan larutan *detection buffer* yang mengandung antibodi anti-ferritin yang berfluoresensi dengan serum sehingga ferritin dalam serum akan berikatan dengan antibodi anti-ferritin. Ikatan ferritin dan antibodi anti-ferritin pada sumuran strip tes akan berpindah melalui matriks nitroselulosa pada strip tes yang nantinya akan berikatan dengan pasangan antibodi yang sebelumnya telah dilakukan immobilisasi pada strip tes.

2.3 Hubungan obesitas dengan ferritin

Obesitas berhubungan dengan inflamasi. Faktor pendorong dari proses ini antara lain adanya kelebihan kalori yang menyebabkan perubahan morfologi dan metabolisme ada jaringan adiposa dan sistem organ lainnya termasuk pankreas, hipotalamus, otot rangka, dan hepar. Proses proses tersebut mengarah pada inflamasi jaringan adiposa, penyimpangan sekresi endokrin, dan sekresi sitokin, semua proses tersebut akan menyebabkan peningkatan inflamasi sistemik.²⁰

Melimpahnya trigliserida pada jaringan adiposa akan mengakibatkan respon stres seluler sehingga akan mengaktifasi sinyal inflamasi. Peningkatan asam lemak serum dan pemecahan asam lemak menyebabkan aktivasi kaskade proinflamasi yang akan membuat jaringan adiposa meningkatkan sekresi sitokin atau disebut juga adipokin. Pelepasan adipokin akan menarik monosit ke jaringan adiposa dan aktif menjadi makrofag. Aktivasi makrofag menyebabkan sintesis nitrit oksida, IL-1 α , IL- β , IL-6, interferon- γ (INF- γ) dan TNF- α ¹⁸⁻²⁰

Sitokin proinflamasi akan merangsang sel hepatosit untuk memproduksi *acute phase protein (APP)*. APP yang di produksi sel hepatosit antara lain *C-reactive protein (CRP)*, ferritin, *D-dimer protein*, *mannose-binding protein*, *alpha 1 antitrypsin*, *alpha 1 antichymotrypsin*, *alpha 2 makroglobulin*, fibrinogen, *prothrombin*, faktor VIII, faktor von Willebrand, plasminogen, dan haptoglobin.²⁰

Hasil yang sama juga ditunjukkan dalam penelitian yang dilakukan Koorts *et al* dan Alam *et al* dimana terdapat peningkatan kadar ferritin

pada kelompok dengan peningkatan kadar CRP.^{46,47} Menurut Pan *et al* peningkatan kadar ferritin tersebut akibat stimulasi dari sitokin sitokin proinflamasi IL-1 α , IL-6 dan TNF- α .¹⁹

2.4 Hubungan WHtR dan lemak subkutan dengan ferritin

Waist to height ratio (WHtR) merupakan pengukuran antropometri perbandingan antara lingkaran pinggang dan tinggi badan. Seseorang dengan nilai WHtR $\geq 0,5$ dikelompokkan dalam kelompok distribusi lemak sentral, sementara itu seseorang dengan nilai WHtR $\geq 0,6$ dikelompokkan dalam kelompok obesitas sentral dimana keduanya sama-sama memiliki resiko tinggi untuk terjadinya penyakit metabolik dan kardiovaskular.^{8,9,13}

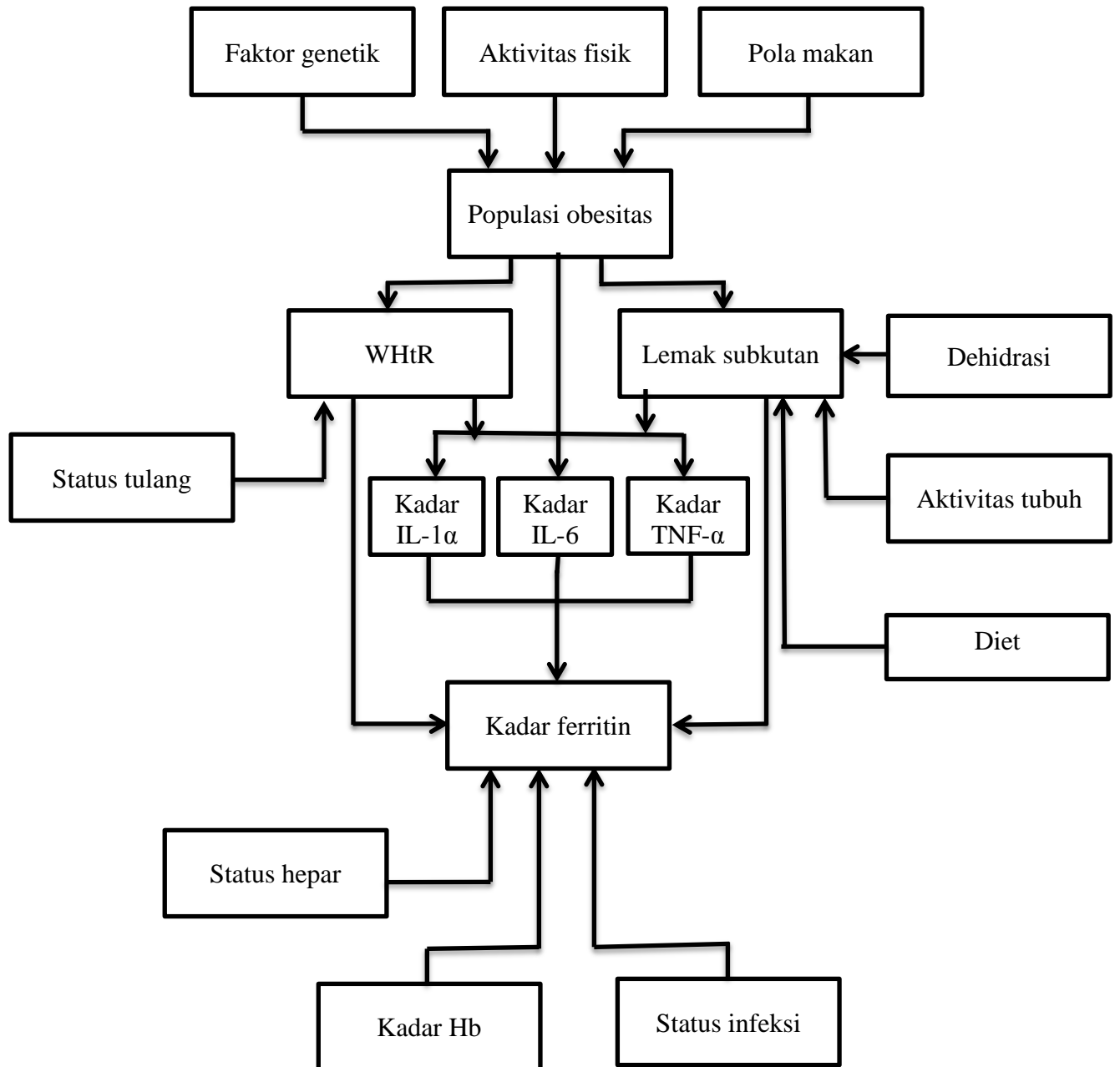
Menurut Corrêa *et al* WHtR memiliki hubungan yang bermakna dengan IMT ($p < 0,001$), dalam salah satu hasil penelitiannya di tahun 2017 didapatkan bahwa peningkatan IMT akan disertai dengan peningkatan WHtR. Penelitian yang sama juga menyebutkan bahwa sensitivitas dan spesifisitas WHtR sebagai pertanda berat badan berlebih pada orang tua adalah sebesar 94,9% sampai 98,8% dan 43% sampai 55,4%.¹¹

Menurut Ibrahim *et al* di tahun 2010 lemak tubuh total tersusun atas 80% lemak subkutan. Lemak subkutan merupakan lemak yang berada di area subkutan. Lemak subkutan banyak terdapat di daerah *femorogluteal*, punggung dan dinding *abdomen anterior*. Lemak subkutan dapat digunakan untuk pengukuran pada obesitas karena Lemak subkutan menyusun sekitar 80% dari lemak tubuh total.¹⁶ Menurut Fernandez-Real *et al* pada tahun 2016 lemak subkutan memiliki hubungan bermakna

dengan IMT ($p < 0,0001$ dan $r = 0,526$)¹⁷

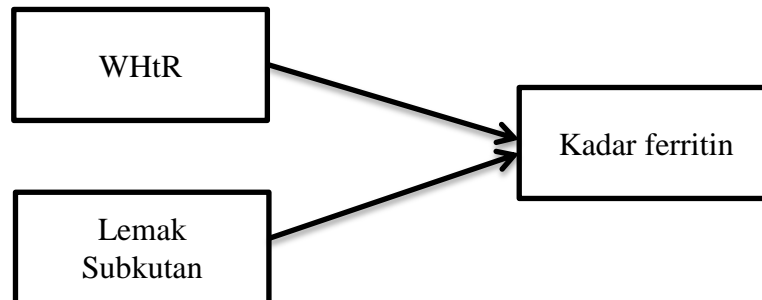
Obesitas berhubungan dengan inflamasi. Melimpahnya trigliserida pada jaringan adiposa akan mengakibatkan respon stress seluler sehingga jaringan adiposa mensekresi sitokin sitokin yang disebut adipokin seperti IL-1 α , IL-1 β , IL-6, INF- γ dan TNF- α .¹⁸⁻²⁰ IL-1 α , IL-6, dan TNF- α akan merangsang sel hepatosit untuk memproduksi ferritin sebagai APP.¹⁹

2.5 Kerangka teori



Gambar 2 : Kerangka teori

2.6 Kerangka konsep



Gambar 3 : Kerangka konsep

2.7 Hipotesis

2.7.1 Hipotesis mayor

Terdapat hubungan antara indikator obesitas dengan ferritin pada obesitas

2.7.2 Hipotesis minor

1. Terdapat hubungan antara *waist to height ratio* (WHtR) dengan ferritin pada obesitas
2. Terdapat hubungan antara lemak subkutan dengan ferritin pada obesitas