

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Obesitas merupakan suatu keadaan yang terjadi jika kuantitas jaringan lemak tubuh dibandingkan dengan berat badan total lebih besar dari keadaan normalnya, atau terjadinya penumpukan lemak tubuh yang berlebih sehingga berat badan seseorang jauh di atas normal. Kondisi ini disebabkan oleh asupan energi yang masuk lebih tinggi dari pada asupan energi yang dikeluarkan sehingga hal ini yang memicu terjadinya penumpukan lemak dalam jumlah yang berlebih, baik itu terjadi pada kalangan orang dewasa maupun anak-anak (Septiyanti & Seniwati, 2020).

Berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Indonesia, prevalensi obesitas yang terjadi di Indonesia meningkat hampir dua kali lipat antara tahun 2013 dan 2018. Pada tahun 2018, sekitar 35,4 % orang dewasa yang berumur 18 tahun ke atas mengalami kondisi obesitas. Wanita dewasa terpengaruh secara tidak proporsional pada tahun 2018, 44,4 % wanita hidup dengan kelebihan berat badan atau obesitas (dibandingkan dengan 26,6 % pria). Terjadinya peningkatan obesitas memiliki dampak penting pada gangguan kesehatan dan penurunan kualitas hidup.

Obesitas dapat menyebabkan konsekuensi kesehatan yang serius dan merupakan faktor risiko terjadinya penyakit degeneratif. Akumulasi lemak yang berlebihan di jaringan adiposa dapat menyebabkan kematian. Masalah kesehatan yang berhubungan dengan obesitas diantaranya adalah diabetes tipe 2, karena obesitas meningkatkan resistensi insulin dalam tubuh. Selain itu, obesitas dapat meningkatkan risiko terkena gangguan kardiovaskular seperti penyakit jantung koroner, hipertensi dan stroke karena tekanan darah tinggi dan kadar kolesterol yang tidak terkontrol, serta meningkatkan risiko terkena beberapa jenis kanker seperti kanker payudara, kanker usus, kanker prostat dan lain sebagainya (Medina-Remón et al, 2018). Obesitas tidak hanya berdampak pada masalah kesehatan yang dapat menyebabkan kematian seseorang, tetapi juga memiliki dampak pada sistem reproduksi tubuh. Pada wanita, obesitas dapat menyebabkan gangguan menstruasi seperti ketidakteraturan dalam siklus menstruasi, serta meningkatkan risiko sindrom

ovarium polikistik (PCOS) yang bisa mengganggu ovulasi dan menghasilkan gejala seperti pertumbuhan rambut yang berlebihan. Pada pria, obesitas juga dapat memengaruhi kualitas sperma dan kesuburan karena penurunan kadar testosteron yang berdampak pada kualitas sperma. Berdasarkan dampak yang telah dipaparkan, dapat diketahui bahwa obesitas menimbulkan banyak kerugian. Pencegahan melalui pengendalian berbagai faktor risiko obesitas perlu dilakukan. Memahami faktor-faktor obesitas dapat meningkatkan kesadaran seseorang untuk melakukan pengukuran massa lemak tubuh secara berkala dalam upaya pencegahan dan pengelolaan obesitas.

Pengukuran massa lemak tubuh tidak dapat diukur dengan akurat hanya menggunakan timbangan biasa atau mengacu pada Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT merupakan metode pengukuran berat badan yang disesuaikan dengan tinggi badan (CDC, 2011). IMT dihitung dengan membagi berat badan dalam kilogram oleh kuadrat tinggi badan dalam meter. Meskipun IMT merupakan metode yang umum dan mudah untuk digunakan, namun terdapat keterbatasan dalam interpretasinya. Salah satu keterbatasan utama IMT adalah bahwa metode ini tidak dapat membedakan komposisi tubuh seseorang seperti massa lemak dan massa bebas lemak.

Dalam bidang medis, untuk melakukan pengukuran tingkat lemak tubuh (body fat) berdasarkan *body composition assessment* yang mampu membedakan antara massa lemak dan massa non-lemak dapat menggunakan berbagai metode yang semakin canggih, seperti *Bioimpedance Analysis* (BIA), *Skinfold Calipers*, *Dual-Energy X-ray Absorptiometry* (DXA), *Bioelectrical Impedance Spektral* (BIS) dan lain sebagainya. Salah satu metode yang umum dan banyak digunakan adalah *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA). Hal ini karena BIA bersifat non-invasif, *portable*, cepat, efisien dan dapat dioperasikan sendiri (Afin et al, 2019).

BIA merupakan metode yang memanfaatkan arus lemah yang dikirimkan melalui tubuh dan mengukur resistansi yang dihasilkan oleh jaringan tubuh. Dari data resistansi, BIA dapat memberikan informasi berupa massa lemak tubuh (*fat mass* – FM), massa bebas lemak tubuh (*fat free mass* – FFM), dan persentase lemak tubuh (*body fat* – BF). FM terdiri dari kandungan elektrolit dan air yang rendah,

sehingga menghasilkan impedansi yang lebih tinggi dan konduksi arus listrik yang rendah. Sebaliknya FFM terdiri dari kandungan elektrolit dan air yang tinggi, sehingga memiliki konduktivitas tinggi dan menjadi konduktor arus listrik yang sangat baik (Eko Sulistyono et al, 2023) .

Dalam metode *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA), tubuh manusia dapat dimodelkan sebagai sebuah sirkuit listrik sederhana yang terdiri dari resistor dan kapasitor. Pengukuran BIA dilakukan dengan menggunakan pengenalan arus bolak-balik (AC) ke tubuh melalui elektroda sekitar 0,1 mA dan frekuensi sekitar 50 kHz. Frekuensi yang digunakan dalam pengukuran BIA mempengaruhi aliran arus yang memasuki tubuh. Pada frekuensi rendah, sekitar 1 hingga 5 kHz, aliran arus sulit menembus membran sel, sehingga hanya mengalir pada cairan ekstraselular. Dengan menaikkan frekuensi maka aliran arus dapat menembus membran sel sehingga dapat mengalir melewati cairan intraselular. Pada frekuensi 50 kHz, arus mengalami sedikit pembelokan ketika melewati membran sel, sedangkan pada frekuensi 100 kHz aliran arus dapat melewati membran sel. Pengetahuan ini menjadi dasar teknologi *Bioelectrical Impedance Analysis Multi-Frekuensi* (MF-BIA) yang menggunakan berbagai frekuensi listrik, mulai dari 1 hingga 1000 kHz untuk memperkirakan komponen tubuh seperti cairan ekstraselular, cairan intraselular, total cairan tubuh, dan FFM (Afin et al, 2019).

Penelitian mengenai persentase lemak tubuh menggunakan metode *Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA) berbasis ARM telah dilakukan menggunakan sistem yang terdiri dari *power supply* untuk menyediakan daya listrik ke perangkat, *sine wave generator* menggunakan IC 4066, *amplifier* menggunakan IC AD620A, dan VCCS menggunakan ICLF353N untuk menghasilkan sinyal berarus konstan dengan frekuensi yang dapat diatur dengan nilai 25 kHz, 50 kHz, dan 100 kHz, serta pengolah sinyal dan antarmuka pengguna untuk mengolah sinyal masukan dari elektroda sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler ARM STM32F103C8T6. Hasil perhitungan persentase lemak dibandingkan dengan perangkat standar KARADA SCAN HBF-375. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *hand-to-hand* dengan frekuensi 25 kHz, 50

kHz, dan 100 kHz mendekati nilai dari alat pembanding dengan galat relatif sebesar 9,926% (Afin et al, 2019).

Penelitian mengenai persentase lemak tubuh menggunakan metode *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) empat elektroda telah dilakukan menggunakan sistem yang terdiri dari *power supply* untuk menyediakan daya listrik ke perangkat, *sine wave generator* menggunakan IC ICL8038, *amplifier* menggunakan IC INA121, dan VCCS menggunakan IC LF353P untuk menghasilkan sinyal berarus konstan dengan frekuensi yang dapat diatur dengan nilai 50 kHz, serta pengolah sinyal dan antarmuka pengguna untuk mengontrol keseluruhan sistem ATmega 32. Hasil pengujian pada galat relatif rata-rata yang dihasilkan dari masing-masing metode pengukuran yang terdiri dari metode *hand-to-foot*, *hand-to-hand*, dan *foot-to-foot* dengan frekuensi 50 kHz memiliki nilai tertinggi sebesar 4,6% dan nilai terendah sebesar 1,9%, sementara untuk simpangan bakunya memiliki nilai tertinggi sebesar 2,2% dan terendah sebesar 1,1% (Achmad, 2017).

Penelitian mengenai perancangan dan pengembangan alat pengukur persentase lemak tubuh menggunakan metode *Bioelectrical impedance Analysis* (BIA) empat elektroda telah dilakukan menggunakan sistem yang terdiri dari *power supply* untuk menyediakan daya listrik ke perangkat, *sine wave generator* menggunakan IC ICL8038, *amplifier* menggunakan IC INA121, dan VCCS menggunakan IC LF353P untuk menghasilkan sinyal berarus konstan dengan frekuensi yang dapat diatur dengan nilai 50 kHz, serta pengolah sinyal dan antarmuka pengguna untuk mengontrol keseluruhan sistem ATmega 32. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *hand-to-foot*, *hand-to-hand*, dan *foot-to-foot* dengan frekuensi 50 kHz. Hasil perhitungan persentase lemak dibandingkan dengan perangkat standar HINANO 1328 BFA untuk metode *hand-to-hand* memiliki hasil galat rata-rata sebesar 1,79% (Adhi Nugraha, 2016).

Penelitian mengenai perancangan prototipe alat pengukur persentase lemak tubuh menggunakan metode *Bioelectrical impedance Analysis* (BIA) berbasis Arduino Mega 2560 telah dilakukan menggunakan sistem yang terdiri dari *power supply* untuk menyediakan daya listrik ke perangkat, modul AD5933 untuk

mengukur impedansi tubuh, dan pengolah sinyal dan antarmuka pengguna untuk mengolah sinyal masukan dari elektroda sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *hand-to-foot* dengan frekuensi 50 kHz. Hasil perhitungan persentase lemak dibandingkan dengan perangkat standar Omron Karada Scan HBF-375 memiliki nilai galat rata-rata sebesar 4,85% (Alifia, 2024).

Berdasarkan latar belakang di atas, pengukuran persentase lemak tubuh sudah menggunakan metode secara keseluruhan, karena pada penelitian Adhi Nugraha dkk, pengukuran yang dilakukan menggunakan metode *hand-to-foot*, *hand-to-hand*, dan *foot-to-foot*, namun frekuensi yang digunakan tidak bervariasi, hanya 50 kHz serta perbandingan dengan alat standar hanya terjadi pada metode *hand-to-hand*. Pada penelitian Afin dkk, pengukuran yang dilakukan hanya menggunakan metode *hand-to-hand*, meskipun sudah menggunakan frekuensi yang bervariasi. Pada penelitian Achmad dkk, pengukuran yang dilakukan sudah menggunakan metode yang cukup lengkap seperti *hand-to-foot*, *hand-to-hand*, *foot-to-foot*, namun frekuensi yang digunakan tidak bervariasi, hanya 50 kHz. Pada penelitian Alifia Putri Rachmatillah, pengukuran yang dilakukan hanya menggunakan metode *hand-to-foot* dan frekuensi yang digunakan tidak bervariasi, hanya 50 kHz. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan bertujuan untuk membandingkan metode *hand-to-foot*, *hand-to-hand*, dan *foot-to-foot* dengan menggunakan frekuensi pengukuran yang bervariasi (25 kHz, 50 kHz, dan 100 kHz) untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang prototipe *Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA) menggunakan modul AD5933?
2. Bagaimana mengukur persentase lemak tubuh menggunakan variasi frekuensi pengukuran (25 kHz, 50 kHz, 100 kHz) dan metode pengukuran (*hand-to-hand*, *foot-to-foot*, *hand-to-foot*)?

3. Bagaimana membandingkan pengukuran persentase lemak tubuh prototipe *Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA) dengan alat komersial?
4. Bagaimana mengembangkan klasifikasi persentase lemak tubuh prototipe *Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA)?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat rancangan prototipe *Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA) menggunakan modul AD5933.
2. Melakukan pengukuran persentase lemak tubuh menggunakan variasi frekuensi pengukuran (25 kHz, 50 kHz, 100 kHz) dan metode pengukuran (*hand-to-hand, foot-to-foot, hand-to-foot*).
3. Membandingkan hasil pengukuran persentase lemak tubuh prototipe *Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA) dengan alat komersial.
4. Melakukan pengembangan klasifikasi persentase lemak tubuh prototipe *Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA).

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan prototipe *Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis* (MF-BIA) menggunakan modul AD5933 untuk mengukur persentase lemak tubuh.
2. Menjadi acuan untuk penelitian terkait pengembangan pengukuran persentase lemak tubuh.