

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya usia, akan terjadi penurunan massa tulang yang dapat mengakibatkan perubahan pada bentuk struktur tulang. Hal tersebut dikarenakan, pada orang dewasa terjadi proses ketidakseimbangan antara resorpsi tulang dengan pembentukan mineral baru yang berfungsi untuk mempertahankan kepadatan dan kekuatan tulang (IOF, 2021). Kondisi ini yang menyebabkan tulang menjadi rapuh (osteoporosis) dan rentan patah (fraktur). Menurut Wildawati dkk (2020), gaya hidup positif dapat menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi seseorang agar terhindar dari penyakit osteoporosis. Salah satunya dengan meminum susu tinggi kalsium, memakan sayur-sayuran, dan buah-buahan secara rutin dan melakukan aktivitas dibawah sinar matahari untuk mendapatkan vitamin D, jika seseorang dapat melakukan hal tersebut dengan benar maka dapat terhindar dari berbagai masalah kesehatan terutama dari osteoporosis.

Asupan kalsium masyarakat di Indonesia memiliki nilai rata-rata yang masih rendah sehingga menjadi faktor tingginya resiko terkena penyakit osteoporosis. Sekitar 254 mg per hari asupan kalsium yang dikonsumsi masyarakat, itu berarti hanya memenuhi seperempat dari standar internasional dengan jumlah kebutuhan kalsium per hari mencapai 1000-1200 mg (Situmorang, 2020).

Kalsium merupakan salah satu mineral yang dibutuhkan oleh tubuh, terutama pada anak-anak baik pada saat masih dalam kandungan ataupun setelah dilahirkan (masa laktasi). Pada tubuh manusia kadar kalsium mencapai jumlah 39%

dari seluruh mineral yang ada dalam tubuh dan 99% kalsium tersebut berada dalam jaringan keras, tulang dan gigi. Sedangkan sisanya 1% berada dalam darah, cairan di luar sel dan dalam sel jaringan lunak dimana kalsium berfungsi untuk mengatur berbagai fungsi metabolik yang penting (Lubis, 2018). Sumber kalsium dalam tubuh bisa diperoleh dari berbagai bahan makanan diantaranya adalah susu, kuning telur, keju, mentega, udang, sayuran, kacang-kacangan, dan buah-buahan. Proses pembentukan masa tulang terjadi hingga usia 35-40 tahun.

Susu merupakan sumber utama kalsium yang baik dengan availabilitas yang tinggi (Triyanti, 2019). Konsumsi susu di Indonesia berkisar 11,8 liter per kapita per tahun, dibandingkan dengan tahun sebelumnya, jumlahnya mengalami peningkatan sebesar 0,19 liter per kapita per tahun. Namun di negara lain, seperti Malaysia mencapai 36,2 liter per kapita per tahun, Myanmar 26,7 liter per kapita per tahun, Thailand 22,2 liter per kapita per tahun, serta negara Filipina yang mencapai 17,8 liter per kapita per tahun (*Outlook Susu*, 2018). Dari data yang didapatkan, menunjukkan bahwa konsumsi susu di Indonesia masih rendah dibandingkan negara lain.

Penyebab seseorang yang tidak mengkonsumsi susu sapi segar dikarenakan aroma dari susu sapi segar yang tidak menyenangkan sehingga pada beberapa orang dapat menimbulkan rasa mual, ada pula kekhawatiran menjadi gemuk karena kandungan lemak pada susu. Penyebab lainnya dikarenakan beberapa orang tidak dapat mencerna susu dengan baik disebabkan ketidakmampuan dalam memecah laktosa menjadi komponen sederhana agar dapat diserap tubuh. Oleh karena itu, mereka mulai mencari alternatif lain mengganti susu hewani (susu sapi segar)

dengan mengkonsumsi susu nabati atau dikenal dengan susu kedelai (Suarjana dkk, 2019).

Susu kedelai baik diminum oleh orang dewasa maupun anak-anak, banyak sekali manfaat dari susu kedelai. Kandungan gizi yang terdapat pada susu kedelai juga hampir sama dengan susu sapi, bila dikonsumsi secara rutin dapat menggantikan pemenuhan asupan gizi, terlebih pada kebutuhan asupan kalsium yang dapat mengurangi resiko osteoporosis. Selain itu, dengan mengganti susu sapi ke susu kedelai, seseorang yang intoleransi laktosa dapat mengontrol penggunaan laktosa yang diberikan, disisi lain mengandung serat yang baik bagi pencernaan dan tidak mengandung kolesterol (Hidayah & Mardiyah, 2019). Susu kedelai memiliki harga yang lebih terjangkau serta dapat dibuat sendiri menjadi nilai lebih dibanding susu sapi segar. Kekurangan dari susu kedelai yaitu beberapa produk susu kedelai memiliki bau yang cukup langu, sehingga jenis susu ini menjadi kurang diminati konsumen Indonesia. Bau langu pada susu kedelai dikarenakan kandungan enzim lipoksigenase yang beraksi dengan lemak pada waktu proses penggilingan. Namun, hal ini dapat diatasi dengan proses pengolahan yang tepat agar menghasilkan susu kedelai yang memiliki cita rasa enak, segar, dan sehat.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian kadar kalsium pada susu sapi segar secara titrasi kompleksometri, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Penelitian menggunakan metode titrasi kompleksometri memiliki kekurangan yang terletak pada saat menentukan titik akhir titrasi. Dalam menentukan titik akhir titrasi, terkadang terlalu cepat atau terlalu lambat sehingga perhitungan kadar yang dilakukan menjadi kurang tepat. Sedangkan kelebihan dari

metode spektrofotometri UV-Vis, analisis dilakukan cukup cepat dan akurat karena angka (absorbansi) yang terbaca dapat langsung dicatat oleh detektor dan dicetak dalam bentuk angka digital. Kelebihan lain dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis adalah dapat menganalisis zat dalam jumlah kecil, nilai konsentrasi analit terendah dalam sampel yang masih dapat dideteksi yaitu 0,01-2 mg/L (Nita, 2018).

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas, bahwa pentingnya asupan kalsium untuk kesehatan, peneliti merasa perlu untuk melakukan analisis menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis untuk membandingkan kandungan kadar kalsium pada susu sapi dan susu kedelai apakah dapat memenuhi kebutuhan kalsium yang dibutuhkan oleh tubuh.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana perbandingan kadar kalsium (Ca) pada susu sapi segar dan susu kedelai dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dirincikan, penelitian ini memiliki beberapa tujuan, diantaranya:

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui perbandingan kadar kalsium (Ca) pada susu sapi segar dan susu kedelai dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengetahui kandungan kadar kalsium (Ca) pada susu sapi segar dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.
- b. Mengetahui kandungan kadar kalsium (Ca) dalam susu kedelai dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.
- c. Membandingkan kadar kalsium (Ca) pada susu sapi segar dan susu kedelai dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya ilmu pengetahuan bagi peneliti khususnya yang berkaitan tentang kadar kalsium yang terkandung dalam susu sapi segar dan susu kedelai.

1.4.2 Bagi Institusi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya untuk meneliti lebih lanjut tentang kandungan lain yang ada pada susu sapi segar dan susu kedelai.

1.4.3 Bagi Masyarakat

Memberikan informasi tentang manfaat dan kandungan kalsium dari susu sapi segar dan susu kedelai sekaligus dapat menjadi motivasi kepada masyarakat agar dapat mengkonsumsi susu secara rutin sebagai penambah kalsium pada tubuh. Kadar kalsium yang diperoleh dalam penelitian dapat dijadikan acuan sebagai informasi berapa jumlah susu segar atau susu kedelai yang dapat dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan kalsium dalam tubuh.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu Sapi Segar

2.1.1 Definisi Susu Sapi Segar

Susu sapi segar adalah cairan berwarna putih yang berasal dari kelenjar susu (ambing) hewan ternak dalam kondisi sehat dan bersih, didapatkan dengan proses pemerahan yang benar serta harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Mahdiah, 2020). Kandungan vitamin dan mineral yang tinggi terdapat dalam susu dapat bermanfaat baik bagi kesehatan. Air susu dikategorikan sebagai bahan makanan yang istimewa, selain karena memiliki kelezatan dan komposisi yang ideal, dalam susu terkandung semua zat yang dibutuhkan dalam tubuh dan mampu diserap dengan baik oleh darah.

Menurut Jufrizel dkk (2021), ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk menjamin mutu agar kandungan gizi dan keamanan pangan dari susu sapi segar berkualitas baik, yang harus diperhatikan adalah memperkecil jumlah bakteri yang terdapat pada susu dengan cara menjaga kebersihan kandang, alat dan pegawai pemerah susu juga selalu dijaga dalam kondisi bersih, serta suhu penyimpanan yang sesuai. Susu yang tidak layak dikonsumsi (basi) mempunyai ciri tertentu, diantaranya: memiliki bau yang berubah menjadi lebih asam, lapisan atas dan bawah akan terpisah, kemudian semakin lama akan terjadi perubahan warna. Adapun cara sederhana untuk mengetahui kondisi susu dalam kondisi masih layak konsumsi atau tidak adalah dengan mencium aroma, merasakan, atau hanya dengan melihat kondisi cairan apakah terjadi perubahan bentuk dan warna.

Susu sapi pada penelitian ini berasal dari sapi perah FH. Sapi ini berasal dari negeri Belanda dikenal dengan nama *Friesian*, kemudian di Indonesia sapi ini dikenal dengan nama *Friesian Holstein* atau *Fries Holland* (FH). Sapi *Holstein* merupakan bangsa sapi perah yang terkenal, tertua, dan tersebar hampir di seluruh pelosok dunia. Klasifikasi sapi *Friesian Holsten* menurut Hartatik (2019) adalah:

Kingdom : *Animalia*
Filum : *Chordata*
Class : *Mammalia*
Ordo : *Artidactyla*
Family : *Bovidae*
Genus : *Bos*
Species : *Bos taurus*

2.1.2 Kandungan Susu Sapi Segar

Susu sapi merupakan suatu cairan yang mempunyai nilai gizi yang tinggi, di dalamnya mengandung sumber nutrisi utama seperti lemak, laktosa, protein, dan mineral yang bermanfaat bagi tubuh manusia. Jumlah kadar protein pada susu sapi segar dapat mencapai 3,5% dengan kadar lemak 3,0-3,8% bahkan ada yang dapat mencapai sampai 5% (Sari dkk, 2018). Kandungan nutrisi yang tinggi dalam susu sapi segar menjadikannya salah satu medium yang baik bagi pertumbuhan bakteri. Susu yang telah terkontaminasi oleh bakteri, tidak membutuhkan waktu lama untuk berkembang biak dalam jumlah banyak, ini menyebabkan ditemukan kejadian infeksi yang diperantarai susu sapi segar. Oleh sebab itu, harus diperhatikan dalam pengolahan susu yang benar setelah pemerasan agar tidak mengalami kerusakan.

Susu segar dinyatakan memiliki mutu yang baik bila mempunyai pH 6,3-6,8 (Jufrizel dkk, 2021).

Komposisi dari susu terdiri atas lemak 3,9%, air 87,3%, protein 3,25% ($\frac{3}{4}$ kasein dan $\frac{1}{4}$ whey protein), laktosa 4,6%, serta kandungan mineral 0,65% (kalsium, fosfor, magnesium, kalium, seng, klor, besi, tembaga, sulfat, dan lain-lain) (Amrulloh dkk, 2018). Pemberian pakan pada ternak dapat mempengaruhi jumlah kadar lemak dalam susu. Sapi perah yang mengkonsumsi pakan hijauan lebih banyak akan meningkatkan produksi susu dengan kadar lemak yang tinggi, sebaliknya saat pemberian pakan konsentrat dengan jumlah lebih banyak akan merunkan kadar lemak dari susu tersebut (Amrulloh dkk, 2018).

2.1.3 Manfaat Susu Sapi Segar

Susu menjadi sumber utama kalsium yang memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Selain kalsium, kandungan zat gizi lain yang dapat ditemukan dalam susu adalah protein, magnesium, fosfor, beberapa vitamin, seperti vitamin B, vitamin D, dan tinggi energi (Triyanti dkk, 2019). Fungsi susu sebagai sumber energi untuk metabolisme tubuh karena mempunyai kandungan gizi lengkap seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Immunoglobulin sebagai zat antibodi dalam susu berguna untuk daya tahan tubuh terutama pada masa pertumbuhan bagi anak (Christi dkk, 2019).

Manfaat susu dapat dirasakan bagi semua kalangan, mulai dari anak usia dini, remaja, bahkan untuk orang yang sudah lanjut usia. Pada anak usia dini, kandungan protein dan mineral dalam susu berfungsi sebagai pertumbuhan dan perkembangan jaringan tubuh. Untuk usia menginjak remaja, susu bermanfaat

sebagai mendukung berat badan dan kesehatan gigi. Sedangkan pada usia lanjut usia, susu dimanfaatkan untuk memelihara kekuatan tulang dan kesehatan jantung.

2.2 Susu Kedelai

2.2.1 Definisi Susu Kedelai

Menurut Adawiyah dkk (2018), susu kedelai merupakan suatu produk yang berasal dari ekstrak biji kacang kedelai dicampur dengan air atau campuran tepung kedelai dalam air dengan atau tanpa ada penambahan bahan makanan lain yang diperbolehkan. Pembuatan susu kedelai dapat dilakukan melalui berbagai jenis proses yaitu proses tradisional, *Soya Technology System (STS)*, *the intsoy (illinois)*, dan *the buhler*. Proses pembuatan susu kedelai secara tradisional dimulai dengan cara mencuci bersih kacang kedelai lalu merendam selama semalaman, setelah direndam kacang kedelai dipanaskan dengan cara direbus, hasil rebusan disaring dan dihaluskan hingga terbentuk bubuk kedelai, kemudian ditambahkan air dan disaring menggunakan saringan kain. Akan didapatkan ekstrak susu kedelai yang dipanaskan dan disaring kembali. Proses perebusan kacang kedelai setelah direndam semalaman berfungsi untuk menghilangkan bau langu. Karena enzim lipoksigenase penyebab bau langu pada susu kedelai dapat dimatikan dalam pemanasan pada suhu 80°C-100°C.

Nama ilmiah dari tanaman kedelai adalah *Glycine max (L.) Merrill*. Menurut Wulandari dkk (2019) klasifikasi tanaman kedelai berdasarkan taksonominya adalah sebagai berikut:

<i>Divisi</i>	: <i>Spematophyta</i>
<i>Subdivisi</i>	: <i>Angiospermae</i>
<i>Class</i>	: <i>Dicotyledone</i>
<i>Subclass</i>	: <i>Archihlamydae</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Rosales</i>
<i>Subordo</i>	: <i>Leguminosinae</i>
<i>Family</i>	: <i>Leguminosae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Glycine</i>
<i>Species</i>	: <i>Glyne max (L) Merrill</i>

Karakteristik dari susu kedelai dari segi warna dan kandungan gizi hampir sama dengan susu sapi. Kacang kedelai selain dibuat menjadi minuman (susu kedelai) yang langsung bisa dikonsumsi, juga dikenal sebagai bahan baku utama pada pengolahan tahu, tempe, dan kecap. Selain itu, dapat dimanfaatkan untuk berbagai olahan produk makanan, seperti soyoghurt dan keju kedelai.

2.2.2 Kandungan Susu Kedelai

Susu kedelai merupakan minuman yang mempunyai nilai gizi tinggi sebagai sumber protein, kalsium, fosfor, vitamin A, vitamin D, vitamin B1, dan isoflavon. Kandungan dalam susu kedelai memiliki komposisi yang hampir seupa dengan susu yaitu kadar protein 3,5%, lemak 2%, dan karbohidrat 2,9% (Yulianto dkk, 2021).

Kandungan isoflavon dalam susu kedelai telah terbukti mampu menurunkan kadar kolesterol *Low Density Lipoprotein* (LDL). Kandungan lain seperti alkaloid, polifenol, steroid, dan flavonoid memiliki potensi baik dalam menstimulasi hormon oksitoksin dan prolaktin yang efektif dalam meningkatkan dan memperlancar produksi ASI.

Jumlah kalori dalam kandungan susu kedelai lebih sedikit dibandingkan dengan susu sapi. Selain itu, dalam susu kedelai terdapat kadar asam lemak omega-3 yang baik bagi kesehatan jantung (Sutrisno, 2018). Menurut Jufrizel dkk (2021), kadar pH pada susu kedelai bermutu baik berada pada rentang 6,5 sampai 7,0.

2.2.3 Manfaat Susu Kedelai

Susu kedelai berasal dari sari pati kacang kedelai diolah menjadi minuman yang memiliki banyak manfaat dan kandungan gizi yang dibutuhkan tubuh manusia. Berbagai manfaat yang dari mengkonsumsi susu kedelai adalah menguatkan pembuluh darah dan menjaga stabilitas pada tekanan darah, kandungan protein yang tinggi dan asam lemak dalam susu kedelai mampu meningkatkan keseimbangan gizi serta menurunkan kadar kolesterol, dapat mencegah kanker prostat, mencegah osteoporosis, melindungi kerusakan kulit dari sinar ultra violet, dan mengurangi sindrom post menopause. Susu kedelai aman dikonsumsi oleh penderita diabetes dan gangguan ginjal.

2.3 Osteoporosis

Osteoporosis merupakan kondisi seseorang yang mengalami gangguan pada metabolisme tulang yaitu terjadinya peningkatan aktivitas osteoklas untuk pembentukan tulang dan menurunnya aktivitas osteoblas untuk resorpsi tulang.

Osteoporosis sering disebut dengan *silent killer* karena penyakit ini biasanya tidak dapat dideteksi secara dini, penderita baru mengetahuinya setelah mengalami fraktur. Penderita osteoporosis mengalami keadaan dimana tulang menjadi keropos dengan tidak merubah bentuk atau struktur luar dari tulang, akan tetapi daerah yang terdapat didalam tulang menjadi berlubang sehingga mudah patah.

Osteoporosis disebabkan karena adanya gangguan pada metabolisme tulang. Pembentukan tulang melibatkan sel-sel tulang yang disebut osteoblas dan osteoklas. Osteoblas sebagai sel pembangun, sedangkan osteoklas sebagai sel pembongkar. Pada kondisi normal, sel-sel ini bekerja sama secara seimbang, saling mengisi, dan bekerja silih berganti untuk pembentukan tulang. Lain halnya apabila terjadi suatu kondisi osteoklas bekerja lebih besar dibandingkan dengan osteoblas, terjadi kekurangan kepadatan tulang yang pada akhirnya akan mengalami pengeroposan. Beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi proses metabolisme tulang adalah jumlah hormon estrogen yang menurun, kurangnya asupan vitamin D dan kalsium, efek samping jenis obat, minum alkohol, merokok, dan lain sebagainya.

2.3.1 Kejadian Osteoporosis

Di seluruh dunia, diperkirakan penderita osteoporosis mempengaruhi 200 juta wanita, dengan pemetaan sekitar sepersepuluh wanita berusia 60 tahun, seperlima berusia 70 tahun, dua perlima berusia 80 tahun, dan dua pertiga wanita berusia 90 tahun (*International Osteoporosis Foundation*, 2021). Selanjutnya, berdasarkan kriteria diagnostik WHO, pada tahun 2010 sekitar 22 juta wanita dan 5,5 juta pria yang berusia 50-84 tahun diperkirakan menderita osteoporosis. Karena

terjadi perubahan demografi, jumlah pria dan wanita yang menderita osteoporosis diperkirakan akan meningkat dari 27,5 juta pada tahun 2010 menjadi 33,9 juta pada tahun 2025, sesuai dengan peningkatan sebesar 23%.

Menurut Situmorang (2020), ada dua jenis faktor yang berhubungan dengan kejadian osteoporosis, yaitu faktor resiko osteoporosis yang tidak dapat diubah dan faktor resiko yang masih dapat diubah. Yang termasuk ke dalam faktor resiko osteoporosis tidak dapat diubah diantaranya jenis kelamin, usia, bentuk tubuh, riwayat keturunan, dan pernah mengalami patah tulang. Selanjutnya, faktor resiko yang masih dapat diubah adalah pola hidup yang tidak sehat, seperti merokok, menggunakan obat-obatan tertentu, contohnya golongan obat kortikosteroid, glukokortikosteroid, dan diuretik. Penderita *anoreksia nervosa* (gangguan makan), defisiensi vitamin dan gizi juga termasuk ke dalam faktor resiko yang masih dapat diubah.

2.4 Kalsium

Kalsium adalah mineral yang berlimpah dalam tubuh manusia. Kadar kalsium paling banyak terdapat di dalam jaringan keras, yaitu tulang dan gigi, jumlahnya sekitar 99%. Sedangkan sisanya berada dalam jaringan lunak yang berfungsi sebagai pengatur transmisi saraf, fungsi sel, penggumpalan darah, kontraksi otot, pengatur fungsi hormon sebagai faktor pertumbuhan, serta menjaga permeabilitas membran sel. Menurut (Sutiarti, 2017), konsentrasi kalsium yang berada dalam sirkulasi darah adalah 2,25-2,5 mmol. Kadar kalsium dalam tubuh manusia sekitar 1,5-2% dari berat badan.

2.4.1 Fungsi Kalsium

Fungsi utama dari kalsium yaitu sebagai penggerak otot-otot, terutama yang ada pada tulang dan gigi, jika dibutuhkan, maka kalsium dapat berpindah ke dalam darah. Peran kalsium dalam tubuh yaitu sebagai pembentukan tulang dan gigi, pengukur proses biologis dalam tubuh, seperti membantu pembekuan darah, mempertahankan kepekaan normal saraf, jantung dan otot. Selain itu, kalsium dapat meringankan gejala sindrom pramenstruasi. Oleh karena itu, ketersediaan kalsium dalam tubuh sangatlah penting.

Di dalam tulang, kalsium memiliki dua fungsi, pertama sebagai integral dari struktur tulang, kedua sebagai tempat untuk menyimpan kalsium. Kalsium terbentuk pertama kali oleh tubuh manusia pada awal perkembangan janin, tapi bentuknya masih lentur dan lunak, kemudian dengan terbentuknya matrix yang kuat, nantinya akan menjadi awal dari pertumbuhan tulang tubuh. Sedangkan saat pembentukan gigi, hidroksipatif akan membentuk dentin dan email yang merupakan gigi bagian tengah dan luar. Hidroksipatif merupakan mineral yang sama dengan pembentukan tulang.

2.4.2 Sumber Kalsium

Sumber utama kalsium yang terdapat dalam makanan adalah susu dan hasil olahannya, contohnya keju atau yoghurt. Selain dari susu, sumber kalsium yang berasal dari hewani atau nabati juga penting agar terpenuhi asupan kebutuhan kalsium harian (Rasyid, 2021). Contoh sumber kalsium selain susu yang berasal dari hewani yaitu sarden, kuning telur, udang, mengkonsumsi ikan dengan tulang, serta ikan kering termasuk ke dalam sumber kalsium yang baik. Sedangkan sumber

kalsium dari nabati adalah sayuran seperti sawi, bayam, brokoli, daun papaya, daun singkong, daun labu, jenis biji-bijian (wijen, almond, kenari), kacang-kacangan serta hasil olahannya (kacang merah, kedelai, kacang polo, tahu, tempe), dan buah-buahan.

Berdasarkan data Kementerian Kesehatan (2018), jumlah komposisi zat gizi makanan per 100 gram BDD yang ada pada susu sapi segar dan susu kedelai dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Pangan Indonesia

Komposisi/100 g BDD	Susu Sapi Segar	Susu Kedelai
Air (g)	88,3	87
Energi (Kal)	61	41
Protein (g)	3,2	3,5
Lemak (g)	3,5	2,5
KH (g)	4,3	5,0
Serat (g)	0,0	0,2
Abu (g)	0,7	2,0
Kalsium (mg)	143	50
Fosfor (mg)	60	45
Besi (mg)	1,7	0,7
Natrium (mg)	36	128
Kalium (mg)	149	287,9
Tembaga (mg)	0,02	0,12
Seng (mcg)	0,3	1,0
Retinol (mcg)	39	
B-kar (mcg)	12	
Kar-total (mcg)		200
Thiamin (mg)	0,03	0,08
Riboflavin (mg)	0,18	0,05
Niasin (mg)	0,2	0,7
Vit C (mg)	1	2

(Kemenkes RI, 2018)

2.4.3 Kekurangan Kalsium

Jumlah asupan kalsium yang rendah akan menimbulkan beberapa gangguan kesehatan. Pada saat cadangan fungsional (kerangka) semakin menipis secara kronis sebagai pertahanan kadar serum kalsium normal, maka terjadi massa tulang yang rendah dan menyebabkan pengeroposan tulang (osteoporosis). Selain penyakit osteoporosis, beberapa kondisi lain akibat dari defisiensi kalsium yaitu kerentanan terhadap kanker usus besar, meningkatkan resiko hipertensi, sindrom pramenstruasi, dan hiperparatiroidisme (Sutiarti, 2017).

Kalsium memang memiliki banyak peran penting dalam tubuh, namun memiliki batas konsumsi yang harus diperhatikan. Dalam sehari kadar kalsium yang dapat dikonsumsi maksimal 2000 mg. Bila seseorang mengkonsumsi kalsium di atas batas maksimal yang telah disebutkan, akan menimbulkan gangguan kesehatan yang tidak diharapkan (Lubis, 2018). Hiperkalsemia merupakan suatu kondisi dimana tubuh dapat menyerap kalsium melebihi batas normalnya, akibatnya terjadi penumpukan kalsium pada sel dan jaringan, dampak yang akan terjadi adalah sel dan jaringan akan mengalami penurunan aktivitas kemudian dapat menyebabkan kematian sel. Selain itu, kelebihan kalsium dapat menyebabkan gangguan ginjal dan konstipasi. Untuk itu sebaiknya dalam mengkonsumsi kalsium sesuai dengan acuan label gizi dari PMK No 28 Tahun 2019 agar terhindar dari berbagai gangguan akibat dari hiperkalsemia.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2019), jumlah kebutuhan kalsium harian yang dianjurkan untuk setiap orang berdasarkan usia dapat dilihat pada tabel 2.2.

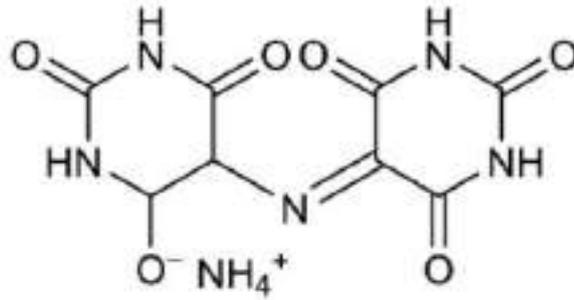
Tabel 2.2 Angka Kecukupan Kalsium harian yang Dianjurkan

Usia	Kebutuhan Kalsium (mg)/hari				
	Bayi/Anak	Laki-laki	Perempuan	Wanita Hamil	Wanita Menyusui
0-5 bulan	200	-	-	-	-
6-11 bulan	270	-	-	-	-
1-3 tahun	650	-	-	-	-
4-9 tahun	1000	-	-	-	-
10-18 tahun	-	1200	1200	-	-
19-49 tahun	-	1000	1000	-	-
50-80+ tahun	-	1200	1200	-	-
Trimester 1-3	-	-	-	+200	-
6 bulan pertama	-	-	-	-	+200
6 bulan kedua	-	-	-	-	+200

(PMK RI No. 28 tahun 2019)

2.5 Mureksid

2.5.1 Struktur Mureksid

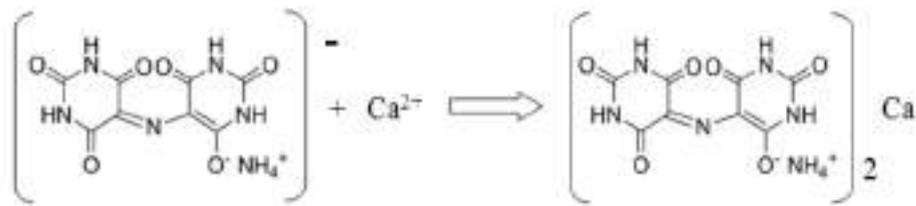


Gambar 2.1 Struktur Kimia Mureksid (Lenora et.al, 2019)

2.5.2 Definisi Mureksid

Mureksid merupakan indikator dengan rumus molekul C₈H₈N₆O₆ memiliki struktur seperti pada gambar 2.1, dapat disebut dengan ammonium purpurate. Indikator mureksid merupakan senyawa berwarna ungu kemerahan yang digunakan sebagai indikator ion logam dalam analisis kimia. Mureksid sebagai indikator dalam berbagai analisis kimia dalam penentuan kalsium (Ca), tembaga (Cu), dan nikel (Ni) pada beberapa metode, seperti pada titrasi kompleksimetri, titrasi EDTA konvensional dan bidang spektrofotometri. Mureksid mempunyai sifat sedikit larut dalam air, dalam pH asam kuat berwarna kuning, akan berwarna ungu kemerahan dalam pH asam lemah, dan berwarna biru hingga ungu di larutan basa.

2.5.3 Reaksi Kimia Senyawa Mureksid dengan Kalsium (Ca)



Gambar 2.2 Reaksi Kimia Mureksid dengan Kalsium (Hanifah, 2019)

Salah satu syarat suatu senyawa dapat dilakukan analisis menggunakan metode spektrofotometri adalah dalam struktur senyawa tersebut terdapat ikatan rangkap terkonjugasi (kromofor). Kromofor merupakan gugus rangkap kovalen yang tidak terhubung dengan gugus lain yang menampakkan spektrum absorpsi karakteristik pada daerah sinar UV (Lani dkk, 2020). Ada 3 jenis ikatan pada kromofor, yaitu ikatan rangkap (C=C), ikatan rangkap (C=O), dan cincin benzene. Pada reaksi kimia mureksid dan Ca^{2+} yang dapat dilihat pada gambar 2.2 terlihat bahwa adanya ikatan rangkap C=C dan C=O. Oleh karena itu, dengan adanya pembentukan reaksi kompleks dari mureksid dan Ca^{2+} , maka kalsium akan dapat dianalisis dengan menggunakan spektrofotometri.

2.6 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode yang didasarkan pada pengukuran energi cahaya oleh suatu zat kimia pada panjang gelombang tertentu. Alat yang digunakan dalam metode spektrofotometri disebut dengan spektrofotometer. Spektrofotometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk menganalisis suatu senyawa secara kuantitatif dan kualitatif dengan cara mengukur transmittan atau absorban sebagai fungsi dari konsentrasi. Spektrofotometer

menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer merupakan alat yang dapat mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi (Muthawali, 2018).

Dalam spektrum cahaya terdapat warna asli dan warna komplementer, warna asli merupakan warna yang diserap oleh benda, sedangkan warna komplementer merupakan warna yang diteruskan atau warna yang terlihat oleh mata manusia (tampak). Serapan sinar dan zat warna dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.3 Serapan Sinar dan Zat Warna

Panjang Gelombang (nm)	Warna yang Diserap	Warna yang Diteruskan
400-435	Hijau Kekuningan	Ungu
435-480	Kuning	Biru
480-490	Jingga	Biru Kehijauan
490-500	Merah	Hijau Kebiruan
500-560	Ungu Kemerahan	Hijau
560-580	Ungu	Hijau Kekuningan
580-595	Biru	Kuning
595-610	Biru Kehijauan	Jingga
610-750	Hijau Kebiruan	Merah

Terdapat dua jenis sinar dalam metode spektrofotometri UV-Vis, sinar ultraviolet (UV) memiliki panjang gelombang dalam rentang 200-400 nm, sedangkan sinar tampak (*Visible*) rentang panjang gelombangnya adalah 400-800 nm. Dalam penentuan suatu zat secara kuantitatif, metode ini menggunakan hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa hubungan berbanding lurus antara absorban dengan konsentrasi larutan dan berbanding terbalik dengan transmitan.

Hukum Lambert-Beer dinyatakan dalam persamaan:

$$A = a.b.c$$

Keterangan:

A = absorban

b = tebal kuvet (cm)

a = absorpsivitas molar

c = konsentrasi

Dalam menentukan struktur molekul pada senyawa organik, perlu adanya interaksi antara senyawa organik dengan sinar ultraviolet dan sinar tampak. Elektron-elektron ikatan dan elektron-elektron nonikatan merupakan bagian dari molekul yang paling cepat bereaksi dengan sinar. Sinar ultraviolet dan sinar tampak adalah energi, jika sinar ini mengenai elektron-elektron yang telah disebutkan tadi, maka elektron akan tereksitasi yang awalnya dari keadaan dasar menjadi lebih tinggi tingkat energinya. Elektron-elektron yang tereksitasi akan direkam dalam bentuk spektrum sesuai dengan jenis elektron-elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis kemudian dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi. Semakin mudah elektron bereksitasi, maka panjang gelombang yang dihasilkan semakin besar, kemudian dengan semakin banyaknya elektron bereksitasi, absorban akan makin tinggi.

Senyawa yang dapat dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis merupakan senyawa mengandung gugus kromofor dan auksokrom. Kromofor merupakan bagian molekul yang dapat mengabsorpsi sinar dengan kuat di daerah UV-Vis, sedangkan auksokrom yaitu gugus fungsi yang didalamnya mengandung

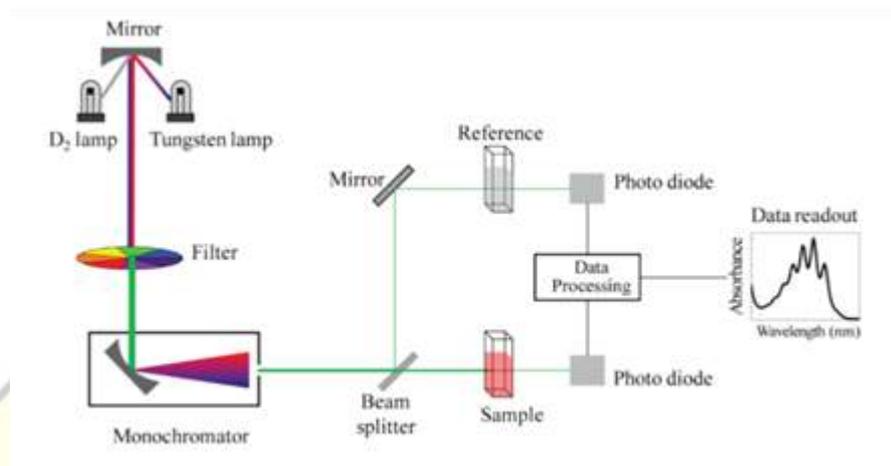
pasangan elektron bebas berikatan kovalen tunggal, terikat dengan kromofor, kemudian mengintensifkan absorpsi sinar UV-Vis pada kromofor tersebut (Suhartati, 2017).

2.6.1 Prinsip Kerja Spektrofotometri UV-Vis

Prinsip kerja dari spektrofotometri yaitu pada saat menghidupkan sumber cahaya akan menghasilkan cahaya yang mengenai monokromator. Fungsi dari monokromator adalah mengubah sinar polikromatis menjadi sinar monokromatis yang disesuaikan dengan kebutuhan pengukuran. Selanjutnya, cahaya yang telah di filter akan memasuki sel sampel (dalam kuvet), lalu sampel akan menyerap cahaya tersebut atau mengalami proses penyerapan (absorbs). Energi cahaya yang telah diserap oleh molekul digunakan agar dapat bereksitasi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi. Cahaya yang telah melewati sampel akan sampai pada detektor. Pada detektor, energi cahaya akan menjadi suatu isyarat listrik yang memadai untuk dibaca. Akhirnya, sampai pada suatu piranti pembaca yang akan menampilkan besarnya isyarat listrik, dinyatakan dalam bentuk transmittan ataupun absorbansi (Maylani dkk, 2019).

Pada instrumen double-beam dapat digunakan pada sumber cahaya ganda sehingga larutan blanko dapat dianalisis secara bersamaan dengan larutan sampel. Untuk sinar UV, sumber sinar polikromatis adalah lampu deuterium, sedangkan pada sinar Visibel pada lampu wolfram. Pada spektrofotometri UV-Vis, monokromator digunakan lensa prisma dan filter optik. Menggunakan kuvet sebagai sel sampel yang terbuat dari kuarsa atau gelas dengan lebar bervariasi. Detektor dapat berupa detektor dioda foto yang berfungsi untuk menangkap cahaya

yang diteruskan dari sampel, kemudian mengubahnya menjadi arus listrik. Adapun skema instrument ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Spektrofotometer UV-Vis Double-Beam (Sutiarti, 2017)

2.7 Validasi Metode Analisis

Penelitian dapat dikatakan valid terutama untuk penelitian yang bersifat kuantitatif adalah apabila data dan hasil yang diperoleh telah memenuhi persyaratan serta dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Diperlukan suatu metode yang valid untuk memperoleh data yang valid pula. Salah satu cara yang digunakan sebagai parameter agar metode dapat dikatakan telah valid yaitu dengan melakukan validasi metode analisis. Validasi metode analisis merupakan suatu proses pengujian yang dilakukan di laboratorium untuk membuktikan bahwa metode yang digunakan dalam penelitian telah memenuhi persyaratan untuk penggunaannya (Perdana, 2020). Selain itu, proses validasi metode dilakukan bertujuan untuk menjamin bahwa metode analisis yang telah dipakai akurat, spesifik, reproduibel, dan dapat bertahan pada kisaran analit yang akan dianalisis.

Tujuan dari validasi metode analisis diantaranya adalah sebagai pembuktian bahwa semua prosedur pengujian yang dilakukan secara konsisten akan mendapatkan hasil yang diinginkan, bentuk evaluasi dalam suatu metode analisis, serta untuk menjamin keakuratan dan kehandalan dari metode yang digunakan. Dalam penelitian ini, validasi yang akan ditetapkan adalah akurasi, presisi, dan linearitas.

2.7.1 Akurasi (kecermatan)

Kecermatan merupakan ukuran yang menunjukkan kedekatan antara hasil pengamatan dengan hasil yang sebenarnya. Kecermatan hasil analisis dalam suatu penelitian, sangat tergantung pada sebaran galat sistematis yang mencakup semua tahapan analisis. Beberapa cara yang hanya dapat dilakukan agar dapat memperoleh suatu kecermatan yang tinggi sebagai upaya dalam mengurangi galat sistematis yaitu dengan mengkalibrasi peralatan sebelum digunakan, menggunakan pelarut dan pereaksi yang baik, pengontrolan suhu, serta sesuai dengan prosedur yang telah dibuat. Penetapan akurasi dilakukan dengan mengukur sampel secara berulang dengan kadar tertentu. Kadar yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam simpangan baku rata-rata dari nilai yang sebenarnya.

2.7.2 Presisi (keseksamaan)

Keseksamaan merupakan ukuran untuk menunjukkan kesesuaian dari hasil uji individual. Pengukurannya dilakukan dengan penyebaran hasil individual dari rata-rata bila prosedur diterapkan dengan cara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Pengukuran keseksamaan dilakukan dengan

konsentrasi yang berbeda, kemudian hasilnya akan di hitung dengan simpangan baku relatif (%RSD).

Suatu hasil analisis dapat dikatakan seksama bila metode yang digunakan dapat memberikan simpangan baku relatif (RSD) sebesar $\leq \pm 2\%$ dan standar deviasi (SD) sebesar $\leq \pm 2$. Namun kriteria ini bersifat fleksibel, karena tergantung pada beberapa hal, antara lain: konsentrasi analit yang diteliti, banyak sampel, dan kondisi laboratorium.

2.7.3 Linieritas

Linearitas merupakan kemampuan metode analisis dalam memberikan respon yang secara langsung maupun dengan dibantu oleh transformasi matematik, sehingga menghasilkan suatu hubungan yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Sebagai parameter adanya hubungan linier, digunakan koefisien korelasi R^2 pada analisis regresi linier $y = bx + a$.

Keterangan:

y = absorbansi

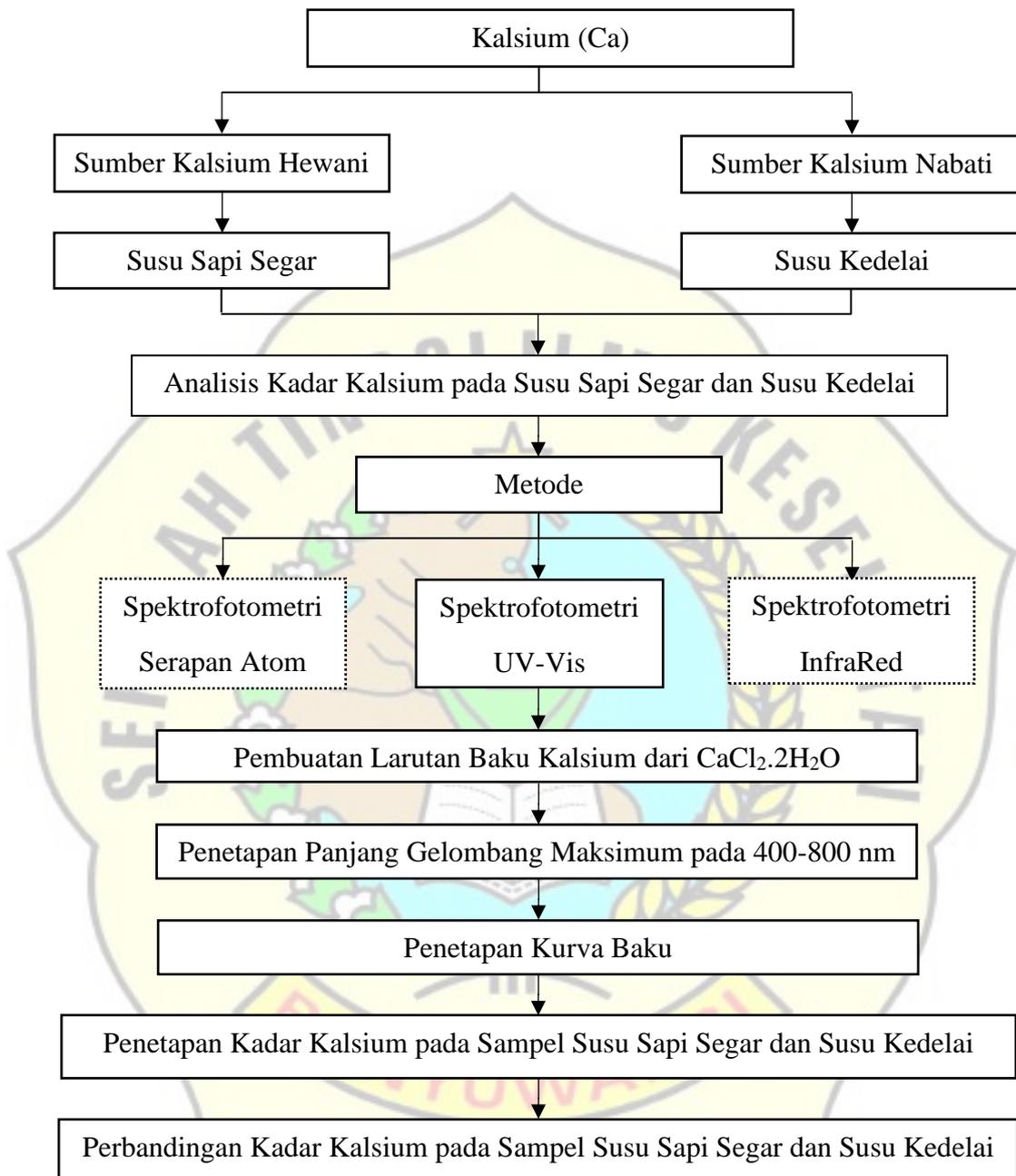
b = kemiringan (*slope*)

a = intersep (*intercept*)

x = kadar analit

Hubungan linier dapat dikatakan baik apabila diperoleh nilai $b=0$, $r=+1$ atau $r=-1$ tergantung pada arah garis. Nilai a menunjukkan kepekaan pada analisis instrument saat digunakan.

2.8 Kerangka Konsep



Keterangan:

————— : diteliti

----- : tidak diteliti

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratorium analisis secara kuantitatif untuk menentukan kadar kalsium pada susu sapi segar dan susu kedelai dengan metode spektrofotometri UV-Vis.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli.

3.2.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Banyuwangi.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometri UV-Vis, kuvet, labu ukur, gelas ukur, beaker glass, batang pengaduk, corong, pipet tetes, kertas saring, botol semprot, timbangan analitik, kaca arloji, buret, batang statif dan klem, erlenmeyer, mortir dan stemper.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel susu sapi segar, susu kedelai, baku kalsium dari $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ p.a, mureksid p.a, NaOH 0,1 N, aquadest, etanol dan asam oksalat.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pembuatan Larutan NaOH

Membuat larutan NaOH dengan cara menimbang 0,4 gram padatan NaOH, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan aquadest sampai tanda batas.

3.4.2 Pembuatan Larutan Asam Oksalat

Ditimbang asam oksalat sebanyak 0,63 gram dimasukkan ke dalam beaker glass 50 mL, ditambahkan aquadest 10 mL dan diaduk sampai homogen, kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan aquadest sampai tanda batas.

3.4.3 Pembakuan NaOH

Membakukan NaOH dengan cara diambil larutan asam oksalat sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL, kemudian ditambahkan 3 tetes indikator fenolftalein. Dimasukkan larutan NaOH ke dalam buret 50 mL, dilebihkan larutan NaOH di atas tanda batas, kemudian dibuang kelebihan NaOH sampai tanda batas. Dititrasi larutan asam oksalat dengan larutan NaOH sampai berubah warna menjadi ungu muda. Dilakukan replikasi sebanyak 3 kali, kemudian dihitung normalitas NaOH.

3.4.4 Pembuatan Larutan Baku Kalsium dari $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Membuat larutan baku kalsium dengan menimbang 50 mg $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam beaker glass 50 mL, ditambahkan aquadest 10 mL. Dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL, ditambahkan aquadest sampai tanda batas. Diperoleh larutan baku kalsium dengan konsentrasi 1000 ppm. Dari larutan baku

1000 ppm diambil 1 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan dilarutkan dengan aquadest sampai tanda batas. Diperoleh konsentrasi baku kalsium 10 ppm.

3.4.5 Penetapan Panjang Gelombang Maksimum

Diambil 1 mL dari larutan baku kalsium 10 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Setelah itu, ditambahkan 1 mL larutan mureksid dan aquadest secukupnya hingga homogen. Ditambahkan larutan NaOH sebanyak 2 mL, kemudian dilarutkan dengan aquadest sampai tanda batas. Dikocok larutan sampai homogen, dimasukkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 400-800 nm.

3.4.6 Penetapan Kurva Baku

Kurva baku dibuat dari larutan baku kalsium 1000 ppm. Larutan baku dipipet sebanyak 1,1; 1,5; 1,9; 2,3; 2,7 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan 1 mL larutan mureksid. Pada masing-masing labu ukur ditambahkan aquadest 5 mL sampai homogen, ditambahkan 2 mL NaOH kemudian ditambahkan aquadest sampai tanda batas. Pembuatan larutan ini menghasilkan larutan seri konsentrasi 11, 15, 19, 23, 27 ppm kemudian dimasukkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang maksimum, sehingga diperoleh persamaan regresi linier $y = bx + a$.

3.4.7 Penetapan Kadar Kalsium Susu Sapi Segar

Disiapkan sampel susu sapi segar sebanyak 100 mL yang telah dipanaskan pada suhu 60-70°C. Setelah dingin, diambil sebanyak 1 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambah 1 mL larutan mureksid dan aquadest secukupnya kemudian ditambahkan 2 mL NaOH, setelah itu cukupkan volume larutan sampai

tanda batas. Setelah larutan sampel homogen, dimasukkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Dilakukan replikasi sebanyak 3 kali.

3.4.8 Penetapan Kadar Kalsium Susu Kedelai

Disiapkan sampel susu kedelai dengan mengambil sebanyak 20 gram bubuk kedelai, dilarutkan dengan air hangat 100 mL. Selanjutnya, disaring dan diambil sebanyak 1 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambah 1 mL larutan mureksid dan aquadest secukupnya kemudian ditambahkan 2 mL NaOH, setelah itu cukupkan volume larutan sampai tanda batas. Setelah larutan sampel homogen, dimasukkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Dilakukan replikasi sebanyak 3 kali.

3.4.9 Perhitungan Kadar Kalsium

Konsentrasi kalsium dalam sampel ditentukan berdasarkan persamaan linier dari kurva kalibrasi. Selanjutnya, kadar kalsium dapat dihitung dari konsentrasi tersebut dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar kalsium dalam sampel (mg/mL)} = \frac{C \times V \times Fp}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

C = konsentrasi larutan sampel (mg/mL)

V = volume larutan sampel (mL)

Fp= faktor pengenceran

W = berat sampel (gram)

3.5 Akurasi (kecermatan)

Pengujian akurasi dilakukan dengan menganalisis tiga konsentrasi yang dibuat dari larutan baku kalsium. Seri konsentrasi yang dianalisis adalah 19, 23, dan 27 ppm. Pembuatan seri konsentrasi dengan cara dipipet larutan baku sebanyak 1,9; 2,3; dan 2,7mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan 1 mL larutan mureksid dan ditambahkan aquadest sebanyak 5 mL sampai homogen, ditambahkan 2 mL NaOH kemudian ditambahkan aquadest sampai tanda batas. Dilakukan pengujian akurasi dengan tiga kali pengulangan pada masing-masing konsentrasi. Hasil dinyatakan dalam persen perolehan kembali (*recovery*). Perhitungan persen perolehan kembali dihitung menggunakan rumus:

$$Recovery = \frac{\text{kadar hasil}}{\text{kadar sebenarnya}} \times 100\%$$

3.6 Presisi (keseeksamaan)

Pengujian presisi dilakukan dengan menghitung *Relative Standar Deviasi* (RSD) dari data hasil absorbansi akurasi. Perhitungan RSD dengan cara membandingkan Standar Deviasi (SD) pada uji akurasi dengan rata-rata nilai data dan dikalikan 100%. Rumus SD dan RSD adalah sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$RSD = \frac{\text{Standar Deviasi (SD)}}{\text{Rata-rata Data}} \times 100\%$$

3.7 Analisis Data

Metode ini melakukan penelitian tentang perbandingan kadar kalsium pada dua sampel susu yaitu susu sapi segar dan susu kedelai yang direplikasi sebanyak tiga kali pada masing-masing sampel dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

Membuat persamaan regresi. Regresi linier adalah hubungan antara sumbu x dan sumbu y, dibuat dengan rumus $y=bx+a$ dimana sumbu x dinyatakan sebagai konsentrasi sedangkan sumbu y adalah absorbansi atau serapan yang diperoleh dari hasil analisis. Perhitungan kadar kalsium dengan menghitung rata-rata kadar kalsium pada dua sampel susu. Dengan menggunakan perhitungan:

$$\bar{x} = \frac{x_i + x_{ii} + x_{iii}}{n}$$

