

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pakan merupakan suatu faktor terpenting penunjang tingginya produksi susu. Kebutuhan nutrisi tersebut harus dipenuhi melalui asupan pakan yang mengandung beberapa zat gizi. Berdasarkan NRC (2001), komposisi nutrisi yang ideal untuk sapi perah pada awal masa laktasi sangat penting untuk mendukung produksi susu yang optimal. Protein kasar (PK) 16% memiliki peran penting sebagai bahan baku utama untuk sintesis protein dalam susu, seperti kasein dan albumin. Serat kasar (SK) 18–22% berfungsi untuk merangsang kontraksi rumen, meningkatkan asupan pakan, serta menjaga kesehatan sistem pencernaan. Lemak kasar (LK) 3–6% berkontribusi dalam produksi energi, pembentukan membran sel, dan peningkatan cita rasa susu. Selain itu, kebutuhan energi yang memadai, yaitu sekitar 4000–4302 kkal, sangat penting untuk mendukung semua proses metabolisme tubuh, termasuk dalam menjaga kualitas fisik susu. Sapi perah laktasi mempunyai kebutuhan protein dan energi yang tinggi karena secara terus menerus mengeluarkan protein dan energi dalam bentuk produksi susu. Salah satu masalah yang dihadapi sapi perah awal laktasi yakni *Negative Energy Balance* (NEB). Oleh karena itu diperlukan pakan dengan nutrisi yang baik untuk mengurangi kejadian NEB pada sapi perah.

Negative energy balance (NEB) merupakan kondisi dimana ternak mengalami ketidakseimbangan energi pada saat *post partus* karena ternak membutuhkan energi untuk masa pemulihan dan memproduksi susu. Sapi perah akan mengalami NEB sejak *postpartus* hingga setelahnya dan terjadi selama 15 minggu. Pada awal laktasi, kebutuhan energi meningkat untuk produksi susu dapat mengakibatkan NEB pada sapi perah apabila kebutuhan energinya tidak terpenuhi. Sapi dengan NEB pada awal laktasi diidentifikasi memiliki kandungan Beta-hidroksibutirat (BHB) susu yang lebih tinggi dari normalnya. Nilai BHB susu yaitu: dengan kategori BHB ringan memiliki = 0,15 hingga 0,19 mmol sedangkan kategori parah memiliki nilai BHB = >0,19 mmol (Hamon *et al.*, 2024). Indikator lain yaitu standar hormon IGF-1 yang lebih rendah dan glukosa darah yang menurun. Selain itu, sapi mengalami NEB dapat diukur dari parameter fisik susu meliputi penurunan pH, penurunan berat jenis (BJ), penurunan viskositas, *curd* yang lebih lunak dan mudah hancur, dan peningkatan volume *whey*. Penurunan kualitas fisik ini akan berdampak terhadap perekonomian bagi peternak. Sehingga, untuk mengurangi kejadian NEB, maka *green concentrate* dapat dijadikan sebagai solusi bagi sapi perah FH yang mengalami NEB.

Green concentrate merupakan pakan ternak yang diformulasi dari hijauan dengan kadar protein kasar dan energi tinggi serta serat rendah. *Green* diproduksi dari tanaman *leguminosa* seperti indigofera (*Indigofera mal* (*Gliricidia sepium*)). Indigofera dan gamal dapat meningkatkan mengurangi penggunaan pakan komersil. Penggunaan indigofera *ntrate* dapat meningkatkan produksi dan kualitas susu sapi perah 3) dan penggunaan indigofera sebagai pakan tambahan dapat ma ternak (Utamy *et al.*, 2020). Kombinasi bahan pakan antara



green concentrate dan sorgum sebagai bahan baku sumber protein dan energi sangat berpotensi untuk meningkatkan performa produksi susu dan kualitas susu. *Indigofera* dan gamal merupakan leguminosa berkualitas tinggi yang kaya akan protein dan mineral, menjadikannya bahan utama dalam *green concentrate*. Sorgum memiliki kandungan PK 7,82% dan SK 28,94% dan mampu memenuhi kebutuhan nutrisi untuk ternak sapi FH (Somanjaya dan Falahudin, 2021). *Green concentrate* pada penelitian ini terdiri dari hijauan jenis leguminosa yakni *indigofera* dan gamal. Selanjutnya, untuk memenuhi kebutuhan energinya, formulasi ransum ditambahkan sorgum.

Manajemen sapi perah *post partus* sangat diperlukan untuk menjaga keseimbangan NEB, terutama melalui pemberian pakan seperti *green concentrate*. Parameter kualitas fisik seperti pH, BJ, viskositas, *whey* dan, *curd* memiliki peran krusial. pH dan BJ mempengaruhi fermentasi rumen dan pencernaan nutrisi yang penting untuk efisiensi energi (Purwadi dan Widiyanto, 2022). Viskositas berkaitan dengan pengolahan dan palatabilitas pakan, sementara *whey* dan *curd* merefleksikan kualitas protein dan Ca yang esensial bagi produksi susu dan pemulihan energi yang baik.

Indikator-indikator tersebut yang dapat digunakan untuk menilai penggunaan *green concentrate* terhadap kualitas fisik susu sapi perah. Hal inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian mengenai kualitas fisik susu sapi FH yang diberi *green concentrate*.

1.2 Landasan teori

Negative Energy Balance terjadi ketika asupan energi dari pakan tidak mencukupi untuk kebutuhan produksi susu, terutama pada awal laktasi (Mekuriaw, 2023). Untuk meminimalkan NEB, diperlukan pakan kaya protein, energi, dan mineral yang mudah dimetabolisme guna memenuhi kebutuhan nutrisi, mencegah hipokalsemia, serta memperkuat kekebalan tubuh (Suranindiyah dkk., 2020). Sapi perah mengalami NEB pada awal laktasi atau *post partus*, karena asupan pakan tidak dapat mendukung energi yang dibutuhkan untuk produksi susu (Churakov *et al.*, 2021). Kondisi ini dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti konsumsi kalori yang lebih sedikit, peningkatan aktivitas fisik, atau kombinasi keduanya dan menyebabkan penurunan berat badan. Dampak NEB pada sapi perah terhadap parameter kualitas fisik susu meliputi penurunan pH akibat peningkatan asam lemak bebas, sedikit peningkatan BJ pada awal laktasi yang kemudian dapat kembali normal atau menurun, dan penurunan viskositas karena penurunan kadar protein, terutama kasein. *Curd* pada susu dengan NEB cenderung lebih lunak dan mudah hancur karena perubahan komposisi protein dan penurunan kadar kalsium, sementara volume *whey* meningkat akibat penurunan kadar protein susu (Mekuriaw, 2023).

Ketika NEB terjadi, tubuh mulai menggunakan sumber energi cadangannya untuk memenuhi kebutuhan energinya. Sumber energi cadangan ini dapat berupa lemak (dari penyimpanan glukosa), dan protein. Penggunaan sumber energi ini dapat menyebabkan beberapa perubahan dalam tubuh, seperti penurunan berat badan, kehilangan massa otot. Strategi yang dapat dilakukan untuk mengatasi NEB pada sapi perah awal laktasi yaitu dengan cara mengelola energi secara individual dan diimbangi dengan pemberian pakan yang



berkualitas tinggi serta pakan dengan energi tinggi sehingga dapat meningkatkan konsumsi bahan kering (BK), produksi susu, dan memperpanjang periode puncak laktasi. Pemberian pakan yang berkualitas dapat menunjang produktivitas sapi perah yang berasal dari hijauan seperti *indigofera* dan gamal (Permana dkk., 2020).

Pakan bagi ternak berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok, produksi, dan reproduksi. Lebih dari 70% pakan ternak ruminansia terdiri dari hijauan, sehingga hijauan merupakan sumber pakan utama. Jenis pakan yang diberikan pada sapi perah dapat mempengaruhi produksi dan kualitas susu, serta kesehatan sapi perah. Pakan untuk sapi perah yang laktasi terdiri atas sejumlah hijauan dan konsentrat (Riski dkk., 2016). Pemberian ransum berupa kombinasi hijauan dan konsentrat akan memberikan peluang terpenuhinya nutrisi dan biaya relatif rendah untuk peternak (Ransa dkk., 2020). Jenis pakan yang berkualitas, salah satunya adalah *green concentrate* yang berbahan baku *indigofera* dan gamal. Untuk mengurangi kejadian NEB, maka pakan tersebut juga harus mengandung sumber energi tinggi, salah satu sumber energi tinggi berasal dari sorgum.

Indigofera merupakan leguminosa sumber protein, memiliki kandungan nutrisi yang baik bagi ternak. Penggunaan *indigofera* sebagai pengganti konsentrat komersial pada masa transisi diharapkan mampu memenuhi kebutuhan protein (Permana dkk., 2020). Menurut Tarigan dan Ginting (2011) *Indigofera* digunakan sebagai pakan ternak karena kandungan nutrisinya yang baik, terutama protein kasar yang tinggi. *Indigofera* memiliki kandungan nutrisi yang sangat baik yaitu PK 27,9%, SK 15,25%, dan kandungan mineral yang cukup tinggi Ca 0,22% dan P 0,18% (Bari dkk., 2022).

Gamal merupakan tanaman leguminosa yang memiliki kandungan protein tinggi, berbentuk *elips* (oval), ujung daun lancip dan pangkalnya tumpul (bulat), susunan daun terletak berhadapan. Gamal memiliki PK 25,7%, SK 23,9%, LK 1,97%, kadar air 78,24%, abu 7,7% dan BETN 40,73% dengan TDN 60,39 (Herawati dan Royani, 2019). Menurut Kefe dkk., (2020) bahwa tanaman gamal mempunyai potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak karena dapat meningkatkan keseimbangan nutrisi pakan.

Sorgum adalah tanaman yang sangat produktif dan dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Tari dkk., 2013). Keunggulan sorgum terletak pada senyawa antioksidannya, kandungan mineral Fe yang tinggi, serat pangan, asam amino esensial, dan oligosakarida. Namun, sorgum juga memiliki kandungan tanin dan asam fitat yang relatif tinggi sebagai zat anti-nutrisi. Bijian ini mampu memenuhi kebutuhan nutrisi untuk ternak ruminansia. Kandungan nutrisi sorgum menghasilkan kadar air 10,8%, abu 6,70%, PK 8,79%, LK 1,20%, SK 27,88%, dan TDN 49,83% (Hajar dkk., 2019). Penambahan biji sorgum pada pakan hijauan efektif meningkatkan konsumsi pakan dan pencernaan pakan pada sapi karena tanaman sorgum mempunyai nilai nutrisi yang tinggi



ikan sumber pakan lainnya, karena mempunyai komposisi kimia, mineral, serta kandungan energi yang cukup tinggi bagi kualitas susu (2021).

Susu sapi perah dapat dinilai melalui beberapa parameter seperti pH, dan *curd*. pH susu sapi perah yang ideal berada dalam kisaran 6,8 mencerminkan keseimbangan asam-basa yang baik dan (Mencanawati dkk., 2015). BJ susu menunjukkan kandungan nutrisi

seperti lemak dan protein, sementara viskositas mengindikasikan kekentalan susu yang mempengaruhi efisiensi produksi, proses pengolahan dan kualitas produk akhir (Christi dkk., 2022). *Curd*, produk olahan susu tradisional, juga menjadi indikator kualitas susu berdasarkan perubahan komposisi susu yang dapat terjadi akibat NEB pada sapi perah (Pulungan dkk., 2020). Whey merupakan produk sampingan dari hasil olahan keju maupun tahu susu. Whey mengandung sejumlah zat gizi seperti protein dan laktosa (Trisnaningtyas dkk., 2013). Indigofera dan gamal dapat mempengaruhi kandungan gizi whey dan *curd* yang dihasilkan karena kandungan nutrisinya yang tinggi seperti protein, serat, dan mineral yang dapat meningkatkan kualitas susu (Prastujati dkk., 2018).

Potensial Hidrogen (pH) adalah derajat keasaman yang dapat digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan pada suatu larutan. pH susu merupakan indikator penting untuk menilai kualitas dan kesegaran susu. Susu segar memiliki pH alami yang berkisar antara 6,3–6,8. Angka ini akan menurun secara nyata apabila ada indikasi susu terkontaminasi bakteri dan dapat mengakibatkan NEB. Nilai pH ini menunjukkan bahwa susu bersifat sedikit asam. Keasaman ini berasal dari asam laktat yang dihasilkan oleh bakteri alami yang terdapat dalam susu (Basuki, 2021). Kualitas fisik susu sangat terkait dengan pH, karena pH mempengaruhi berbagai karakteristik fisik susu. Jika pH susu lebih tinggi dapat mengindikasikan adanya mastitis pada sapi yang menyebabkan perubahan warna. Penurunan pH susu pada umumnya langsung menyebabkan sedikit penurunan viskositas, pada penurunan pH yang lebih drastis akan menyebabkan peningkatan viskositas karena adanya agregasi, kasein viskositas susu sedikit dipengaruhi proses homogenisasi dan mengakibatkan terjadinya NEB yang dapat menyebabkan bau dan rasa yang tidak normal serta penurunan kualitas fisik susu. Oleh karena itu, memantau pH susu sangat penting untuk menjaga kualitas fisiknya tetap optimal dan aman untuk dikonsumsi (Umar dkk., 2014).

Berat jenis (BJ) adalah bagian dari unsur komponen nutrisi dalam menentukan kualitas susu. Semakin tinggi kadar BJ maka makin tinggi nilai bahan keringnya. BJ penting didalam menentukan kualitas susu. BJ susu sangat dipengaruhi oleh BK yang ada di dalamnya. Bahan kering susu terdiri atas karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral. Menurut Badan Standar Nasional (2011), BJ normal pada air susu segar antara 1,027-1,034 pada suhu 20°C. Apabila terjadi NEB kandungan lemak dalam susu dapat menurun, yang mungkin menyebabkan penurunan BJ karena komposisi nutrisi susu menjadi lebih encer (Christi dkk., 2022). Ada berbagai faktor yang mempengaruhi perubahan BJ susu, termasuk globula lemak, laktosa, protein, dan garam. Peningkatan BJ susu terjadi karena pelepasan CO₂ dan N₂ yang ada di dalamnya. Selain itu, suhu juga berperan dalam menentukan BJ. Suhu yang lebih rendah dapat meningkatkan BJ susu karena kepadatan susu meningkat saat suhu turun, sehingga BJ menjadi lebih tinggi. Pada suhu yang lebih rendah, komponen susu seperti lemak dan protein menjadi



ngakibatkan peningkatan BJ (Widyawati dkk., 2020). merupakan salah satu sifat fisik penting yang mempengaruhi kualitas an susu. Viskositas ini menggambarkan kekentalan atau resistensi , yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, komposisi mekanis (Rohman dan Maharani, 2020). Susu sapi perah yang baru IEB umumnya memiliki viskositas yang lebih rendah dibandingkan lah mengalami proses pendinginan atau pemanasan. Komponen

utama yang mempengaruhi viskositas susu termasuk lemak, protein, laktosa, dan mineral. Pada suhu yang lebih tinggi, viskositas susu cenderung menurun, sementara pada suhu rendah, viskositas meningkat. Viskositas yang normal menunjukkan bahwa susu memiliki kandungan protein, lemak, dan padatan yang seimbang, serta tidak terdapat kerusakan fisik atau kimia. Standar viskositas normal susu sapi perah berkisar 1,5-2,0 Cp dan NEB <1,5 Cp. Bahan padat dan lemak air susu mempengaruhi viskositas (Hidayat, 2017).

Curd merupakan produk yang terbuat dari susu sapi yang dipanaskan hingga mendidih dan kemudian ditambahkan enzim papain, termasuk dalam kategori keju lunak tanpa fermentasi. NEB sering kali menyebabkan penurunan kualitas susu, termasuk penurunan kandungan protein dan lemak, yang berdampak pada kemampuan susu untuk membentuk *curd* yang baik. Nilai *curd* yang rendah bisa menjadi tanda bahwa sapi perah tidak mendapatkan cukup energi untuk mendukung produksi susu yang optimal, yang mempengaruhi komposisi dan kualitas *curd* yang dihasilkan (Sulmiyati dan Malaka, 2017). Proses terjadinya *curd* yaitu pada penggumpalan akibat adanya stadium presifitasi isoelektrik, yang mula-mula disebabkan distribusi ukuran partikel dan komposisi akhir kasein pada *curd*. Pada suhu yang lebih rendah akan terbentuk *curd* yang lunak dan mudah pecah saat ditangani secara mekanik, partikel *curd* akan menyebar di air dingin dan mengkerut saat pengeluaran whey selama pencucian *curd* (Malaka dkk., 2015).

Whey didefinisikan sebagai serum atau bagian air dari susu yang tersisa setelah pemisahan *curd* (keju) dan merupakan hasil koagulasi protein susu dengan asam dan enzim proteolitik. Penurunan keasaman whey disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme yang tidak terlalu baik akibat larutan asam yang dihasilkan. Kualitas whey dipengaruhi oleh faktor pemberian pakan ternak sebelum diperah atau perawatan dan pemberian pakan saat laktasi. Pakan dengan nutrisi tinggi mempengaruhi kandungan gizi whey yang dihasilkan (Prastujati dkk., 2018).

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas fisik susu sapi FH *post partus* yang diberi *green concentrate* berbeda.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Agustus–Oktober 2024 bertempat di Dusun Panette, Desa Lebang, Kecamatan Cendana, Kabupaten Enrekang, Provinsi Sulawesi Selatan.

2.2 Materi Penelitian

Penelitian ini menggunakan sapi perah FH post partus sebanyak 12 ekor, dengan umur 4–5 tahun dan bobot badan rata-rata ± 500 kg. Sapi perah diberikan pakan sebanyak 3% bahan kering (BK) dari berat badan (BB), terdiri atas hijauan berupa rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) 75% dan konsentrat 25%. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *diskmill*, dehidrator, parang, sekop pakan, gerobak pakan, ember, kompor, panci, baskom, timbangan pakan, pengaduk, timbangan analitik, talang, gelas ukur, saringan, gelas beker, termometer, pH meter, laktodensimeter, viskometer, penindis, pipa dan alat tulis.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pembuatan *green concentrate*. Setelah pakan telah siap dilanjutkan dengan uji pakan konsentrat pada sapi perah FH *postpartus*. Formulasi *green concentrate* dapat dilihat pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Susunan Komposisi Formulasi *Green concentrate*

No.	Bahan	Pakan Komersil	<i>Green concentrate</i> Formulasi 1	<i>Green concentrate</i> Formulasi 2
1.	Konsentrat Komersil	100	0	0
2.	Tepung Indigofera	0	10	5
3.	Tepung Gamal	0	20	15
4.	Sorgum	0	16	16
5.	Dedak	0	13	23
6.	Bungkil Kelapa	0	10	20
7.	Jagung Giling	0	30	20
8.	Molases	0	1	1
Total		100	100	100

*Data dianalisis di Laboratorium Nutrisi Ternak Perah, IPB University., P0=Konsentrat Komersil; P1=*Green Concentrate* Formula 1; P2= *Green Concentrate* Formula 2



Kandungan nutrisi konsentrat komersil dan *green concentrate* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Kandungan Nutrisi Konsentrat Komersil dan *Green concentrate*

Kandungan Nutrisi <i>Green concentrate</i>	Pakan Komersil	<i>Green concentrate</i> Formulasi 1	<i>Green concentrate</i> Formulasi 2
PK (%)	15,12	17,06	16,12
LK (%)	2,90	4,97	6,17
SK (%)	12,96	5,39	4,73
BETN (%)	61,57	67,07	66,88
Air (%)	5,09	10,93	11,17
Abu (%)	7,44	5,64	5,81
Gross Energy	2668	3981	4078

*Data dianalisis di Laboratorium Nutrisi Ternak Perrah, IPB University; P0=Konsentrat Komersil; P1=*Green Concentrate* Formula 1; P2= *Green Concentrate* Formula 2; PK= Protein kasar; LK=Lemak kasar; SK=Serat kasar; BETN=Bahan ekstrak tanpa nitrogen.

2.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan ulangan sebanyak 4 yaitu sebagai berikut:

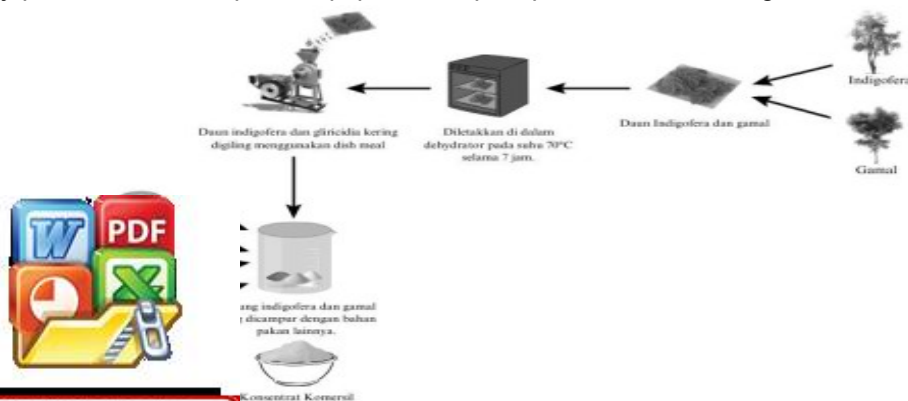
P0 = Konsentrat Komersil

P1 = *Green Concentrate* Formula 1 dengan 10% indigofera dan 20% gamal

P2 = *Green Concentrate* Formula 2 dengan 5% indigofera dan 15% gamal

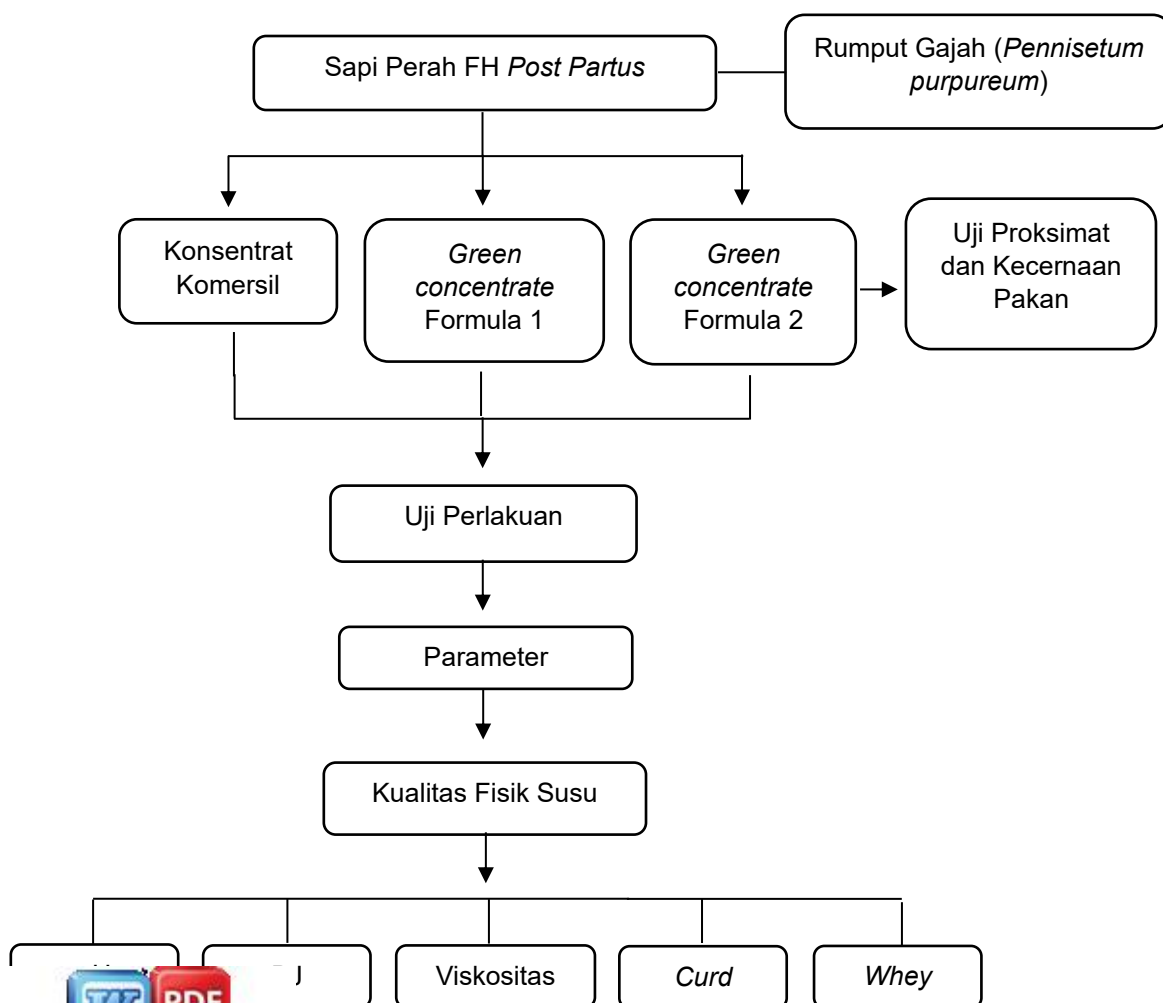
2.5 Pelaksanaan Penelitian

Green concentrate hasil formulasi diimplementasikan pada sapi perah FH *post partus* yang mengalami NEB sebanyak 12 ekor selama 25 hari dengan 5 hari pembiasaan pakan perlakuan pada setiap unit sapi. Sapi yang digunakan dipelihara pada kandang kelompok. Pemberian pakan dilakukan tiga kali sehari yaitu pagi hari pukul 06.00 wita, 11.00 wita, dan sore hari pukul 16.00 wita. Pengambilan sampel susu diambil pada pagi hari. Pengujian kualitas fisik susu dilakukan dua kali yaitu sebelum diberi perlakuan dan pada akhir penelitian. Sampel susu yang diambil sebanyak 1.500 ml, kemudian diuji kualitas fisiknya langsung di *on farm*. Langkah-langkah pembuatan *green cocentrare* dan uji pakan konsentrat pada sapi perah FH *post partus* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Proses pembuatan green concentrate

Bahan baku pakan konsentrat komersil merk *Rumfeed* diperoleh dari CV. Sarana Nutrisi Sembilan. Bahan baku pakan untuk *green concentrate* diformulasi dari indigofera, gamal, tepung sorgum, jagung giling, bungkil kelapa, molases, dan dedak. Proses pembuatan tepung indigofera dan gamal dimulai dengan memanen tanaman. Setelah itu, dikeringkan menggunakan dehidrator selama 7 jam pada suhu 70°C. Selanjutnya bahan baku tersebut digiling menggunakan *disc mill* menjadi tepung. Setelah semua formulasi pakan siap, dilanjutkan dengan uji proksimat dan uji pencernaan pakan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian



2.6 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel susu dilakukan pada pagi hari dan dilakukan 2 kali yakni pada awal sebelum diberi perlakuan dan pada akhir penelitian. Sampel susu yang diambil sebanyak 1.500 ml, kemudian diuji kualitas fisiknya langsung di *on farm*.

2.7 Parameter

2.7.1 Potensial Hidrogen

Untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, alat yang umum digunakan adalah pH meter. Pengambilan data pH dilakukan dengan cara mencelupkan pH meter pada sampel dalam wadah gelas, dan nilai yang terbaca merupakan pH sampel yang terukur. Alat ini dirancang khusus untuk mendeteksi konsentrasi ion hidrogen dalam suatu sampel, sehingga dapat memberikan nilai pH yang akurat (Tefa dkk., 2019).

2.7.2 Berat Jenis

Pengukuran BJ susu dilakukan dengan mengaduk susu terlebih dahulu, kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur ukuran 500 ml. Laktodensimeter dengan hati-hati dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi susu, sehingga dapat terapung dengan bebas. Diusahakan supaya laktodensimeter berada di tengah-tengah dan tidak menyentuh dinding gelas (Wiranti dkk., 2022). Rumus yang digunakan untuk mengukur BJ susu sebagai berikut:

$$BJ = 1,000 + \frac{\text{Skala lakto} + FK (\text{Suhu} - \text{Suhu skala lakto})}{1000}$$

2.7.3 Viskositas

Viskositas diukur menggunakan viskometer rotasi, seperti viskometer Brookfield. Pengukuran dilakukan dengan cara merendam spindel ke dalam sampel dan memutarkannya dengan kecepatan konstan (Rohman dan Maharani, 2020).

$$\text{Viskositas} = \frac{\rho_{\text{sampel}} \times t_{\text{sampel}} \times \eta_{\text{water}}}{\rho_{\text{water}} \times t_{\text{water}}}$$

$$\rho_{\text{sampel}} = \frac{m_1 - m_2}{v}$$

2.7.4 Curd

Curd merupakan parameter untuk mengetahui banyaknya jumlah rendemen yang terbentuk setelah kasein susu digumpalkan dan telah dipisah dengan *whey*. Jumlah *curd* sentase *whey* yang rendah menunjukkan banyaknya *curd* yang (Ilan Said, 2018). Jumlah *Curd* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Curd (\%)} = \frac{\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \%$$



2.7.5 Whey

Pembuatan whey dapat dilakukan dengan memanaskan susu kemudian menambahkan larutan papain sebanyak 6 ml sambil mengaduknya secara perlahan hingga terbentuk *curd*. Suhu yang digunakan sampai terbentuk *curd* yaitu 80 °C. *Curd* yang terbentuk kemudian dipisahkan dengan whey (Welin dkk., 2023). Whey dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Whey (\%) = \frac{\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100$$

2.8 Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis sidik ragam menggunakan ANOVA. Apabila berpengaruh antara perlakuan dan ulangan, akan dilanjutkan dengan Uji Duncan (Gaspersz, 2012). Model statistik yang digunakan yaitu:

$$Y_{ij} = \mu + N_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

- i = perlakuan (1,2, dan 3)
- j = pengulangan (1,2,3, dan 4)
- Y_{ij} = hasil pengamatan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j
- μ = nilai rata-rata hasil pengamatan
- N_i = pengaruh perlakuan ke-i
- ε_{ij} = pengaruh acak perlakuan ke-i dalam pengulangan ke-j

