

**ANALISIS ALIRAN MASSA DAN ENERGI PADA  
AGROINDUSTRI JAGUNG DI KABUPATEN  
SIDENRENG RAPPANG  
(Studi Kasus Pabrik Pakan CV Cahaya Mario)**

**ANALYSIS OF MASS FLOW AND ENERGY IN CORN  
AGROINDUSTRI IN SIDENRENG RAPPANG REGENCY  
(CASE STUDY FEED FACTORY CV CAHAYA MARIO)**

**YANNA YAHYA  
G052211001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK AGROINDUSTRI  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**HALAMAN PENGANTAR TESIS**

**ANALISIS ALIRAN MASSA DAN ENERGI PADA  
AGROINDUSTRI JAGUNG DI KABUPATEN  
SIDENRENG RAPPANG  
(Studi Kasus Pabrik Pakan CV Cahaya Mario)**

***ANALYSIS OF MASS FLOW AND ENERGY IN CORN  
AGROINDUSTRI IN SIDENRENG RAPPANG REGENCY  
(CASE STUDY FEED FACTORY CV CAHAYA MARIO)***

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelas magister

Program Studi Teknik Agroindustri

Disusun dan diajukan oleh

YANNA YAHYA

G052211001

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK AGROINDUSTRI  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

TESIS

ANALISIS ALIRAN MASSA DAN ENERGI PADA AGROINDUSTRI  
JAGUNG DI KABUPATEN SIDENRENG RAPPANG  
(STUDI KASUS PABRIK PAKAN CV CAHAYA MARIO)

YANNA YAHYA

NIM: G052211001

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Magister Teknik Agroindustri Fakultas Pertanian

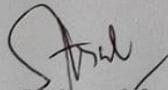
Universitas Hasanuddin

pada tanggal 21 Desember 2022

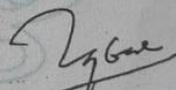
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

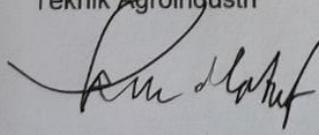
Pembimbing Utama

  
**Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P.**  
NIP. 197006031994031003

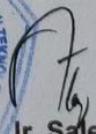
Pembimbing Pendamping

  
**Dr. Ir. Iqbal, STP., M.Si., IPM.**  
NIP. 197812252002121001

Ketua Program Studi  
Teknik Agroindustri

  
**Dr. Ir. Rindam Latief, M.S**  
NIP. 196403021989031003

Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin

  
**Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc.**  
NIP. 196312311988111005



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul "Analisis Aliran Massa dan Energi pada Agroindustri Jagung di Kabupaten Sidenreng Rappang (Studi Kasus Pabrik Pakan CV Cahaya Mario) adalah benar karya saya dengan arahan dari Komisi Pembimbing Dr. Ir. Mahmud Achmad.,M.P dan Dr.Ir.Iqbal, STP., M.Si.,IPM. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan pada Prosiding Seminar Internasional Universitas Mataram 7th International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources (IC-FANRes) 2022 Publisher IAP dan Terindeks Scopus, sebagai artikel dengan judul "Analisis Kesetimbangan Massa dan Energi Industri Pakan Ternak di Kabupaten Sidenreng Rappang (Studi Kasus : CV Cahaya Mario Feed Mill)".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, Desember 2022



Yanna Yahya  
NIM. G052211001

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Tesis ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister pada program studi Teknik Agroindustri, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilakukan di pabrik pakan CV Cahaya Mario yang terletak di Kecamatan Kulo Kabupaten Sidenreng Rappang Sulawesi Selatan dengan judul " Analisis Aliran Massa dan Energi pada Agroindustri Jagung di Kabupaten Sidenreng Rappang". Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. **Dr. Ir Mahmud Achmad, M.P.**, selaku ketua komisi pembimbing, atas teladan, bimbingan, arahan, perhatian, kesabaran dan nasehat yang telah dicurahkan selama pendidikan serta membantu mendesain penelitian, melaksanakan penelitian hingga penulisan tesis ini selesai.
2. **Dr. Ir. Iqbal, STP, M.Si, IPM** selaku anggota komisi sekaligus yang juga sebagai teman dan saudara yang telah dengan sabar mengarahkan dan menyediakan waktu dan mencurahkan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan sejak pertama kali memasuki perkuliahan , mendesain penelitian, melaksanakan penelitian hingga penulisan tesis ini selesai.
3. **Dr. Ir. Rindam Latief, MS** selaku pembimbing, penguji internal dan juga sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Agroindustri Unhas yang tiada henti-hentinya memberikan motivasi dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dan penulisan tesis ini dengan baik
4. **Dr. Abdul Azis . STP. M.Si.** selaku dosen penguji internal dalam memberikan arahan, saran dan perbaikan dalam penyusunan tesis ini
5. **Dr. Mursyid, SP., M.M** selaku penguji eksternal yang telah menyediakan waktu untuk menguji dan memberikan arahan dalam perbaikan penulisan tesis ini.
6. H. Usman Appas dan Hj. Ayu, selaku owner yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di CV Cahaya

Mario. H. Bahrin Appas dan Hj. Sakinah, Bapak Saprin selaku Manager pabrik, Akbar selaku operator mesin serta seluruh pihak-pihak terkait yang telah memberikan bantuannya kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan penelitian dan tesis ini dengan baik.

7. Orang tua tercinta Ayahanda H. Muhammad Yahya (alm) dan H. Syamsuddin Mide (alm) serta Ibunda Hj. Suwarty Ningsih dan Hj. Hasna, atas do'a, perhatian dan limpahan kasih sayangnya yang tiada terputus bagi kesuksesan penulis. Keluarga besar H. Muhammad Yahya dan H. Syamsuddin Mide, atas segala bantuan dan motivasinya.
8. Suami dan anak-anak penulis tercinta, terkasih dan tersayang, Habibi Syamsuddin.,S.E., Annisa Habibi, Alisha Nur Habibi dan Alif Alzahrani Habibi. senantiasa penuh kesabaran dan pemakluman atas segala kondisi selama mengikuti pendidikan di magister Teknik Agroindustri Unhas sampai penulisan tesis ini selesai.
9. Seluruh Staf Pengajar program Pascasarjana Teknik Agroindustri Universitas Hasanuddin Makassar.
10. Teman-teman mahasiswa angkatan Agustus 2021 di program Pascasarjana Teknik Agroindustri Unhas, Amri Hidayat, Muh. Fadli, Dhedy Ardianto, Andi Andry. Sejarah telah mencatat, bahwa kita pernah seangkatan, dan sejarah juga akan selalu mencatat bahwa, emmak- emmak akan selalu jadi pemenangnya.
11. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian yang selalu memberikan bantuan dan dukungannya sehingga penulisan tesis ini berjalan lancar.

Akhirnya, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya bagi pengembangan industri jagung dan pengolahan pakan ternak ayam.

## **ABSTRAK**

**YANNA YAHYA. Analisis Aliran Massa dan Energi pada Agroindustri Jagung di Kabupaten Sidenreng Rappang** (dibimbing oleh Mahmud Achmad dan Iqbal)

Peningkatan produksi jagung sebagai salah satu bahan baku di bidang industri peternakan yang dipicu oleh meningkatnya kebutuhan telur dan daging ayam dipasaran. Tingginya harga jagung pakan beberapa waktu terakhir berdampak pada kenaikan harga pakan. Hal ini mendorong pengusaha ternak untuk memproduksi sendiri pakannya. CV Cahaya Mario sebagai salah usaha peternakan juga mendirikan pabrik pakan ternak ayam yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan internal pakan ayam serta dapat menghasilkan pakan yang berkualitas dan terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesetimbangan massa dan energi serta menganalisis kelayakan usaha pabrik pakan ternak CV Cahaya Mario. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Sidenreng Rappang pada bulan Maret – Juni 2022. Prosedur penelitian ini memiliki 2 tahapan yaitu analisis kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi. Pada kesetimbangan massa, menghitung massa bahan yang masuk dan keluar serta mengukur kandungan bahan berupa kandungan air, kadar abu, protein dan lemak. Kesetimbangan energi, di analisis energi internal dari perubahan suhu bahan dan energi eksternal dari sumber energi dan proses mekanik. Penelitian ini menunjukkan bahwa proses pakan berlangsung secara continuous flow. Analisis kesetimbangan massa dilakukan pada 3 tahapan, yaitu intake, penimbangan dan pencampuran serta pengemasan. Hasil analisis kandungan bahan pakan, didapat rata-rata kandungan kadar air (10%), kadar abu (19%), Lemak (2,78%) dan protein terlarut (0,08%). Analisis input energi listrik pada grinding jagung di hammer mill sebesar 80.16275 Kwh dan bungkil kedelai sebesar 40,0813 Kwh. Sedangkan energi listrik pada mixer sebesar 22,371 Kwh.. Untuk kelayakan usaha, pada pengoperasian pabrik sebesar 30 ton per hari, dan analisis sensitivitas pada kenaikan harga pakan sebesar 5 %, juga untuk diinvestasikan.

Kata Kunci : Jagung, Pakan Ternak, Kesetimbangan Massa dan Energi, Kelayakan Finansial

**ABSTRACT**

**YANNA YAHYA.** Analysis of Mass and Energy Flow in Corn Agroindustry in Sidenreng Rappang Regency (Case Study of CV Cahaya Mario Feed Factory) (supervised by Mahmud Achmad and Iqbal).

The increase in corn production as a raw material in the livestock industry was triggered by the increasing demand for eggs and chicken meat in the market. The recent high price of corn for feed has had an impact on rising feed prices. This encourages livestock entrepreneurs to produce their own feed. CV. Cahaya Mario, as one of livestock businesses party, which aim to meet the internal needs of chicken feed and be able to produce quality and affordable feed. This study aimed to analyze mass and energy balances, and analyze the business feasibility of CV Cahaya Mario. This research was conducted in Kulo sub-district, Sidenreng Rappang Regency from March to June 2022. The research procedures consisted of two stages, namely mass balance analysis and energy balance analysis. In mass balance, the mass of incoming and outgoing materials was calculated, and the content of materials in the form of water content, ash content, protein and fat was measured. In energy balance, internal energy comes from material temperature changes, and external energy comes from energy sources and mechanical processes. This study showed that the feed process is in a continuous flow process. Mass balance analysis was carried out for each process of processing the raw materials to animal feed, which consists of 3 stages, namely intake, weighing and mixing, and packaging. The analysis results of the content of feed ingredients showed that the average content of water content (was 10%), ash content (was 19%), fat (was 2.78%) and dissolved protein (was 0.08%). The electrical energy input in a hammer mill for grinding corn was 80.16275 kwh, and grinding soybean was 40.0813 kwh. In mixer, the electrical energy was 22,371 kwh. In terms of business feasibility at a operation factory capacity of 30 tons per day, it can be said that the feed business was feasible. Sensitivity analysis on a 5% increase in feed prices showed that it is feasible to invest in the business.

Keywords: Corn, Animal Feed, Mass and Energy Balance, Financial Feasibility

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN TESIS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<a href="#">DAFTAR ISI</a> .....	ix
<a href="#">DAFTAR TABEL</a> .....	xii
<a href="#">DAFTAR GAMBAR</a> .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
<a href="#">1.1 Latar Belakang</a> .....	1
<a href="#">1.2 Rumusan Masalah</a> .....	4
<a href="#">1.3 Batasan Masalah</a> .....	4
<a href="#">1.4 Tujuan Penelitian</a> .....	5
<a href="#">1.5 Manfaat Penelitian</a> .....	5
BAB II. <u>TINJAUAN PUSTAKA</u> .....	6
<a href="#">2.1. Industri Jagung</a> .....	6
<a href="#">2.2. Standar Nasional Indonesia (SNI)</a> .....	9
<a href="#">2.2.1 SNI Pakan Ternak untuk Ayam Ras Petelur</a> .....	9
<a href="#">2.2.2 SNI untuk Jagung</a> .....	10

<a href="#"><u>2.3. Karakteristik Biji Jagung</u></a> .....	11
2.4 Karakteristik Bungkil Kedelai .....	12
<a href="#"><u>2.5 Mesin-Mesin Industri Pakan</u></a> .....	14
<a href="#"><u>2.5.1. Mesin Pemipil Jagung/<i>Corn Sheller</i></u></a> .....	14
<a href="#"><u>2.5.2. Mesin Hammer Mill</u></a> .....	15
<a href="#"><u>2.5.3. Mesin Penepung <i>Alloy Steel</i></u></a> .....	16
<a href="#"><u>2.5.4. Mesin Pengaduk Adonan</u></a> .....	17
<a href="#"><u>2.5.5. Mesin Pengering Pakan Ayam <i>Rotary Dryer</i></u></a> .....	18
<a href="#"><u>2.5.6. Mesin Sortasi Pakan Ayam (Pelet)</u></a> .....	18
<a href="#"><u>2.6. Keseimbangan Massa dan Energi</u></a> .....	19
<a href="#"><u>2.6.1 Keseimbangan Massa</u></a> .....	19
<a href="#"><u>2.6.2 Keseimbangan Energi</u></a> .....	23
<a href="#"><u>2.7 Biaya</u></a> .....	30
<a href="#"><u>2.8 Analisis Kelayakan Finansial</u></a> .....	34
BAB III. <a href="#"><u>METODE PENELITIAN</u></a> .....	36
<a href="#"><u>3.1 Lokasi dan Waktu penelitian</u></a> .....	36
<a href="#"><u>3.2 Jenis dan Sumber Data</u></a> .....	37
<a href="#"><u>3.3 Alat dan Bahan Penelitian</u></a> .....	37
<a href="#"><u>3.4 Prosedur Penelitian</u></a> .....	37
<a href="#"><u>3.5 Parameter Penelitian dan Cara Pengukuran</u></a> .....	37
<a href="#"><u>3.6 Analisis Data</u></a> .....	38
<a href="#"><u>3.7 Kerangka Berpikir</u></a> .....	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	43
4.1. Gambaran Umum CV. Cahaya Mario.....	43
4.1.1 Deskripsi Perusahaan.....	43

4.1.2 Letak Geografis .....	43
4.1.3 Lay Out Pabrik Pakan .....	44
4.1.4 Produksi Pakan.....	46
4.2. Keseimbangan Massa .....	47
4.3. Keseimbangan Energi .....	65
4.4 Karakteristik Alat dan Mesin .....	67
4.5. Biaya-Biaya .....	68
4.5.1 Biaya Investasi.....	69
4.5.2 Nilai Sisa.....	70
4.5.3 Biaya Modal Kerja/Operasional .....	71
4.5.4 Produksi dan Pendapatan.....	72
4.6. Analisis Kelayakan Ekonomi .....	73
4.6.1 Aspek Teknis dan Produksi .....	73
4.6.2 Aspek Bahan Baku .....	73
4.6.3 Aspek Pasar dan Pemasaran .....	77
4.6.4 Analisa Keuangan.....	79
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	83
5.1. Kesimpulan.....	83
5.2. Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA .....	84
LAMPIRAN-LAMPIRAN .....	89

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<a href="#"><u>Tabel 1.1 : Luas Lahan dan Produksi Tanaman Jagung Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2019</u></a>	2
Tabel 1.2 : Kebutuhan Pakan, Persentase Jagung dalam Pakan serta Kebutuhan Jagung pada Jenis Budidaya Ayam dan itik.....	3
<a href="#"><u>Tabel 2.1 : Data Industri Jagung di Kabupaten Sidrap Tahun 2019</u></a> .....	8
<a href="#"><u>Tabel 2.2 : SNI Pakan Ternak untuk Ayam Ras Petelur</u></a> .....	9
<a href="#"><u>Tabel 2.3 : Persyaratan Mutu dan Gizi untuk Ternak Ayam Petelur</u></a> .....	9
<a href="#"><u>Tabel 2.4 : Persyaratan Mutu Jagung sebagai Pakan Ternak</u></a> .....	11
<a href="#"><u>Tabel 2.5 : Persyaratan Mutu Bungkil Kedelai</u></a> .....	13
<a href="#"><u>Tabel 2.6 : Spesifikasi Mesin Pemipil Jagung</u></a> .....	15
<a href="#"><u>Tabel 2.7 : Spesifikasi Mesin <i>Hammer Mill</i></u></a> .....	16
<a href="#"><u>Tabel 2.8 : Spesifikasi Mesin <i>Alloy Steel</i></u></a> .....	17
<a href="#"><u>Tabel 2.9 : Spesifikasi Mesin Pengaduk Adonan</u></a> .....	17
<a href="#"><u>Tabel 2.10 : Spesifikasi Mesin Pengering Pakan Ayam <i>Rotary Dryer</i></u></a> .....	18
Tabel 2.11 : Spesifikasi Mesin Sortasi Pelet.....	19
Tabel 4.1 : Perbandingan Hasil Pengukuran Kandungan Bahan Pakan dan SNI 01-3928-2006.....	47
Tabel 4.2 : Rekapitulasi Akhir Massa Bahan berdasarkan Formulasi dan Massa Bahan yang masuk ke penimbangan.....	57
Tabel 4.3 : Massa Padatan Bahan Materiall Pakan Ternak.....	63
Tabel 4.4 : Data Jumlah Pakan yang dihasilkan dengan Data Jumlah Pakan yang diformulasikan.....	64
Tabel 4.5 : Energi Listrik dan Efektivitas Pemanfaatan Energi di dalam Hammer Mill dan Ribbon Mixer.....	65
Tabel 4.6 : Hasil Perhitungan Energi Pengecilan Ukuran, Daya Pengaduk dan Energi Panas yang dihasilkan.....	66

Tabel 4.7	: Perbandingan Kapasitas Alat dan Mesin berdasarkan Referensi dan Proses.....	68
Tabel 4.8	: Biaya Investasi Pendirian Pakan Ternak CV Cahaya Mario ....	70
Tabel 4.9	: Nilai Sisa/Nilai Penyusutan dari Barang-barang Investasi.....	70
Tabel 4.10	: Modal Kerja dan Biaya Operasional Pabrik Pakan.....	71
Tabel 4.11	: Perkiraan Produksi, Pendapatan Pabrik Pakan CV Cahaya Mario.....	72
Tabel 4.12	: Realisasi Luas Panen dan Produksi Tanaman Jagung Tahun 2021 Kabupaten Sidenreng Rappang .....	73
Tabel 4.13	: Data Produksi Jagung Periode Januari - Oktober 2022 berdasarkan Data Harian Kabupaten/Kota Provinsi Sulawesi Selatan.....	74
Tabel 4.14	: Data Produksi Kedelai tahun 2019 - 2021 berdasarkan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan.....	75
Tabel 4.15	: Impor Kedelai Menurut Negara Asal (2017 - 2021) .....	76
Tabel 4.16	: Produksi Perkebunan Kelapa Sawit Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat Tahun 2021	79
Tabel 4.17	: Populasi Ayam Petelur Layer Tahun 2020 dan 2021 di Kabupaten Sidenreng Rappang .....	77
Tabel 4.18	: Kriteria Investasi Berdasarkan NPV .....	78
Tabel 4.19	: Kriteria Investasi Berdasarkan IRR .....	79
Tabel 4.20	: Kriteria Investasi berdasarkan Net Benefit Cost Ratio.....	80
Tabel 4.21	: Kriteria Investasi berdasarkan BEP.....	81
Tabel 4.22	: Kriteria Investasi berdasarkan PP .....	81
Tabel 4.23	: Hasil Analisis Sensitivitas Usaha Pakan Ternak Ayam CV Cahaya Mario dengan peningkatan dan penurunan harga Jual Bahan Baku sebesar 5 %.....	82

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<a href="#">Gambar 2.1 : Pohon Industri Jagung</a> .....	6
<a href="#">Gambar 2.2 : Komposisi Biji Jagung</a> .....	12
Gambar 2.3 : Berbagai Warna dan Tekstur dari Bungkil Kedelai.....	14
<a href="#">Gambar 2.4 : Mesin Pemipil Jagung</a> .....	14
<a href="#">Gambar 2.5 : Mesin <i>Hammer Mill</i></a> .....	15
<a href="#">Gambar 2.6 : Mesin <i>Alloy Steel</i></a> .....	16
<a href="#">Gambar 2.7 : Mesin Pengaduk Adonan</a> .....	17
<a href="#">Gambar 2.8 : Mesin Pengering Pakan Ayam <i>Rotary Dryer</i></a> .....	18
<a href="#">Gambar 2.9 : Mesin Sortasi Pelet</a> .....	18
<a href="#">Gambar 2.10 : Sistem Terbuka dengan aliran massa masuk dan keluar</a> .....	21
<a href="#">Gambar 2.11 : Diagram Kesetimbangan Massa dan Energi pada Industri (<a href="http://www.aeroengineering.com">www.aeroengineering.com</a>, 2021)</a> .....	23
<a href="#">Gambar 2.12 : Simbol Energi dan Flowchart untuk Kesetimbangan Massa (Singh, 1986)</a> .....	24
<a href="#">Gambar 3.1 : Kerangka Berpikir</a> .....	42
<a href="#">Gambar 4.1 : Letak Pabrik Pakan CV Cahaya Mario</a> .....	44
Gambar 4.2 : Lay Out Pabrik Pakan CV Cahaya Mario.....	45
Gambar 4.3 : Pakan Ternak Olahan CV Cahaya Mario.....	46
Gambar 4.4 : Diagram Pengangkutan Jagung melalui Chain Conveyyor.....	48
Gambar 4.5 : Diagram Pengangkutan Bungkil Kedelai melalui <i>Chain Conveyyor</i> .....	48
Gambar 4.6 : <i>Chain Conveyyor</i> .....	49
Gambar 4.7 : Diagram Sortasi di <i>Drum Shifter</i> pada Jagung Pipil .....	49
Gambar 4.8 : Diagram Sortasi di <i>Drum Shifter</i> pada Bungkil Kedelai .....	50

Gambar 4.9 : <i>Drum Shifter</i> Model YMDS-63 .....	51
Gambar 4.10 : Diagram Grinding Jagung Pipil di <i>Hammer Mill</i> .....	53
Gambar 4.11 : Diagram Grinding Bungkil Kedelai di <i>Hammer Mill</i> .....	53
Gambar 4.12 : <i>Bucket Elevator</i> .....	53
Gambar 4.13 : <i>Hammer Mill</i> Model YMHM-2731/215HP .....	55
Gambar 4.14 : Diagram Alur Proses Intake Biji Jagung dan Bungkil Kedelai dengan menggunakan mesin yang sama .....	55
Gambar 4.15 : Diagram Penempatan Bahan Baku pada Silo.....	56
Gambar 4.16 : Diagram Penimbangan Bahan Baku Pakan berdasarkan Formulasi.....	57
Gambar 4.17 : <i>Screw Conveyor</i> .....	59
Gambar 4.18 : Diagram Pencampuran Bahan Pakan yang telah ditimbang.....	59
Gambar 4.19 : <i>Ribbon Match Mixer</i> Model YMBM-50 .....	60
Gambar 4.20 : <i>Bagging Scale</i> .....	61
Gambar 4.21 : Diagram Pengemasan Pakan Ternak.....	62
Gambar 4.22 : Mesin Jahit karung dan Conveyor .....	62
Gambar 4.23 : Massa Komponen Bahan .....	63
Gambar 4.24 : Alur Proses yang dijalankan Operator .....	64
Gambar 4.25 : Diagram Layout Satuan Operasi Kesetimbangan Massa dan Energi.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Perhitungan kesetimbangan massa dan energi pada setiap tahapan penggilingan bahan baku menjadi pakan ternak ayam .....	89
Lampiran 2 : Perhitungan analisis ekonomi .....	93
Lampiran 3 : Dokumentasi Penelitian .....	101
Lampiran 4 : Daftar Riwayat Hidup .....	107

## DAFTAR SINGKATAN, ISTILAH DAN LAMBANG

Lambang/singkatan	Arti dan Penjelasan
HP	House Power
Kg	Kilogram
KJ	Kilo Joule
Kwh	Kilo watt Hour
M <sub>bm</sub>	massa basemix
M <sub>bp</sub>	massa bahan pakan
M <sub>j</sub>	massa Jagung
MJ	Mega Joule
M <sub>k</sub>	massa bungkil kedelai
mm	millimeter
M <sub>p</sub>	massa Protein
M <sub>pm</sub>	massa premix
w	watt
X <sub>c</sub> bk	kadar air bungkil kedelai
X <sub>c</sub> bm	kadar air basemix
X <sub>c</sub> J	kadar air jagung
X <sub>c</sub> Pakan	kadar air pakan
X <sub>c</sub> pm	kadar air premix
X <sub>k</sub> bk	kadar abu bungkil kedelai
X <sub>k</sub> bm	kadar abu basemix
X <sub>k</sub> J	kadar abu jagung
X <sub>k</sub> Pakan	kadar abu pakan
X <sub>k</sub> pm	kadar abu premix
X <sub>L</sub> bk	kadar lemak bungkil kedelai
X <sub>L</sub> bm	kadar lemak basemix
X <sub>L</sub> J	kadar lemak jagung
X <sub>L</sub> Pakan	kadar lemak pakan
X <sub>L</sub> pm	kadar lemak premix

<b>Lambang/singkatan</b>	<b>Arti dan Penjelasan</b>
X <sub>P</sub> bk	kadar protein bungkil kedelai
X <sub>P</sub> bm	kadar protein basemix
X <sub>P</sub> J	kadar protein jagung
X <sub>P</sub> Pakan	kadar protein pakan
X <sub>P</sub> pm	kadar protein premix

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan sektor pertanian ditandai dengan meningkatnya produksi dan produktivitas komoditas pertanian mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri. Hal ini pada akhirnya mampu meningkatkan pendapatan petani serta kemajuan dan kemandirian di sektor pertanian. Peningkatan hasil ini dapat diwujudkan melalui pengembangan penelitian terapan yang di dukung oleh kualitas SDM dengan menggunakan teknologi modern.

Jagung merupakan salah satu komoditas yang penting untuk dikembangkan. Meskipun jagung belum menjadi bahan makanan pokok bagi masyarakat Indonesia, namun permintaan terhadap komoditas ini menunjukkan adanya peningkatan. Tidak hanya sebagai bahan pangan, jagung juga digunakan sebagai bahan baku industri maupun pakan ternak. Hal ini menunjukkan adanya akibat bahwa komoditas jagung kini memiliki peranan yang sangat penting.

Permintaan jagung sebagai kebutuhan bahan pakan menjadikan komoditas tersebut juga mengalami peningkatan permintaan oleh masyarakat. Data prognosa Kementan dan BPS, luasan panen jagung nasional periode Januari-Desember 2021, yaitu seluas 4,15 juta hektare, di mana volume produksi bersihnya mencapai sekitar 15,79 juta ton dengan kadar air 14 %. Sedangkan kebutuhan jagung selama satu tahun untuk bahan pakan ternak maupun konsumsi dan industri pangan total mencapai 14,37 juta ton.

Peningkatan produksi jagung sebagai salah satu bahan baku di bidang industri peternakan dipicu seiring berkembangnya jumlah penduduk. Peternakan mempunyai peran penting dalam mendukung ketersediaan protein hewani masyarakat. Pengembangan jagung ke depannya tidak hanya untuk bahan pangan saja, tetapi untuk bahan industri pakan dan industri pakan. Jagung merupakan salah satu bahan dasar pakan ternak yang sangat penting. Formulasi pakan unggas membutuhkan jagung yang sangat besar dalam komposisinya, yaitu 20-50 % dari formulasi pakan. Jagung sebagai sumber karbohidrat bagi ternak dengan porsi paling banyak dalam pakan unggas, yaitu 40 – 50 %, dedak padi 5 –

20 %, bungkil kedelai 10 – 25 %, dan sisanya bahan-bahan lain dengan porsi yang sangat sedikit (Tangendjaja, 2007). Di Indonesia, sekitar 51 % komponen pakan pabrikan (terutama pakan komplit) adalah jagung. Sebagai bahan baku untuk sumber pakan ternak, jagung dipilih karena memiliki 70 % karbohidrat, 10 % protein, dan 5 % lemak. Kandungan pati yang terdapat dalam buah jagung lebih dari 60 %-80 % . ini cukup tinggi dibanding komoditas lainnya.

Akibat peningkatan kebutuhan jagung sebagai bahan pakan ternak, tidak hanya dipengaruhi oleh pertumbuhan industri peternakan, tetapi juga dipengaruhi oleh permintaan hasil peternakan. Selama permintaan susu, daging, telur, dan produk peternakan lainnya masih tinggi, maka dapat dipastikan kebutuhan jagung akan terus meningkat.

Tabel 1.1 Luas Lahan dan Produksi Tanaman Jagung Menurut Kabupaten/ Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2019

No.	Wilayah	Luas Lahan (Ha)	Produksi (Ton)
1.	Bone	71.565	430.267
2.	Jeneponto	57.242	298.336
3.	Luwu Utara	36.990	219.812
4.	Gowa	37.907	217.873
5.	Bantaeng	27.251	175.762
6.	Soppeng	27.812	153.302
7.	Enrekang	21.714	132.410
8.	Bulukumba	28.094	114.934
9.	Pinrang	16.106	112.140
10	Takalar	13.705	93.891
11	Sidenreng Rappang	16.231	92.075
12	Luwu	14.946	84.594
13	Wajo	17.470	73.762
14	Maros	9.692	46.042
15	Luwu Timur	3.361	19.655
16	Sinjai	4.258	18.629
17	Tana Toraja	1.665	11.055
18	Barru	1.039	8.391
19	Palopo	1.111	7.157
20	Pangkep	1.093	6.732
21	Parepare	1.017	5.113
22	Kepulauan Selayar	979	1.713
23	Toraja Utara	153	447
24	Makassar	76	431
Jumlah		441.447	2.324.523

Sumber : BPS Provinsi Sulsel, 2019.

Sulawesi Selatan menjadi salah satu provinsi dengan produksi jagung terbanyak di Indonesia dengan total produksi pada tahun 2019 mencapai 2.324.523 ton per tahun. Data Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan

tahun 2019, luas panen dan produksi jagung untuk setiap kabupaten/kota yang tertera pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa dari total produksi sebesar 2.324.523 ton/pertahun, inilah yang akan menjadi pengembangan produk jagung. Pengembangan ini akan memunculkan banyak industri-industri pengolahan jagung yang baru.

Kabupaten Sidenreng Rappang dengan Visi “Sidenreng Rappang sebagai Pusat Agrobisnis Modern dan Lima Terbaik di Sulawesi Selatan dalam Pembangunan Manusia” menempati urutan kabupaten ke-11 dengan produksi jagung tertinggi, yaitu 92.075 ton/tahun (BPS, 2019). Peningkatan produksi jagung ini juga dibarengi dengan peningkatan kebutuhan jagung untuk pakan ternak. Jumlah populasi ayam di kabupaten Sidrap pada tahun 2020 mencapai 4.680.103 ekor (BPS Sidrap, 2021). Di tingkat kecamatan, sentra utama jagung di Kab Sidrap adalah di Kecamatan Panca Lautang, Kecamatan Tellu LimpoE, Kecamatan Watang Pulu, dan Kecamatan Pitu Riase di mana kegiatan pengembangan jagung dilaksanakan. Untuk mendukung pelaksanaan kegiatan berbasis potensi local, maka dibutuhkan industri pakan yang memiliki produksi dan hasil dengan mutu yang baik.

Rata-rata kebutuhan pakan dan persentase jagung dalam komposisi pakan untuk ternak unggas dapat dilihat pada Tabel 1.2 :

Tabel 1.2. Kebutuhan Pakan, Persentase Jagung Dalam Pakan Serta Kebutuhan Jagung pada Jenis Budidaya Ayam dan Itik.

Jenis Ternak Unggas	Kebutuhan Pakan (ekor/hr)(g)	Persentase Jagung dalam pakan(%)	Jumlah kebutuhan Jagung (g)/ekor/hari
Ayam petelur	110	58	63,8
Ayam Pedaging	120	54	64,8
Ayam Kampung	100	50	50,0
Itik	110	20	22,0

Sumber : SNI, 2006.

Tingginya harga jagung pakan beberapa waktu terakhir berdampak pada kenaikan biaya pakan. Kenaikan harga jagung saat ini cenderung diakibatkan faktor penawaran dan permintaan.

CV Cahaya Mario, merupakan salah satu pabrik pengolahan jagung menjadi pakan ternak beralamat di Desa Mario Kecamatan Kulo Kabupaten Sidenreng Rappang. Perusahaan ini didirikan sejak tahun 1993. Perusahaan ini

awalnya hanya bergerak dibidang peternakan ayam petelur sebagai konsumsi. Untuk memenuhi kebutuhan pakan internal perusahaan serta untuk memenuhi kebutuhan pakan ternak di daerah sekitar, maka didirikanlah pabrik pakan *FEED MILL CV Cahaya Mario Brother Group*.

Pabrik pakan ini baru diresmikan pada tanggal 29 Desember 2021. Pabrik ini memiliki kapasitas 5 ton/jam. Dengan besarnya hasil produksi yang dihasilkan, diharapkan pakan jadi lebih murah dan bermutu. Hal ini sejalan dengan peningkatan permintaan penyediaan akan telur dan daging ayam, peningkatan konsumsi dan perbaikan ekonomi, dimana dibarengi pula peningkatan terhadap permintaan akan pakan. Sehingga industri pakan memang masih memiliki potensi dan peluang untuk dapat berkembang.

Mengingat pabrik pakan CV Cahaya Mario merupakan industri pakan baru dimana alat dan mesin yang digunakan masih terbilang baru dan juga baru dioperasikan, maka perlu dilakukan kajian untuk mempelajari tentang aliran massa dan energi yang terjadi pada proses pengolahan jagung menjadi pakan ternak ayam. Serta menganalisis kelayakan finansial usaha pakan ternak CV Cahaya Mario agar keberlangsungan industri pakan ternak dapat terus dipertahankan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana proses aliran massa dan energi yang terjadi selama proses pengolahan jagung menjadi pakan ternak?
2. Bagaimana karakteristik alat dan mesin yang digunakan?
3. Bagaimana analisis kelayakan finansial terhadap usaha pakan ternak CV Cahaya Mario?

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk batasan masalah pada penelitian yang dilakukan adalah :

1. Pengolahan pakan menggunakan biji jagung yang sudah dikeringkan.
2. Karakteristik alat dan mesin yang dievaluasi adalah spesifik yang digunakan dalam pabrik pakan CV. Cahaya Mario
3. Energi yang di hitung pada proses pengolahan pakan ternak adalah energi listrik, energi mekanis dan energi panas yang terdapat pada bahan dan pakan ternak.

4. Analisis finansial mengikuti asumsi Standar Biaya Umum (SBU) tahun 2022.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguraikan aliran massa dan energi secara kuantitatif yang terjadi pada proses pengolahan jagung menjadi pakan ternak di pabrik CV. Cahaya Mario di Kabupaten Sidenreng Rappang.
2. Mengevaluasi kinerja alat dan mesin yang digunakan dalam pabrik pakan ternak di CV Cahaya Mario di Kabupaten Sidenreng Rappang sehingga dapat memahami layout pabrik agar alur pengolahan bisa berjalan lancar.
3. Menganalisis kelayakan ekonomi alat dan mesin yang digunakan dalam pengolahan pakan ternak di CV Cahaya Mario di Kabupaten Sidrap melalui analisis finansial.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi:

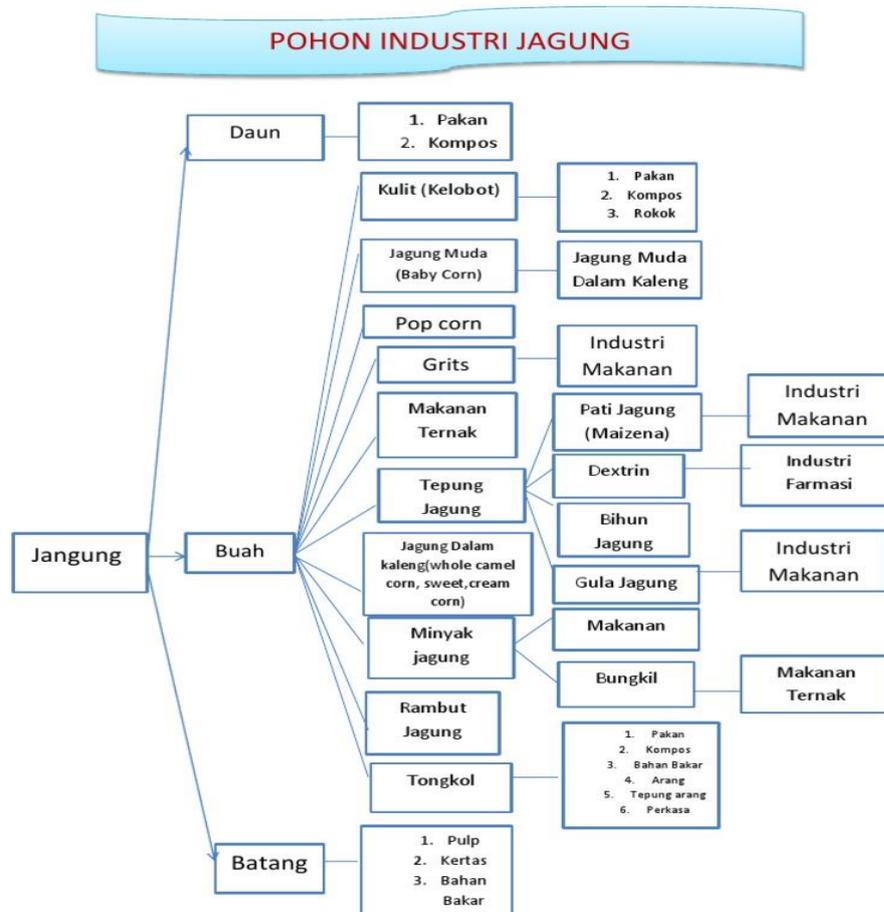
1. Para pelaku industri pakan ternak untuk memperoleh informasi mengenai potensi dan manfaat ekonomi dari pengolahan jagung secara keseluruhan dalam upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat.
2. Pemerintah pusat, pemerintah daerah maupun *stakeholder* terkait lainnya yang berperan dalam pengelolaan dan pengembangan agroindustri pengolahan jagung.
3. Akademisi, sebagai informasi dan rujukan dalam pengembangan disiplin ilmu dan penelitian selanjutnya, khususnya mengenai pengembangan agroindustri pakan ternak berbasis komoditi jagung.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Industri Jagung

Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian yang strategis dan bernilai ekonomis, serta mempunyai peluang untuk dikembangkan karena kedudukannya sebagai sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras, di samping itu jagung berperan sebagai pakan ternak bahan baku industri dan rumah tangga (Ditjen Tanaman Pangan 2002) .Sebagai bahan pangan yang mengandung 70% pati, 10% protein, dan 5% lemak, jagung mempunyai potensi besar untuk dikembangkan menjadi beragam macam produk. Produk turunan potensial yang bisa dihasilkan dari komoditas jagung disajikan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 : Pohon Industri Jagung

Pemanfaatan jagung sendiri secara umumnya dibagi 4 yaitu :

1. Bahan pangan : sebagai bahan pangan pengganti beras, jagung biasanya diolah menjadi makanan seperti menjadi nasi jagung, jagung campuran beras, bubur jagung dan masih banyak lagi makanan tradisional yang terbuat dari jagung.
2. Bahan pakan ternak : selain mampu memenuhi kebutuhan nutrisi untuk manusia, jagung juga mampu memenuhi kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh hewan ternak. Tidak jarang para peternak mencampurkan jagung ke dalam formula pakan yang mereka buat. Tidak hanya bulir jagung, tongkol jagung yang sering menjadi limbah pun bermanfaat dan dapat diolah menjadi pakan ternak. Bahkan, ada formula pakan ternak yang mencampurkan jagung sebanyak 50 persen. Pakan jagung biasanya diberikan pada hewan ternak seperti puyuh, ayam, dan itik.
3. Bahan baku industri : Bulir jagung dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi minyak dan dibuat menjadi tepung. Tongkol jagung yang memiliki kandungan pentosa umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang diolah dengan cara digiling kering, biasanya akan menghasilkan tepung jagung atau maizena. Jagung yang digiling basah biasanya akan menghasilkan pati, sirup, gula jagung, minyak, dan dekstrin. Sementara, jagung yang didestilasi dan fermentasi biasanya akan menghasilkan etil alkohol, aseton, asam laktat, asam sitrat, gliserol, dan lain-lain.
4. Bahan Baku Bioethanol : Jagung juga dapat diolah menjadi bioethanol melalui pengolahan menggunakan teknologi modern. Bioethanol dianggap sebagai solusi untuk mengatasi masalah ketergantungan terhadap bahan bakar yang berasal dari energi fosil yang kian menipis persediaannya dan tidak bisa diperbaharui.

Pemanfaatan jagung di Kabupaten Sidrap belum menjadikan jagung sebagai bahan pangan utama pengganti beras. Pemanfaatan jagung hanya untuk sebagai bahan baku industri saja. Dari data dinas perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sidrap tahun 2019, ada 15 sentra Industri jagung yang didirikan dimana hanya 1 (satu) industri yang mengolah jagung menjadi pakan ternak.

Tabel 2.1 : Data Industri Jagung di Kabupaten Sidrap Tahun 2019

No.	Nama Usaha	Kegiatan
1.	US. Nasir	Tepung Jagung
2.	Usaha Peternakan	Tepung Jagung
3.	UD. Karya Amal	Tepung Jagung
4.	Madinah Indah	Tepung Jagung
5.	US. Nasir	Tepung Jagung
6.	Suryanti PS	Tepung Jagung
7.	UD. Arham	Tepung Jagung
8.	Usaha Mandiri	Tepung Jagung
9.	CV. Cahaya Mario	Tepung Jagung
10	UD. Muh. Azhar	Tepung Jagung
11	Batu Lappa	Pembersihan Jagung
12	Anugrah	Pembersihan Jagung
13	PB. Kurnia	Pembersihan Jagung
14	Usaha 271 (PSL)	Pembersihan Jagung
15	UD. Merpati Putih	Pakan Ternak

Sumber : Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Sidrap. 2019.

Industri pakan ternak terutama unggas merupakan kegiatan agribisnis hilir yang terpenting dalam agribisnis jagung. Untuk pembuatan pakan ternak memerlukan jagung sebanyak 50% dari total kebutuhan nasional. Dalam kurun waktu 2005-2020, industri pakan memerlukan jagung sebesar 51,5 % dari kebutuhan jagung nasional, dan bahkan setelah tahun 2020 lebih dari 60 % dari kebutuhan tersebut.

Sekitar 90 % produksi pakan di Indonesia merupakan jenis pakan untuk ternak unggas. Dalam formulasi pakan unggas, jagung digunakan sebagai bahan pakan sumber energi dengan komposisi sekitar 40-50 %. Energi adalah sumber tenaga untuk aktivitas dan proses produksi dalam tubuh ternak (Anggorodi, 1995). Energi yang dikonsumsi oleh ayam digunakan untuk pertumbuhan jaringan tubuh, produksi, aktivitas fisik dan mempertahankan temperatur tubuh normal (Wahyu, 2004). Jagung sebagai bahan pakan sumber energi unggas paling disukai formulator dan sulit digantikan dengan bahan lain, karena menghasilkan kinerja ayam ras yang paling baik serta menghasilkan performance daging dan telur yang disukai konsumen Indonesia. Dalam ransum unggas baik ayam pedaging maupun petelur, jagung menyumbang lebih dari separuh energi yang dibutuhkan ayam. Tingginya kandungan energi jagung berkaitan dengan tingginya kandungan pati (> 60%) pada biji jagung. Selain itu, jagung juga mempunyai kandungan serat kasar yang relatif rendah sehingga cocok untuk pakan ayam.

## 2.2. Standar Nasional Indonesia (SNI)

### 2.2.1 SNI Pakan Ternak untuk Ayam Ras Petelur

Berdasarkan SNI yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) dengan no SNI 01-3928-2006, menjabarkan tentang persyaratan mutu pakan ayam ternak sesuai dengan tabel dibawah ini :

Tabel 2.2. : SNI Pakan Ternak untuk Ayam Ras Petelur

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Kadar air	%	Maks 14,0.
2	Protein Kasar	%	Min 15,0
3	Lemak Kasar	%	Maks 7,0
4	Serat Kasar	%	Maks. 7,0
5	Abu	%	Maks. 8,0
6	Kalsium (Ca)	%	0,90 – 1,20
7	Fosfor (P) total	%	0,60 – 1,00
8	Fosfor Tersedia	%	Min. 0,35
9	Energi Metabolisme	Kkal/Kg	Min 2600
10	Total aflatoksin	µg/Kg	Maks. 50,0
11	Asam Amino		
	- Lisin	%	Min. 0,65
	- Metionin	%	Min. 0,30
	- Metionin + Sistin	%	Min. 0,50

Sumber: BSN, 2006

SNI tahun 2008 tentang persyaratan mutu atau gizi pakan diklasifikasikan sesuai dengan umur atau periode pertumbuhan

Tabel 2.3 : Persyaratan Mutu dan Gizi untuk Ternak Ayam Petelur

Zat Makanan	Kebutuhan Sesuai dengan periode pertumbuhan			
	0 – 6 (starter)	6 -12 (grower)	12-18 (developer)	>18 (layer)
Energi Metabolis (Kkal/kg)	2.800,00	2.800,00	2.850,00	2.850,00
Protein Kasar (%)	17,00	15,00	14,00	16,00
Lemak (%)	1,00	1,00	1,00	1,00
Kalsium (%)	0,90	0,80	0,80	1,80
Phospor (%)	0,40	0,35	0,30	0,35

Sumber : NRC (1994), SNI (2008)

Bahan baku harus bebas dari residu dan zat kimia yang membahayakan seperti pestisida dan bahan lain yang tidak diinginkan. Bahan baku pakan ini menjamin kesehatan dan ketentraman batin masyarakat konsumen hasil

peternakan. Jenis bahan imbuhan dan pelengkap pakan yang dapat digunakan adalah: a). Bahan imbuhan: pemacu pertumbuhan (growth promotor), penambah kesehatan. b). Pelengkap pakan : vitamin, mineral, asam amino.

Ayam petelur mempunyai 3 fase yang dialami ayam untuk kemudian menghasilkan telur, dimana setiap fasenya, tekstur pakan dan kandungan gizi yang digunakan juga berbeda.

#### 1. Fase *Starter*

Merupakan fase dimana pemeliharaan ayam dimulai dari umur 1 hari (DOC) sampai umur 6 – 8 minggu. Pakan pada periode ini mempunyai tingkat protein sangat tinggi mencapai 20 % dengan biaya yang cukup tinggi untuk pemeliharannya. Fase pemeliharaan *starter* ini merupakan fase yang sangat penting untuk keberlanjutan dalam ternak ayam petelur sampai pada fase-fase berikutnya, sebab penanganan yang salah pada fase *starter* akan berdampak pada fase *grower* dan *layer*.

#### 2. Fase *Grower*

Fase *grower* adalah ayam berumur 6 – 13. Pemberian pakan pada fase ini dibatasi agar ayam petelur tidak terlalu gemuk karena akan berpengaruh pada penurunan produksi telur. Kadar protein pada pakan lebih berkurang dibandingkan pada fase *starter*.

#### 3. Fase *Finisher*

Fase *finisher* atau juga lebih dikenal sebagai fase *layer*, dimana umur ayam 12 – 20 minggu. Fase *layer* adalah fase dimana ayam sudah bisa menghasilkan telur. Oleh karena itu kandungan protein lebih rendah dari fase *starter* dan *grower* dimana tekstur pakannya berukuran besar untuk memudahkan ayam untuk memakannya.

### 2.2.2 SNI untuk Jagung

Mutu jagung sebagai bahan pakan ternak didasarkan atas kandungan gizi dan ada tidaknya zat atau bahan lain yang tidak diinginkan. Jagung sebagai bahan pakan ternak digolongkan dalam 2 (dua) tingkatan mutu yaitu mutu I dan mutu II. Pada SNI no 01-4483-1998, pakan ternak hanya digolongkan dalam 1 tingkatan mutu, yang kemudian direvisi berdasarkan usulan dari pemangku kepentingan sebagai upaya untuk memberikan jaminan mutu bagi produsen dan konsumen.

Persyaratan mutu jagung sebagai bahan pakan ternak sesuai SNI no 4483 : 2013 dapat dilihat pada Tabel 2.4 :

Tabel 2.4 : Persyaratan Mutu Jagung sebagai Pakan Ternak

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	
			Mutu I	Mutu II
1	Kadar Air (maks)	%	14,0	16,0
2	Protein Kasar (Min)	%	8,0	7,0
3	Mikotoksin			
	- Aflatoksin (maks)	µg/Kg	100,0	150,0
	- Okratoksin (maks)	µg/Kg	20	Tidak dipersyaratkan
4	Biji Rusak (maks)	%	3,0	5,0
5	Biji Berjamur (maks)	%	2,0	5,0
6	Biji Pecah (maks)	%	2,0	4,0
7	Benda Asing (maks)	%	2,0	2,0

Sumber : SNI, 2013.

Istilah dari biji pada tabel di atas yaitu :

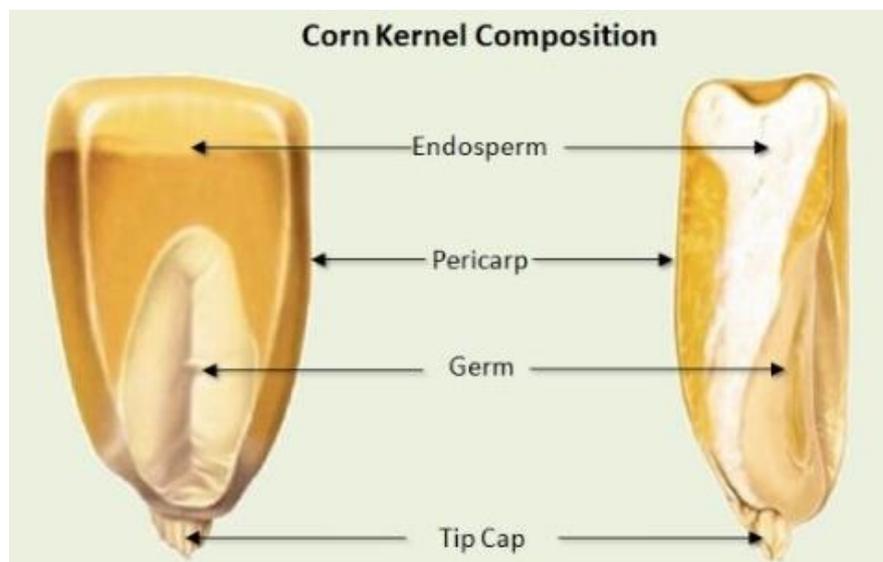
- Biji rusak : biji jagung yang utuh maupun pecah yang mengalami kerusakan karena pengaruh mekanis, biologis, fisik dan enzimatik.
- Biji berjamur : biji jagung yang sudah terserang jamur, yang warnanya sudah berubah dari warna aslinya
- Biji pecah : biji jagung pecah yang selama proses pengolahan yang mempunyai ukuran 0.6 bagian jagung yang utuh.
- Benda asing : semua benda selain biji jagung

### 2.3. Karakteristik Biji Jagung

Menurut Pranoto (1990), biji adalah ovule yang dewasa. Pembentukan biji terbentuk dari satu atau lebih pada ovarium pada legumen. Biji merupakan perkembangan lanjut dari bakal biji yang telah matang dan sudah dibuahi. Istilah biji biasanya digunakan dalam komoditas bahan pangan atau alat perkembangbiakan penerus spesiesnya.

Biji jagung disebut kariopsis, dinding ovari atau perikarp menyatu dengan kulit biji atau testa, membentuk dinding buah. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu (a) pericarp, berupa lapisan luar yang tipis, berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air; (b) endosperm, sebagai cadangan makanan, mencapai 75% dari bobot biji yang mengandung 90% pati dan 10% protein, mineral, minyak, dan lainnya; dan (c) embrio (lembaga), sebagai miniatur tanaman yang terdiri atas plumule, akar radikal, scutelum, dan koleoptil (Hardman and Gunsolus 1998).

Biji jagung melekat dan berkembang pada tongkol jagung. Biji jagung dibagi menjadi 3 tempat, yaitu 20 % bagian pangkal, 60 % bagian tengah dan 20 % bagian ujung tongkol. Pada umumnya biji jagung yang digunakan sebagai benih hanya bagian tengahnya saja, yaitu sekitar 60 % dan yang bagian pangkal serta ujung masing-masing 20% dijadikan sebagai bahan konsumsi (Warisno, 1998). Biji jagung mengandung pati 54,1 - 71 % dan gulanya 2,6 - 12 %. Sedangkan komponen lainnya adalah serat kasar, desktrin, sukrosa dan gula pereduksi. Pati jagung mempunyai ukuran granula yang cukup besar dan tidak homogen. Granula yang besar berbentuk oval, dan granula yang lebih kecil memperlihatkan ketahannya terhadap perlakuan panas. Sehingga pati jagung memperlihatkan nilai suhu gelatinisasi yang lebih rendah dari ukuran granula yang lebih besar. Jagung mempunyai beragam jenis pati, mulai dari nilai amilopektin yang rendah sampai tinggi. Terdapat jenis jagung yang mempunyai kandungan amilopektin 74 – 76 % dan juga mengandung 99% amilopektin. Atau yang rendah yaitu 40 – 70 %. Disamping itu ada jenis jagung manis yang mengandung sukrosa disamping pati. Biasanya jagung normal mengandung amilosa 15 – 25 %, kalo jagung manis, amilosanya 22,8% (Suryani, n.d.)



Gambar 2.2 : Komposisi Biji Jagung (*Food Processing*, 2014)

#### **2.4. Karakteristik Bungkil Kedelai**

Bungkil kacang kedelai (BKK) atau disebut *Soybean Meal* merupakan salah satu bahan pakan unggas sebagai sumber protein nabati. Sebagian besar dari peternak ayam petelur melakukan *self mixing* pada pakan ayam-nya dan salah satu bahan pakannya adalah bungkil kedelai. Proses mixing berbagai bahan untuk olahan pakan, juga dimaksudkan untuk mengurangi biaya pakan itu sendiri. Menurut Sudarmadji (2003), bahan baku pakan yaitu segala sesuatu yang dapat diberikan pada ternak baik berupa pakan organik maupun anorganik yang dapat dicerna tanpa mengakibatkan adanya gangguan kesehatan pada ternak yang memakannya.

Bungkil kacang kedelai atau bungkil kedelai merupakan produk hasil ikutan penggilingan kacang kedelai utuh yang telah diambil minyaknya dengan proses *ekstraksi* dan atau proses pemerasan secara mekanis. Bungkil kedelai dibuat melalui beberapa tahapan seperti pengambilan lemak, pemanasan, dan penggilingan (Boniran 1999). Sebagai bahan makanan sumber protein asal tumbuhan, bungkil ini mempunyai kandungan protein yang berbeda sesuai kualitas kacang kedelai. Kisaran kandungan protein bungkil kedelai mencapai 44 – 51 %. Hal ini selain oleh kualitas kacang kedelai juga macam proses pengambilan minyaknya. Pada dasarnya bungkil kedelai dikenal sebagai sumber protein dan energi (Rasyaf, 1994)

Sekitar 50 % protein untuk pakan unggas berasal dari bungkil kedelai dan pemakaiannya untuk pakan ayam pedaging berkisar antara 15 – 30 %, sedangkan untuk pakan ayam petelur 10 – 25 % (Wina, 1999). Kandungan protein bungkil kedelai mencapai 43 – 48 %. Bungkil kedelai juga mengandung zat antinutrisi seperti tripsin inhibitor yang dapat mengganggu pertumbuhan unggas, namun zat antinutrisi tersebut akan rusak oleh pemanasan sehingga aman untuk digunakan sebagai pakan unggas. Bungkil kedelai yang baik mengandung air tidak lebih dari 12 % (Hutagalung, 1999). Tabel 2.5 menunjukkan persyaratan mutu berdasarkan SNI 01.4427-1996.

Tabel 2.5. Persyaratan Mutu Bungkil Kedelai

Komposisi	Bungkil Kedelai		
	Mutu I	Mutu II	Mutu III
Air (%) Maksimum	12	12	12
Protein Kasar (%) Minimum	47	44	41
Serat Kasar (%) Maksimum	6,0	6,5	9
Abu (%) Maksimum	6	7	8
Lemak (%) Maksimum	3,5	3,5	5
Ca (%)	0,2- 0,4	0,2- 0,4	0,2- 0,4
P (%)	0,5 – 0,8	0,5 – 0,8	0,5 – 0,8
Aflatoksin (ppb) Maksimum	40	50	50

Sumber : SNI. 01.4227-1996

BKK yang baik ukuran partikelnya lebih seragam dan tidak ada penggumpalan. Gumpalan BKK terjadi karena kadar air yang tinggi sehingga ditumbuhi jamur. Jika gumpalan BKK mudah hancur dengan tangan, hal ini akibat tekanan ketika BKK ditumpuk. Pengamatan fisik BKK juga dapat mengidentifikasi cemaran bahan lain (*foreign materials*) seperti butiran jagung, bijian lain, serangga dan kotoran.



Gambar 2.3. Berbagai Warna dan Tekstur dari Bungkil Kedelai  
(sumber : [www.poultryindonesia.com](http://www.poultryindonesia.com).2021)

## 2.5 Mesin-Mesin Industri Pakan

Mesin yang dijelaskan dibawah berikut adalah yang terkait dalam pengolahan pakan biji jagung.

### 2.5.1. Mesin Pemipil Jagung/*Corn Sheller*

*Corn Sheller*/ Mesin Pemipil Jagung / Mesin Perontok Jagung adalah alat mesin pertanian yang digunakan sebagai mesin pemipil jagung. Alat mesin ini bisa memisahkan biji jagung dari tongkolnya menjadi jagung pipilan. Mesin pertanian ini berfungsi sebagai mesin pemipil jagung, yang bisa menghasilkan jagung pipilan dalam jumlah banyak dalam waktu yang cepat



Gambar 2.4 : Mesin Pemipil Jagung

Tabel 2.6 : Spesifikasi Mesin Pemipil Jagung

Keterangan	Ukuran
Type	UK 09 B
Panjang	1640 mm
Lebar	1455 mm
Tinggi	1660 mm
Kapasitas	1230,50 kg/jam
<b>Unit Pemipil</b>	
Silinder Pemipil	
- Panjang	725 mm
- Diameter	330 mm
- Diameter Pully	300 mm
Gigi Pemipil	
- Panjang	± 50 mm
- Jarak antar Gigi	60 – 65 mm
<b>Unit Penggerak</b>	
- Jenis Motor Penggerak	Motor Diesel
- Merk / Model	Kubota RD 85 DI – 1S
- Daya Maksimun	8.5 Hp/2200 Rpm
- System Penyalaan	Engkol
- Sistem Pendingin	Radiator

Sumber : Rumah Mesin, 2020.

### 2.5.2. Mesin *Hammer Mill*

Mesin ini merupakan alat yang berfungsi untuk memperkecil ukuran bahan baku produksi seperti jagung hingga menjadi partikel-partikel tepung yang lebih halus. Dengan didukung martil dengan permukaan yang dilengkapi banyak gerigi yang tajam, mesin dapat menghancurkan berbagai jenis bahan baku dengan maksimal.



Gambar 2.5 : Mesin Hammer Mill

Tabel 2.7 : Spesifikasi Mesin *Hammer Mill*

Bahan Material	Pisau
Merk	Andaro
Bahan Bakar	Bensin
Kapasitas Produksi	50 kg/Jam – 200 kg/jam
Materi Pembuat	Besi Baja
Rangka	Besi UNP 65
Tingkat Kehalusan	Sangat Halus
Dimensi Produk	90 x 700 x 1200 mm

Sumber : Rumah Mesin, 2020.

### 2.5.3. Mesin Penepung *Alloy Steel*

Mesin penepung *Alloy Steel* atau sering disebut *Disk Mill* adalah mesin untuk membuat aneka tepung. Tujuan proses penepungan ini adalah untuk mempermudah dalam pemakaian, pengemasan dan yang terpenting adalah mudah dalam pengangkutan.



Gambar 2.6 : Mesin Alloy Steel

Tabel 2.8 : Spesifikasi Mesin *Alloy Steel*

Nama	Keterangan
Kapasitas	200 Kg – 300 kg/Jam
Dimensi	1100 mm x 700 mm x 1200 mm
Penggerak	Diesel
Energi yang Digunakan	Solar
Daya (Power)	12 – 16 HP
Bahan Material	Steel Aloy
Rangka	Besi Siku 50 / 50 & Besi UNP

Sumber : Rumah Mesin, 2020.

#### 2.5.4. Mesin Pengaduk Adonan

Mesin pengaduk pakan ternak adalah alat pencampur pakan bahan kering berbentuk butiran dan aneka adonan kering yang biasanya digunakan untuk pakan ternak. Alat mesin ini dirancang khusus untuk mencampur aneka jenis bahan berbentuk butiran atau tepung sekaligus.



Gambar 2.7 : Mesin Pengaduk Adonan

Tabel 2.9 : Spesifikasi Mesin Pengaduk Adonan

Nama	Keterangan
Dimensi	1500 mm x 1200 mm x 1200 mm
Kapasitas	200 Kg/Proses
Penggerak	Motor Diesel 8 PK
Bahan	Stainless Steel / Platezer
Sistem	Screw
Bak	Setengah Tabung 100 x 1200 mm

Sumber : Rumah Mesin, 2020

#### 2.5.5. Mesin Pengering Pakan Ayam *Rotary Dryer*

Mesin pengering pakan ayam *rotary dryer* adalah sebuah alat atau mesin yang memiliki fungsi untuk mengeringkan pakan ayam dengan system *rotary dryer*. Mesin ini termasuk dalam rangkaian alat pemrosesan dan produksi pakan ternak ayam.



Gambar 2.8 : Mesin Pengering Pakan Ayam *Rotary Dryer*

Tabel 2.10 : Spesifikasi Mesin Pengering Pakan Ayam *Rotary Dryer*

Nama	Keterangan
Kapasitas	120 Kg/Proses
Dimensi	6600 mm x 800 mm x 1550 mm
Penggerak	Diesel
Daya (Power)	8 PK (Motor Diesel)
Energi yang digunakan	Solar dan Gas LPG
Model	Rotary Dryer (Pengering Berputar)
Rangka	Besi Siku
Bahan Rotari	Platezzer
Sistem Pemanas	Kompur Gas

Sumber : Rumah Mesin, 2020.

#### 2.5.6. Mesin Sortasi Pakan Ayam (Pelet)



Gambar 2.9 : Mesin Sortasi Pelet

Tabel 2.11 : Spesifikasi Mesin Sortasi Pelet

Nama	Keterangan
Kapasitas Proses	1.2 Ton
Dimensi Mesin	2400 mm x 1250 mm x 840 mm
Penggerak	Motor Bensin Merek Honda
Daya (Power)	5.5 HP
Energi yang dibutuhkan	Bensin
Transmisi	Sabuk V Belt dan Pulley
Rangka Mesin	Baja Profil Kotak
Pemisah Biji	Ayakan Stainless Steel

Sumber : Rumah Mesin, 2020

Mesin ini adalah sebuah alat atau mesin yang memiliki fungsi untuk menyortasi pakan ayam yang sudah kering sesuai ukuran yang telah ditentukan. Mesin ini termasuk dalam rangkaian alat pemrosesan dan produksi pakan ternak ayam.

## 2.6. Keseimbangan Massa dan Energi

### 2.6.1 Keseimbangan Massa

Istilah keseimbangan massa berasal dari kata “*mass balance*” atau dapat juga diartikan sebagai “neraca bahan” atau “keseimbangan materi”. Perhitungan keseimbangan massa dikembangkan dengan cara merunut jumlah bahan yang masuk (*inflow*) dan jumlah bahan yang keluar (*outflow*) dari suatu proses, dengan cara menghitung jumlah satuan semua bahan yang digunakan, jumlah satuan produk yang dihasilkan, jumlah satuan bahan yang tertahan dalam sistem, dan jumlah bahan yang terbuang selama proses.

Prinsip keseimbangan massa/materi banyak digunakan dalam mendesain suatu proses pengolahan pangan (pengupasan, sortasi, ekstraksi, pengeringan, evaporasi) atau formulasi produk baru. Prinsip dari keseimbangan massa itu sendiri adalah total berat yang masuk (*inflow*) ke dalam suatu tahap proses atau proses keseluruhan akan sama dengan total berat dari *outflow*. Perubahan yang terjadi adalah perubahan wujud dari *input* ke *output* dalam bentuk lain. Bahan yang masuk ke dalam suatu tahap proses dapat berupa satu jenis bahan atau lebih, begitu juga bahan yang keluar dapat berupa satu atau lebih produk yang dikehendaki, limbah (*waste*) ataupun kehilangan yang tidak terkontrol (Wirakartakusuma, 1989)

Jika akumulasi = 0,  $inflow = outflow$ , maka proses tersebut disebut berada pada kondisi “steady state”. Jika akumulasi  $\neq 0$  dan jumlah serta konsentrasi komponen dalam sistem dapat berubah seiring dengan pertambahan waktu, maka proses tersebut disebut berada pada kondisi “unsteady state”.

Suatu proses apa pun jika tidak ada akumulasi sisa bahan dalam peralatan prosesnya maka jumlah bahan yang masuk akan sama dengan jumlah yang keluar. Dengan kata lain, dalam suatu sistem apa pun jumlah materi dalam sistem akan tetap walaupun terjadi perubahan bentuk atau keadaan fisik. Oleh sebab itu, jumlah bahan yang masuk dalam suatu proses pengolahan pangan akan sama dengan jumlah bahan yang keluar sebagai produk yang dikehendaki ditambah jumlah yang hilang dan atau yang terakumulasi dalam peralatan pengolahan. Secara matematis dapat dinyatakan :

$$m_l = m_{in} - m_{out} \quad (2.6.1)$$

dimana :

$m_l$  = Massa yang hilang

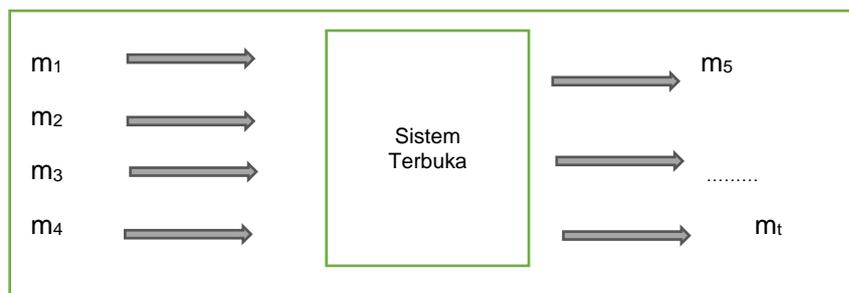
$M_{in}$  = Massa yang masuk

$M_{out}$  = Massa yang keluar

Kesetimbangan massa merupakan dasar perhitungan untuk proses pencampuran (blending) bahan pangan selama pengolahan dan juga sebagai dasar perhitungan untuk proses-proses pemisahan (separations process) seperti evaporasi, dehidrasi, destilasi, absorpsi, dan ekstraksi. Konsep kesetimbangan massa dalam industri pengolahan pertanian sangat penting dimana merupakan parameter pengendali dalam proses penanganan khususnya dapat dipakai untuk mengetahui hasil yang diperoleh dari suatu proses.

Konsep kesetimbangan merupakan parameter pengendali dalam proses penanganan (khususnya dapat dipakai untuk mengetahui hasil yang diperoleh dari suatu proses). Massa bahan yang melewati operasi pengolahan dapat dijelaskan melalui kesetimbangan massanya. Kesetimbangan massa digunakan untuk mengetahui keluar-masuknya (*inflow-outflow*) bahan dalam suatu proses. Selain itu kesetimbangan massa juga digunakan untuk menetapkan jumlah/kuantitas berbagai bahan dalam setiap aliran proses.

Proses pengolahan pangan untuk menghasilkan produk akhir perlu beberapa tahapan proses. Setiap sub proses mempunyai kesetimbangan massa sendiri-sendiri.



Gambar 2.10 : Sistem Terbuka dengan aliran massa masuk dan keluar

a. Kesetimbangan massa total

Kesetimbangan massa dapat dievaluasi secara total, artinya membuat persamaan matematika dengan menghitung setiap tahapan proses pengolahan yang dilaluinya Ada 2 pengertian:

1. Total massa semua input dan output yang terlibat dalam proses
2. Total proses yang terlibat dalam aliran bahan

Persamaan yang digunakan adalah hukum kekekalan massa :

$$\sum_{in} m = \sum_{out} m \quad (2.6.2)$$

b. Kesetimbangan massa komponen

Komponen adalah sesuatu yang terkandung dlm bahan seperti kadar air, abu, protein, lemak dan lain-lain. Dalam kesetimbangan massa, kadang-kadang tidak cukup untuk memandang secara total dari bahan yang masuk tapi perlu mempertimbangkan kesetimbangan komponen, seperti pencampuran bahan protein tinggi dan protein rendah, harus memperhatikan kadar protein yang harus dicapai.

Kadar protein di sini digunakan sebagai komponen indikator dalam pemecahan masalahnya. Cara pemecahan masalah dengan memperhatikan komponen bahan ini disebut kesetimbangan komponen. Kesetimbangan komponen juga berarti memperhatikan suatu tahapan proses tertentu dari seluruh rangkaian proses yang dilalui bahan, misalnya pada tahap pencampuran, pengeringan, evaporasi/pemekatan, pengenceran.

$$\sum \text{Massa } A = \frac{\text{Massa Komponen } A}{\text{Massa Fraction Komponen } A} \quad (2.6.3)$$

Sedangkan untuk memisahkan massa padatan dari massa air adalah :

$$M_p = M_{tb} - (KA_{awal} \times M_{tb}) \quad (2.6.4)$$

Dimana :

$M_p$  = Massa padatan

$M_{tb}$  = Massa total bahan

$KA_{awal}$  = Kadar air awal

c. Basis

Dalam proses yang terputus (*batch*), jumlah input bahan ke dalam proses dapat diketahui dengan mudah. Namun, dalam proses yang berkesinambungan (*continue*) kadang-kadang sulit untuk mengetahui secara tepat jumlah output dan input sehingga jumlah bahan yang masuk tidak diketahui dengan tepat. Untuk itu, suatu proses di mana jumlah input dan output tidak diketahui dengan pasti maka dapat digunakan bilangan bulat tertentu sebagai perumpamaan. Bilangan bulat yang digunakan, misalnya 100 kg, 1000 kg (per satuan waktu tertentu), sesuai dengan kebutuhan. Bilangan bulat yang digunakan sebagai perumpamaan disebut basis. Basis dapat diberikan pada masukan ataupun luarannya. Biasanya pemilihan apakah di

masukan (*input*) atau luaran (*output*) tergantung dari cabang rantai masukan atau luaran. Sebagai pedoman umumnya dipilih yang cabang paling sedikit.

d. *Tie material*

*Tie material* adalah komponen yang selama pengolahan tidak mengalami pengurangan jumlah sehingga komponen ini dapat menghubungkan antara sub proses yang satu dengan yang berikutnya. Total padatan dalam proses pengeringan, kandungan lemak dalam evaporasi susu dan lain-lain

Langkah-langkah menyelesaikan proses kesetimbangan massa

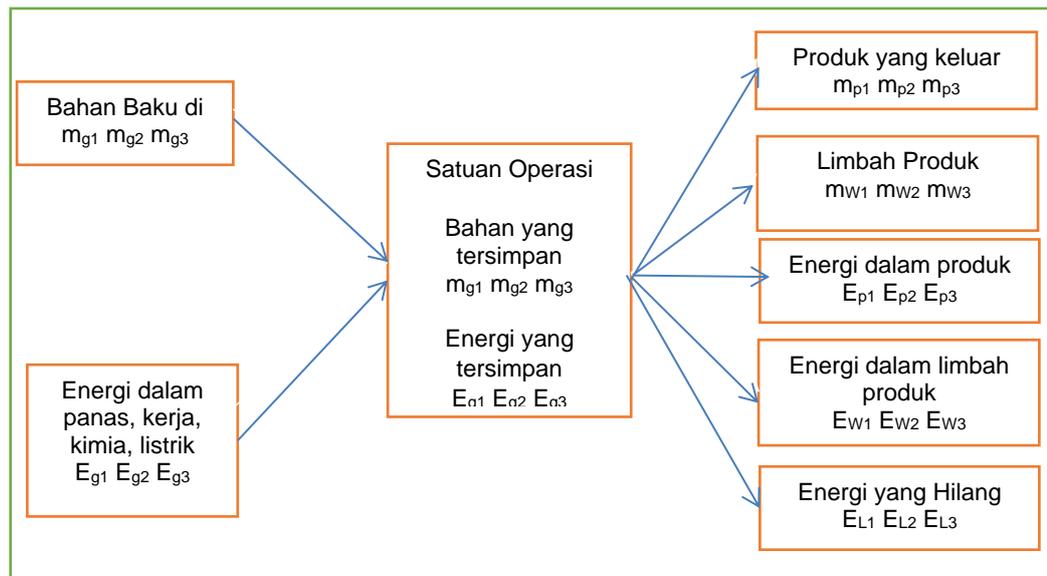
1. Menentukan terlebih dahulu alat-alat proses apa saja yang digunakan dalam kegiatan penanganan atau pengolahan yang dimaksud dalam proses.
2. Menggambar sketsa atau diagram yang mendeskripsikan jalannya proses dan mengidentifikasi semua informasi yang tersedia.
3. Menentukan batas dari sistem dengan membuat garis putus-putus pada semua kegiatan operasional dalam keseluruhan proses lalu mengidentifikasi semua input (*inflows*) dan output (*outflows*) agar semua bagian proses yang mempengaruhi distribusi dari seluruh atau sebagian komponen dapat diketahui secara jelas.
4. Menggunakan simbol atau huruf untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang belum diketahui jumlah atau kuantitasnya.
5. Menuliskan persamaan kesetimbangan massa yang mungkin, baik persamaan secara total maupun sebagian proses dengan terlebih dahulu menentukan basis perhitungan yang sesuai.
6. Menyelesaikan persamaan-persamaan aljabar yang diperoleh secara matematis.

#### 2.6.2 Kesetimbangan Energi

Kesetimbangan energi pada suatu sistem didasarkan pada prinsip/hukum kekekalan energi, yaitu bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Kesetimbangan energi akan berkesinambungan dengan prinsip kesetimbangan massa sehingga prinsip perhitungan yang digunakan kesetimbangan energi mirip dengan kesetimbangan massa

Kesetimbangan energi merupakan kondisi ketika jumlah energi yang berada di dalam sistem selalu sama. Energi ini bisa berupa energi kinetik, energi potensial, energi kalor dan lain-lain. Bentuk energi ini dapat berubah menjadi bentuk energi lainnya. Bentuk-bentuk energi tersebut dapat berupa menjadi bentuk energi lainnya sehingga total energi pada suatu sistem akan selalu sama.

Setelah keseimbangan massa dievaluasi, keseimbangan energi dapat ditentukan dengan menggunakan laju aliran massa yang sesuai. Ini membantu untuk mewakili keseimbangan energi dalam bentuk diagram alur (sama untuk neraca massa) menggunakan satuan panas (J, kJ, atau GJ) persatuan waktu (s atau h).



Gambar 2.11 : Diagram Kesetimbangan Massa dan Energi pada Industri ([www.aeroengineering.com](http://www.aeroengineering.com), 2021)

Deskripsi singkat tentang langkah-langkah penghitungan energi dalam metode ini (Singh, 1986) sebagai berikut:

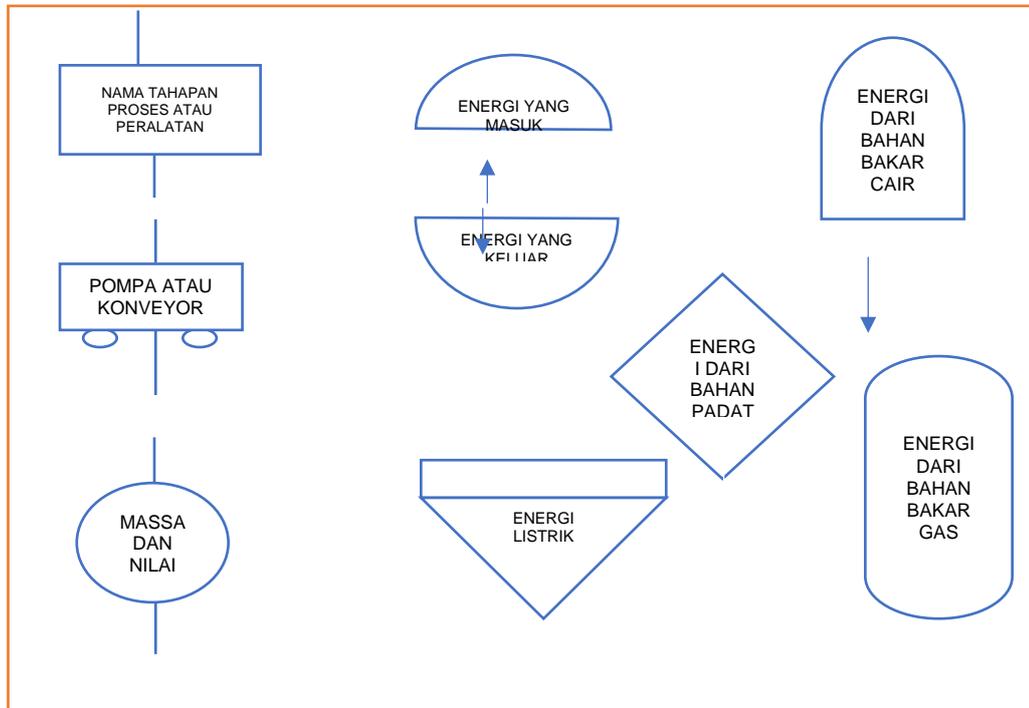
### 1. Penentuan tujuan.

Studi tentang perhitungan energi tergantung pada apa yang sebenarnya ingin dicapai. Contohnya adalah mencari informasi yang diperlukan untuk mengembangkan penggunaan energi untuk pabrik pengolahan makanan yang diberikan. Tujuannya untuk menyelidiki kemungkinan modifikasi teknologi dan rekayasa pada peralatan pengolahan makanan untuk mendapatkan penghematan energi.

### 2. Pemilihan batas sistem.

Sebuah batas sistem memungkinkan pilihan dalam memilih item yang akan dipertimbangkan atau diabaikan dalam studi perhitungan energi. Ini penting untuk menafsirkan hasil dengan benar, dan untuk menentukan total biaya penelitian.

### 3. Proses diagram alir atau proses pembuatan *flowchart*.



Gambar 2.12 : Simbol Energi dan *Flowchart* untuk Kestimbangan Massa (Singh, 1986)

Diagram alir ini membantu dalam mengidentifikasi berbagai jenis peralatan termasuk dalam perhitungan energi. Singh (1978) mengusulkan simbol yang berguna dalam menggambar *flowchart* perhitungan energi atau neraca energi. Simbol-simbol ini ditunjukkan dalam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12.

#### 4. Mengidentifikasi masukan massa dan energi.

Setiap massa dan masukan energi yang melintasi batas sistem harus diidentifikasi dengan benar. Laju aliran massa bahan utama seperti buah, susu, daging, dan bahan lain seperti gula, garam, air, dan lain-lain harus diidentifikasi. Energi laju aliran dari berbagai sumber seperti uap, panas dan air dingin, udara panas dan dingin, listrik, panas transfer dengan konduksi melalui dinding sistem atau isolasi, dan sebagainya juga harus diidentifikasi.

#### 5. Mengukur input massa dan energi.

Menggunakan lama proses sebagai dasar, laju aliran massa dan masukan energi harus diukur. Jumlah keseluruhan yang memasuki proses untuk pengukuran aliran massa dan energi harus cukup untuk memungkinkan

pengamatan setiap variasi. Langkah ini dapat melibatkan pemasangan alat ukur massa dan energi untuk jangka pendek waktu (jika laju aliran diukur dalam kondisi tetap), atau untuk waktu yang lama, jika aliran terukur mengalami perubahan. Langkah terakhir ini dapat dilakukan secara otomatis melalui pengukur aliran yang terhubung ke titik peralatan yang dianalisis. Perangkat ini merekam nilai laju aliran untuk jumlah waktu yang tetap; data yang direkam kemudian dapat diunduh ke komputer untuk pengolahan data dan bahan diskusi.

#### 6. Mengidentifikasi keluaran massa dan energi.

Mempelajari kesetimbangan massa dan energi di sekitar sistem yang dipilih, perlu dilakukan identifikasi massa dan energi keluaran.

#### 7. Mengukur keluaran massa dan energi.

Sekali massa dan output energi diidentifikasi, yang sesuai kecepatan aliran harus juga diukur.

Teknik pengolahan pangan hubungan massa dan energi sangat erat kaitannya, dimana massa dan energi yang masuk harus sama atau seimbang dengan massa dan energi yang keluar. Hukum kekekalan massa menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan atau dibentuk maupun dihilangkan.

$$m_{in} = m_{out} + m_s \quad (2.6.5)$$

$$b_b = p + m_s + l \quad (2.6.6)$$

Dimana :

$M_{in}$  = Massa yang masuk

$M_{out}$  = massa yang keluar

$M_s$  = massa yang tersimpan

$B_b$  = bahan baku

$P$  = produk

$L$  = limbah

Hukum kekekalan energi, yaitu energi tidak dapat diciptakan atau dibentuk maupun dihilangkan. Energi yang terlibat dalam perpindahan energi adalah energi yang dimiliki system (E), energi panas (Q), kerja (W) dan entalpi (H). Energi dapat dinyatakan dalam satuan Joule dalam system International atau BTU dalam sistim British.

$$Q = \Delta E + W \quad (2.6.7)$$

Secara umum, persamaan kesetimbangan energi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E_s = E_{in} - E_{out} \quad (2.6.8)$$

$$E_{in} = E_p + E_w + E_l + E_s \quad (2.6.9)$$

Dimana :

$E_{in}$  = Energi Masuk

$E_{out}$  = Energi Keluar

$E_s$  = Energi Tersimpan

$E_l$  = Energi yang hilang ke lingkungan

$E_p$  = Energi pada produk

Industri sangat membutuhkan energi listrik dan umumnya listrik yang digunakan adalah listrik 3 phase, dimana pada listrik 3 phase atau 3 fase , daya yang dihasilkan lebih besar karna menggunakan lebih banyak sambungan pada instalasinya. Perhitungan penggunaan energi listrik yaitu :

$$E = P \times t \quad (2.6.10)$$

Dimana :

$E$  = Energi listrik (kwh)

$P$  = Daya (watt)

$t$  = Waktu (jam)

Sedangkan konsumsi energi listrik 3 phase dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \times t \quad (2.6.11)$$

Dimana:

$P$  = Daya (Watt)

$V$  = Voltage atau tegangan (Volt)

$I$  = Kuat arus (Ampere)

$\cos \varphi$  = Faktor daya ( $\varphi$  ), PLN menetapkan besaran tidak boleh kurang dari 0,86

$\sqrt{3}$  = Konstanta yang digunakan apabila memakai listrik 3 phase

$t$  = waktu yang diperlukan untuk menggiling

Berdasarkan persamaan 2.6.11, untuk menghitung efisiensi energi yang digunakan selama proses pengolahan dirumuskan :

$$\eta = \frac{E_k}{M_p} \quad (2.6.12)$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi pemanfaatan energi (MJ/kg)

$E_k$  = Konsumsi Energi (MJ)

$M_p$  = Jumlah bahan yang diproduksi (kg)

Tahapan pengolahan pakan ternak, ada beberapa proses yang terjadi. Proses proses pengecilan ukuran atau *size reduction* biasanya dilakukan pada *hammer mill*. *Size reduction* merupakan pengecilan secara mekanis tanpa mengubah sifat-sifat kimia dari bahan. Pengecilan ukuran meliputi pemotongan, penghancuran dan penggilingan. Tujuan pengecilan ukuran :

- a. Mendukung ekstraksi bahan
- b. Memperoleh produk dengan bentuk dan ukuran seragam sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan
- c. Mempertinggi reaktivitas bahan sehingga proses pengolahan berjalan baik
- d. Memberikan bentuk dan ukuran yang bersifat estetis sehingga memberikan kenampakan yang lebih menarik

Untuk energi pengecilan energi, ada 3 persamaan (*Mc.Cabe*, 1985) yang bisa digunakan yaitu :

#### 1. *Kick's Law*

Energi yang dibutuhkan untuk mengecilkan ukuran partikel berbanding lurus dengan rasio ukuran awal dan ukuran akhir. *Kick's law* memberikan hasil yang bagus untuk penggilingan kasar dimana terdapat sedikit peningkatan luas permukaan per satuan massa

$$E = K_k \ln \left( \frac{d_1}{d_2} \right) \quad (2.6.13)$$

Dimana :

$E$  ( $J/Kg^{-1}$ ) = Energi yang dibutuhkan per massa masukan ( $W/(kg/s)$ )

$K_k$  = Konstanta *Kick*

$d_1$  (m) = Diameter awal rata rata

$d_2$  (m) = Diameter akhir rata-rata

$d_1/d_2$  = Rasio pengecilan ukuran (RR) dan digunakan untuk mengevaluasi performansi relatif pada tipe alat yang berbeda. Penggilingan kasar memiliki RRS di bawah 8:1, dan penggilingan halus rasio bisa lebih dari 100:1.

#### 2. *Rittenger's Law*

Energi yang dibutuhkan proporsional dengan perubahan luas permukaan makanan. *Rittenger's law* memberikan hasil yang bagus untuk penggilingan halus dimana terdapat peningkatan luas permukaan

$$E = K_R \left( \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) \quad (2.6.14)$$

Dimana :

$E$  (J/Kg<sup>-1</sup>) = Energi yang dibutuhkan

$K_R$  = Konstanta Rittenger

$d_1$  (m) = Ukuran bahan awal

$d_2$  (m) = Ukuran bahan hasil gilingan

### 3. Bond's Law

*Bond's law* adalah tengah-tengah diantara *Rittenger's Law* dan *Kick's Law*

$$\frac{E}{W} = \sqrt{\frac{100}{d_2}} - \sqrt{\frac{100}{d_1}} \quad (2.6.15)$$

Dimana :

$E$  (J/Kg<sup>-1</sup>) = Energi yang dibutuhkan per massa masukan (W/(kg/s))

$W$  (J kg<sup>-1</sup>) = Indeks *Bond Law* (40,000 – 80,000 J Kg<sup>-1</sup> (untuk makanan keras seperti gula atau biji-bijian)

$d_1$  (m) = Diameter saringan yang memungkinkan 80% dari massa umpan yang harus dilewati

$d_2$  (m) = Diameter saringan yang memungkinkan 80% dari massa partikel akhir yang harus dilewati

Proses pencampuran atau *mixing*, terjadi pada mesin mixer. Prinsip pencampuran bahan merupakan turunan dari prinsip mekanika fluida dan perpindahan bahan, karena pencampuran bahan akan terjadi bila ada gerakan atau perpindahan bahan yang akan dicampur baik dengan arah aliran axial ataupun radial. Jenis pencampuran dibagi menjadi 2, yaitu (1) pencampuran sebagai proses yang hasilnya merupakan suatu bahan jadi yang siap pakai, dan (2) pencampuran merupakan proses pelengkap agar mempercepat proses lainnya seperti proses pemanasan, pendinginan atau proses reaksi kimia lainnya. Pada proses pencampuran diharapkan agar tercapai keseragaman. Nilai keseragaman ini berbeda-beda tergantung pada tujuan pencampurannya yaitu keseragaman dalam konsentrasi satu macam bahan atau lebih, keseragaman suhu, atau keseragaman fisik. Pencampuran ini dapat terjadi antara bahan padat-padat, padat-cair, padat-gas, cair-cair, car-gas, dan gas-gas.

Besarnya daya untuk mengaduk atau memutar adonan dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (*McDonald, Introduction to Fluid Mechanics, 1997 :434*) sebagai berikut :

$$P = F_D \times v_{\text{pengaduk}} \quad (2.6.16)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho \times v^2 \times A \quad (2.6.17)$$

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \times 1000}, \quad A = \frac{\pi \times d^2}{4 \cos \theta} \quad (\text{A x jumlah pengaduk}) \quad (2.6.18)$$

Dimana :

P = Daya pengaduk (watt)

F<sub>D</sub> = Gaya Pengaduk (N)

C<sub>D</sub> = Coeffisen Drag

ρ = Massa Jenis (Kg/m<sup>3</sup>)

v = Kecepatan pengaduk (m/s)

A = Luasan yang menabrak bahan (m<sup>3</sup>)

Energi panas (heat) merupakan energi peralihan dari satu benda ke benda lain yang disebabkan oleh adanya perbedaan suhu. Energi panas dapat bertanda positif apabila panas ditambahkan ke system atau bertanda negative apabila panas meninggalkan system. Jumlah panas biasanya dinyatakan sebagai hasil kalo massa benda (m), Panas jenis (C<sub>p</sub>) dan perubahan suhu (ΔT)

$$Q = MC_p \Delta T \quad (2.6.19)$$

## 2.7 Biaya

Kemampuan setiap perusahaan untuk berkompetensi secara efektif di pasar domestic dan global sangat tergantung pada efisiensinya dalam menggunakan biaya pada proses produksi, kualitas produk atau layanan yang dihasilkan dan ketepatan waktu peluncuran produk atau jasa yang ditawarkan. Manajemen biaya yang tepat merupakan salah satu cara yang dapat digunakan oleh industri untuk meningkatkan keunggulan kompetitifnya terutama industri atau proyek yang memiliki aset terhitung (*tangible assets*) yang cukup besar (Lapasinskaite, et.al. 2005).

Menurut Alfred Marshal, dalam bukunya yang berjudul *Principles of Economics*, biaya adalah jumlah uang yang harus dikeluarkan untuk memproduksi sesuatu atau harga yang harus dibayar untuk mendapatkan sesuatu (Salengke, 2012). Biaya produksi secara umum dibagi atas dua komponen yaitu biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*). Semua biaya yang harus dikeluarkan dalam suatu pengoperasian harus dimasukkan ke dalam salah satu

dari kedua komponen biaya tersebut. Total biaya yang dikeluarkan setiap periode waktu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$C = \sum BT + \sum BTT \quad (2.7.1)$$

Dimana :

C = total biaya

$\sum BT$  = Jumlah semua biaya tetap

$\sum BTT$  = Jumlah semua biaya tidak tetap.

Biaya tetap adalah biaya yang besarnya relative konstan dalam suatu periode karena tidak dipengaruhi oleh tingkat aktifitas atau realisasi produksi dalam kisaran kapasitas terpasang yang tersedia. Biaya tetap yang dikeluarkan biasanya meliputi biaya penyusutan mesin, gaji pegawai tetap, biaya perizinan. Biaya ini harus tetap dikeluarkan selama industri berdiri walaupun kegiatan industri itu sendiri tidak berjalan.

Biaya tidak tetap merupakan biaya operasional yang berubah sesuai dengan Jumlah output yang dihasilkan atau tingkat aktifitas yang dilaksanakan. Biaya ini meliputi biaya bahan bakar, biaya buruh harian, biaya pemeliharaan dan perbaikan, biaya bahan penunjang, dan biaya penyusutan aset.

## 2.8 Analisis Kelayakan Finansial

Menurut Gittinger, J.P, (1986) *Feasibility studies aim to objectively and rationally uncover the strengths and weaknesses of an existing business or proposed venture, opportunities and threats present in the environment, the resources required to carry through, and ultimately the prospects for success.* Studi kelayakan bertujuan untuk secara obyektif dan rasional mengungkap kekuatan dan kelemahan dari bisnis yang sudah ada atau usaha yang diusulkan, peluang dan ancaman yang ada di lingkungan, sumber daya yang diperlukan untuk melaksanakan, dan akhirnya prospek untuk sukses. Pengertian studi kelayakan menurut Simanjuntak (1992) adalah studi awal untuk merumuskan informasi yang dibutuhkan oleh pemakai akhir, kebutuhan sumber daya, biaya, manfaat dan kelayakan usaha yang diusulkan.

Analisis kelayakan dan biaya sangat diperlukan sebelum merencanakan suatu kegiatan usaha. Hal ini dilakukan untuk memperoleh kepastian pendapatan dari usaha yang menginvestasikan alat dan mesin (Iqbal et al., 2012). Beberapa kriteria kelayakan investasi yang digunakan yaitu:

**Net Present Value (NPV)** adalah arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskontokan pada saat ini. NPV merupakan salah satu alat ukur untuk mengetahui profitabilitas investasi yang kita tanamkan pada perusahaan (Alwi, 2001). Menggunakan metode NPV dalam analisis kelayakan memiliki beberapa keuntungan seperti dapat mengetahui nilai uang saat ini memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai uang yang akan diterima dimasa yang akan datang, menggunakan seluruh nilai cash flow yang dimiliki suatu proyek, perhitungan bersifat objektif karena menggunakan ukuran yang sudah jelas yaitu estimasi cash flow dan discount rate, dapat mengevaluasi nilai masing-masing proyek, serta metode NPV selalu konsisten dengan tujuan memaksimalkan nilai suatu proyek (Rangkuti, 2012)

$$N = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (2.8.1)$$

Keterangan:

$B_t$  = Penerimaan (*Benefit*) tahun ke-t (Rupiah)

$C_t$  = Biaya (*Cost*) tahun ke-t (Rupiah)

$n$  = Umur proyek (Tahun)

$i$  = Tingkat suku bunga / *Discount rate* (persen)

$t$  = Periode (Tahun)

Dalam metode NPV terdapat tiga penilaian investasi, yaitu :

1.  $NPV \geq 0$  berarti secara finansial usaha layak untuk dilaksanakan karena manfaat yang diperoleh lebih besar dari biaya.
2.  $NPV = 0$ , berarti secara finansial usaha berada pada kondisi *break even* karena manfaat yang diperoleh sama dengan biaya yang dikeluarkan.
3.  $NPV \leq 0$  berarti secara finansial usaha tersebut tidak layak untuk dilaksanakan karena manfaat yang diperoleh lebih kecil dari biaya/tidak cukup untuk menutup biaya yang dikeluarkan.

**Internal Rate of Return (IRR)** adalah metode perhitungan investasi dengan menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih dimasa datang. IRR merupakan tingkat suku bunga maksimum yang dapat dibayar oleh bisnis untuk sumberdaya yang digunakan karena bisnis membutuhkan dana lagi untuk biaya-biaya operasi dan investasi dan bisnis baru sampai pada tingkat pulang modal (Gittinger, 1986). Internal Rate of Return (IRR) digunakan untuk mencari tingkat bunga yang

menyamakan nilai sekarang dari arus kas yang diharapkan di masa datang, atau penerimaan kas, dengan mengeluarkan investasi awal. Jika perhitungan IRR suatu usaha menunjukkan hasil yang sama dengan tingkat discount rate maka usaha tidak dapat mendapatkan untung atau rugi, tetapi jika nilai IRR lebih kecil dari tingkat discount rate maka usaha tersebut tidak layak diusahakan, sedangkan apabila nilai IRR lebih besar dari tingkat discount rate maka usaha tersebut layak untuk diusahakan (Umar, 2005).

Rumus yang digunakan dalam menghitung IRR adalah sebagai berikut :

$$IRR = i_1 + \left| \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right| (i_1 - i_2) \quad (2.8.2)$$

Keterangan:

$NPV_1$  = NPV yang bernilai positif (Rupiah)

$NPV_2$  = NPV yang bernilai negatif (Rupiah)

$i_1$  = *Discount rate* yang menghasilkan NPV positif (persen)

$i_2$  = *Discount rate* yang menghasilkan NPV negatif (persen)

**Payback period (PP)** adalah periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi yang menggunakan aliran cash netto/proceed. Waktu yang diperlukan agar dana yang ditanam pada suatu investasi dapat diperoleh kembali seluruhnya (Riyanto, 2004). PP merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi (initial cash investment) dengan menggunakan aliran kas (Umar, 2003). Analisis payback period bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi break even point (jumlah arus kas yang masuk sama dengan jumlah arus kas yang keluar) (Djakman dan Sulistyorini, 2000). Hasil analisis payback period terhadap suatu usaha, menunjukkan suatu layak jika periode pengembalian investasi lebih singkat dari waktu perhitungan yang telah ditetapkan (Riyanto, 2004). Penggunaan analisis ini hanya disarankan untuk mendapatkan informasi tambahan guna mengukur seberapa cepat pengembalian modal yang diinvestasikan.

**Net Benefit Cost Ratio (Net B/C Ratio)** adalah besaran nilai yang menunjukkan perbandingan antara Laba Bersih (*Benefit* = B) dengan Total Biaya (*Cost* = C). Dalam batasan besaran nilai B/C dapat diketahui apakah suatu usaha menguntungkan atau tidak menguntungkan.

$B/C > 1$  = Layak / Untung

$B/C = 1$  = BEP dan jika

$B/C < 1$  = Tidak Layak / Rugi.

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$Net\ B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \text{ untuk } B_t - C_t > 0}{\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \text{ untuk } B_t - C_t < 0} \quad (2.8.3)$$

Keterangan:

$Net\ B/C$  = Nilai *Benefit-cost ratio*

$B_t$  = Penerimaan yang diperoleh pada tahun ke t (Rp)

$C_t$  = Biaya yang dikeluarkan pada tahun ke-t (Rp)

$n$  = Umur proyek (tahun)

$i$  = Tingkat suku bunga / *Discount rate* (%)

$t$  = Periode (tahun)

**Break Even Point (BEP)** adalah titik pulang pokok dimana total revenue = total cost. Terjadinya titik pulang pokok tergantung pada lama arus penerimaan sebuah usaha dapat menutupi segala biaya operasi dan pemeliharaan beserta biaya modal lainnya. Selama perusahaan masih berada di bawah titik BEP, selama itu juga perusahaan masih menderita kerugian. Semakin lama sebuah perusahaan mencapai titik pulang pokok, semakin besar saldo rugi karena keuntungan yang diterima masih menutupi biaya yang dikeluarkan (Ibrahim, 2003).

Sigit, (1990) menyatakan bahwa analisa BEP adalah suatu teknik untuk mengetahui kaitan antara volume produksi, volume penjualan, harga jual, biaya produksi, biaya lainnya yang variabel dan tetap, serta laba rugi.

Terdapat tahapan perhitungan yang harus dilakukan menggunakan data ini, yakni dengan rumus berikut:

- Menentukan berapa jumlah barang atau jasa yang harus diproduksi untuk mencapai BEP.
- Menggunakan rumus:

$$BEP\ unit = \frac{Total\ Biaya\ Tetap\ (fixed\ Cost)}{Harga\ Jual\ per\ Unit\ Produk - biaya\ Variabel\ setiap\ unit} \quad (2.8.4)$$

- Kemudian, lanjutkan dengan rumus berikut untuk mengetahui berapa pendapatan yang harus diterima agar mencapai titik impas.

$$BEP\ rupiah = \frac{Total\ Biaya\ tetap\ (Fixed\ Cost)}{1 - Biaya\ Variabel\ unit\ produk} \quad (2.8.5)$$

## 2.9 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah suatu analisa untuk dapat melihat pengaruh-pengaruh yang akan terjadi akibat keadaan yang berubah-ubah (Gittinger 1986). Pada bidang pertanian, perubahan yang terjadi pada kegiatan usaha dapat diakibatkan oleh empat faktor utama yaitu perubahan harga jual produk, keterlambatan pelaksanaan usaha, kenaikan biaya dan perubahan volume produksi. Analisis sensitivitas dilakukan dengan mencari beberapa nilai pengganti pada komponen biaya dan manfaat yang masih memenuhi kriteria minimum kelayakan investasi atau maksimum nilai NPV sama dengan nol, nilai IRR sama dengan tingkat suku bunga dan Net B/C ratio sama dengan 1 (*ceteris paribus*) (Gittinger, 1986). Parameter harga jual produk, jumlah penjualan dan biaya dalam analisis finansial diasumsikan tetap setiap tahunnya (*ceteris paribus*). Namun, dalam keadaan nyata ketiga parameter dapat berubah-ubah sejalan dengan pertambahan waktu. Untuk itu, analisis sensitivitas perlu dilakukan untuk melihat sampai berapa persen penurunan harga atau kenaikan biaya yang terjadi dapat mengakibatkan perubahan dalam kriteria kelayakan investasi dari layak menjadi tidak layak (Gittinger, 1986).

Analisis Sensitivitas bukan merupakan metode pengukuran kelayakan suatu proyek, analisis ini hanya merupakan alat bantu untuk menguji sensitivity perhitungan NPV dan IRR apabila ada satu asumsi yang berubah sedangkan asumsi lainnya dianggap tetap. Perubahan asumsi menyebabkan estimasi arus kas berubah. Hasil dari analisis ini mengilustrasikan efek dari perubahan asumsi tersebut (Giatman, 2007).

Setelah melakukan analisis dapat diketahui seberapa jauh dampak perubahan tersebut terhadap kelayakan proyek pada tingkat mana proyek masih layak dilaksanakan. Analisis sensitivitas dilakukan dengan menghitung IRR, NPV, B/C ratio, dan payback period pada beberapa skenario perubahan yang mungkin terjadi (I Nyoman, 2005). Analisis ini untuk melihat seberapa besar perubahan yang terjadi pada NPV dan IRR apabila ada perubahan satu parameter sedangkan yang lain tetap sehingga dapat dilihat kemungkinan lain yang dapat terjadi. Analisis ini dapat digunakan sebagai masukan untuk menentukan risiko dari proyek tersebut. Biasanya perusahaan menggunakan 3 (tiga) asumsi (best, optimistic, pessimistic) perhitungan untuk melihat perubahan NPV. Grafik

menunjukkan semakin curam kemiringan garisnya maka semakin sensitif NPV terhadap perubahan variabel tersebut (Houston, 2006).

Kelemahan dari sensitivity analysis adalah jika pengambil keputusan secara tidak sengaja melakukan kesalahan estimasi pada salah satu variabel dapat mengakibatkan kesalahan dalam pengambilan keputusan (Kasmir, 2010).