



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1. Pemanfaatan Limbah Biomassa sebagai Bahan Baku Bio Pelet

Pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan baku bio-pelet telah menjadi fokus utama dalam penelitian terbarukan dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi permasalahan lingkungan. Di Indonesia, negara dengan mayoritas ekonomi bergantung pada sektor agraris, limbah biomassa yang dihasilkan cukup signifikan. Limbah-limbah tersebut berasal dari berbagai sumber, termasuk sekam padi dari penggilingan padi, limbah padat kelapa sawit seperti tandan kosong, cangkang sawit, dan fiber dari industri kelapa sawit, serta limbah dari sisa panen seperti batang, tongkol, dan daun jagung, serta batang dan daun sorgum.

Potensi limbah biomassa di Indonesia, khususnya sekam padi, mencapai angka yang cukup besar pada tahun 2016, dengan estimasi sekitar 15,8 juta ton. Jumlah yang signifikan ini menunjukkan bahwa limbah biomassa memiliki potensi yang sangat baik sebagai sumber bahan baku untuk produksi bio-pelet. Pemanfaatan limbah biomassa ini menjadi bio-pelet akan memberikan dampak positif dalam mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan nilai tambah bagi limbah tersebut.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan baku bio-pelet. Smith et al. (2019) meneliti pemanfaatan sekam padi sebagai bahan baku bio-pelet dan menemukan bahwa sekam padi memiliki potensi energi yang tinggi jika diolah secara tepat (Smith, 2019). Begitu pula dengan penelitian Supriyadi et al. (2020) yang menunjukkan bahwa limbah padat kelapa sawit dapat dijadikan bahan baku yang efisien untuk produksi bio-pelet. Hasil penelitian ini mengkonfirmasi bahwa limbah biomassa dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk menghasilkan bio-pelet sebagai sumber energi terbarukan (Supriyadi, 2020).

Pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan baku bio-pelet juga telah mendapatkan perhatian dalam konteks pengelolaan limbah. Dengan mengubah limbah menjadi bio-pelet, limbah tersebut menjadi lebih bernilai dan berpotensi dijual sebagai komoditas perdagangan. Pemanfaatan ini memberikan insentif

ekonomi bagi para produsen bio-pelet untuk menjalankan bisnis yang berkelanjutan. Selain itu, penggunaan bio-pelet sebagai bahan bakar juga akan membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, menyokong upaya dalam mencapai target energi bersih, dan memperkuat ketahanan energi negara.

Dengan begitu banyaknya limbah biomasa yang dihasilkan di Indonesia, pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan baku bio-pelet akan memberikan manfaat berkelanjutan dalam aspek lingkungan, ekonomi, dan energi. Selain itu, pemanfaatan limbah biomasa ini juga sejalan dengan komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan memperkuat keberlanjutan sektor pertanian dan industri. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dalam bidang ini akan menjadi langkah yang relevan dan signifikan dalam mendukung transisi menuju ekonomi berkelanjutan dan ramah lingkungan. Gambar 2 menunjukkan pemanfaatan limbah sekam padi untuk alternatif bahan bakar



Gambar 1. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Untuk Bahan Bakar

(Intan Pratiwi, 2022)

## 2.2. Mesin Pencetak Pelet Tipe Vertikal Berbasis Sistem Penggerak *Roller*

Mesin pencetak pelet tipe vertikal umumnya adalah *hammer mill*. Hammer Mill adalah sebuah perangkat yang dirancang untuk mengubah bahan baku menjadi fragmen-fragmen kecil melalui serangkaian pukulan menggunakan palu. Fungsinya adalah untuk mengurangi ukuran bahan dengan cara memukulnya antara palu dan

dinding secara berulang. Selanjutnya, bahan-bahan tersebut didorong melalui plat berlubang, yang menghasilkan panas dalam prosesnya. Proses penggilingan ini memerlukan daya sebesar satu kilowatt (Kw) untuk menggiling satu kilogram bahan per menit pada tingkat penggilingan sedang. Akibatnya, produk yang dihasilkan akan mengalami pemanasan dan kehilangan kadar airnya. Gambar 3 menunjukkan Mesin *Hammer Mill*.

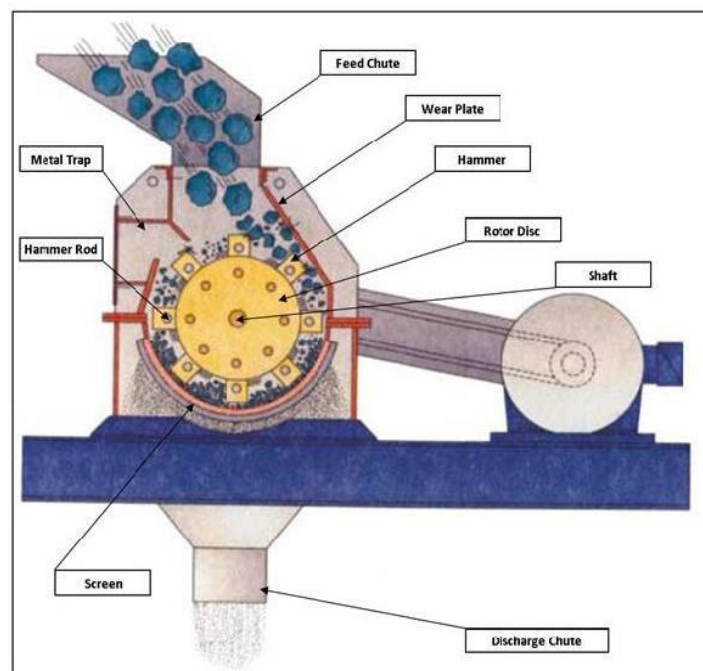


Gambar 2. Mesin Hammer Mill

Proses kerja yang terjadi pada *hammer mill* melibatkan beberapa tahap, antara lain *reducing* (pengurangan ukuran), *shearing* (pemotongan), *cutting* (pemotongan), *mixing* (pengadukan), *separating* (pemisahan), *dehydrating* (pengeringan), dan *grinding* (penggilingan). Bahan baku dimasukkan melalui hopper, dan kecepatan aliran bahan dikontrol dengan pengatur gerak slope. Sebelum memasuki ruang penggilingan, bahan melewati magnet untuk memisahkan logam yang tercampur di dalamnya.

Sebuah *hammer mill* biasanya berbentuk drum baja yang di dalamnya terdapat poros. Pada poros tersebut dipasang *hammer* (palu), dan poros tersebut dapat berputar secara vertikal atau horizontal di dalam drum. Palu memiliki kebebasan untuk berayun dan menumbuk bahan baku.

Rotor pada *hammer mill* berputar dengan kecepatan tinggi di dalam drum, sementara bahan dimasukkan melalui hopper pakan. Setelah bahan selesai dihancurkan, hasil gilingan akan dikeluarkan melalui corong pengeluaran sesuai dengan ukuran yang telah dipilih. Bahan yang telah terpecah dan bisa melewati lubang saringan akan dibersihkan dengan semburan udara. Selanjutnya, produk ditampung, dan tepung atau bahan halus dialirkan ke pengumpul debu. Tingkat kehalusan hasil penggilingan ditentukan oleh kadar air bahan, diameter lubang saringan, dan daya motor saringan yang digunakan. Gambar 4 menunjukkan proses penggilingan bahan pakan menggunakan mesin *hammer mill*.



Gambar 3. Proses penggilingan Hammer Mill

Penggunaan *hammer mill* memiliki beberapa keuntungan, di antaranya adalah konstruksinya yang sederhana sehingga dapat menghasilkan berbagai ukuran gilingan, tahan terhadap benda asing dalam bahan, dan dapat beroperasi tanpa bahan. Selain itu, biaya operasi dan pemeliharaannya juga lebih murah. Namun, terdapat beberapa kerugian dalam penggunaan *hammer mill*, seperti tidak dapat menghasilkan gilingan yang seragam (S. P. M. S. Dr. Achmad Jaelani, 2021).

*Mixing* adalah proses menggabungkan beberapa bahan baku pakan untuk mencapai hasil adukan yang homogen. Tujuan dari pencampuran yang baik adalah

untuk meningkatkan penampilan ternak dengan memastikan keamanan penggunaan obat-obatan dalam jumlah yang tepat.

Prinsip utama dalam pencampuran adalah menyelesaikan proses dengan waktu dan biaya yang minimal untuk menghasilkan produk yang seragam. Tantangan dapat muncul ketika bahan-bahan yang dicampur memiliki berat jenis yang berbeda meskipun memiliki ukuran dan bentuk yang sama, atau ketika bahan-bahan tersebut memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda.

Prinsip kerja mesin mixer adalah menciptakan aliran yang dapat mencampur bahan-bahan secara homogen. Proses pencampuran terjadi melalui difusi gerakan tak beraturan kecil dan konveksi gerakan longitudinal. Homogenitas campuran dapat diamati secara fisik, kimia, dan biologi :

- 1) Secara fisik, yaitu melalui pengamatan ransum secara langsung terhadap pencampuran bahan pakan antara satu dengan yang lainnya.
- 2) Secara kimia, yaitu melalui uji di laboratorium.
- 3) Secara biologi, yaitu berdasarkan dampak pemberian campuran pakan terhadap ternak.

Hasil pencampuran dipengaruhi oleh beberapa hal berikut ini.

- a. Operator mesin, yaitu kemampuan dari pekerja dalam mencampur bahan makanan dan mengoperasikan mesin.
- b. Kapasitas isi mesin dalam mencampur bahan makanan yang akan memengaruhi kapasitas kerja.
- c. Bahan baku, baik ukuran dan bentuk partikel bahan, berat jenis, sifat higroskopis, kepadatan, viskositas, dan kepekaan terhadap muatan gaya magnet bahan.

Jenis mixer terbagi menjadi enam macam berdasarkan sistem kerja (*batch mixer* dan *continous mixer*), berdasarkan jenis alat pengaduk (*paddles mixer* dan *ribbon screw* atau *auger mixer*), dan berdasarkan bentuk bangun (*vertical mixer* dan *horizontal mixer*) (Ruttloff C., 1981).

#### 1) *Batch Mixer*

*Batch mixing* menjadi pilihan yang populer karena beberapa alasan berikut:

- a. Lebih efisien dan dapat disesuaikan dengan pabrik skala kecil (proses semi-kontinu) di mana pekerja dapat melakukan proses pengisian, pencampuran, dan pengosongan.
- b. Dapat dioperasikan secara otomatis, memungkinkan pengaturan yang lebih akurat dan konsisten.
- c. Dapat digunakan sebagai *rotary drum dryer*, memungkinkan proses pengeringan pada saat yang sama dengan pencampuran.
- d. Efisien untuk penggilingan formula adonan yang sering berubah-ubah, memungkinkan penyesuaian cepat dan fleksibel terhadap perubahan komposisi bahan.

## 2) *Continuous Mixer*

Sistem pencampuran kontinu sering dikaitkan dengan biaya operasional yang tinggi. Bahan-bahan digerakkan oleh komponen-komponen seperti *auger*, *star wheel*, dan *screw conveyor*. Untuk memastikan akurasi pemrosesan bahan, digunakan mesin timbang otomatis. Pencampuran kontinu dapat dilakukan menggunakan alat *screw conveyor* selama proses pengangkutan bahan.

Beberapa keuntungan penggunaan sistem pencampuran kontinu dibandingkan dengan *mixer batch* adalah sebagai berikut:

- a) Ukuran feeder lebih kecil, namun dapat bekerja secara kontinu (kecepatan pencampuran tergantung pada kinerja *feeder*). Pada sistem batch, feeder harus beroperasi secara intermitten untuk mengangkat volume bahan yang besar dalam waktu singkat.
- b) Biaya awal operasional dan instalasi lebih rendah.
- c) Karena bin penyimpanan bahan berada tepat di atas feeder, tidak diperlukan tambahan bin untuk operasional (bin live bottom).
- d) Sistem pencampuran kontinu dapat mencapai kapasitas pencampuran hingga 10-120 ton/jam jika kemampuan pengeluaran bahan dari feeder ditingkatkan.

## 3) *Paddles Mixer*

*Paddles mixer* adalah jenis mixer yang memiliki efisiensi tinggi dan bekerja dengan cepat, memberikan pencampuran yang akurat dan seragam

bahkan untuk bahan dengan perbedaan yang signifikan. Desain pedal pada paddles mixer memastikan keluarnya bahan secara efektif. Konstruksi mixer yang kuat juga membuatnya memiliki daya tahan yang lama.

Keuntungan menggunakan *paddles mixer* termasuk kemampuannya untuk mencampur dengan kecepatan 10 kali lebih cepat, yang pada gilirannya meningkatkan kapasitas produksi. Proses pencampuran yang halus juga menghasilkan tingkat degradasi produk yang minimal. Pencampuran yang homogen memungkinkan pencampuran molases dan bahan-bahan lain dengan tingkat penambahan molases mencapai 30-40%.

#### 4) *Ribbon Mixer*

*Ribbon (screw) mixer* merupakan salah satu alat pencampur yang sangat umum digunakan di industri. Biasanya, *ribbon (screw) mixer* dioperasikan pada suhu ruangan, tetapi juga dapat dilengkapi dengan lapisan untuk pemanasan menggunakan uap panas pada tekanan atmosfer atau air pendingin.

*Ribbon (screw) mixer* terdiri dari casing yang memiliki bentuk kotak terbuka, dengan panjang sekitar 2-3 kali lebih besar dari lebarnya. Bagian bawah casing biasanya berbentuk setengah lingkaran. Pada poros horizontal di dalam casing, terdapat pisau berbentuk pita (*ribbon blades*), paddle, atau sekrup heliks yang dipasang. Pisau-pisau ini memiliki lengan yang sangat dekat dengan dinding casing untuk meminimalkan area yang tidak tercakup oleh pisau.

Bentuk paling efektif dari pisau ribbon ini adalah spiral ganda (dual spiral), di mana pisau bagian luar menggerakkan bahan dalam satu arah dan pisau bagian dalam bergerak ke arah yang berlawanan.

#### 5) *Vertikal Mixer*

*Vertical mixer* umumnya digunakan di pabrik-pabrik kecil atau peternakan yang melakukan pencampuran pakan sendiri (Wirakartakusumah, 1992). *Vertical mixer* menggunakan dua ulir pengaduk (double screws) atau dalam beberapa kasus menggunakan satu ulir (single screw). Salah satu keuntungan dari vertical mixer adalah biayanya yang relatif lebih murah, termasuk biaya instalasinya yang lebih rendah



dibandingkan dengan horizontal mixer. Selain itu, vertical mixer juga membutuhkan ruang yang lebih sedikit.

Namun, ada beberapa kerugian dalam penggunaan vertical mixer. Salah satunya adalah waktu pencampuran yang cenderung lebih lama dibandingkan dengan horizontal mixer. Selain itu, kapasitas penambahan cairan pada vertical mixer biasanya lebih rendah daripada horizontal mixer. Pengelolaan sisa adonan juga bisa menjadi lebih sulit dalam penggunaan *vertical mixer*.

#### 6) *Horizontal Mixer*

*Horizontal mixer* banyak digunakan di pabrik-pabrik pakan. Saat menggunakan horizontal mixer, bahan dimasukkan ke dalam mixer secara berurutan, dimulai dari bahan baku mayor, bahan baku minor, bahan aditif, dan cairan. Pada mesin mixer yang baik, pencampuran harus dapat dilakukan secara optimal untuk berbagai ukuran material, mulai dari tepung hingga butiran, dan berbagai densitas bahan, mulai dari dedak hingga tepung batu.

Kualitas pencampuran sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ukuran partikel, bentuk atau tekstur partikel, berat spesifik (BJ), higroskopisitas partikel, kepekaan terhadap muatan elektrostatik, dan daya rekat (seperti pada permukaan kasar atau yang disebabkan oleh penambahan minyak). Evaluasi kualitas pencampuran dilakukan melalui faktor coefficient of variation (CV), yang memungkinkan pemantauan terus-menerus terhadap lamanya pencampuran, kecepatan motor, dan pemanfaatan kapasitas mixer.

Dengan demikian, penggunaan horizontal mixer memberikan fleksibilitas yang baik dalam mencampur bahan pakan dengan kualitas yang optimal, mempertimbangkan berbagai faktor seperti ukuran, bentuk, densitas, dan sifat-sifat bahan yang dicampuri (Ruttloff C., 1981).

### 2.3. Metode Pengepresan Basah dan Kering

Proses pembuatan bio-pelet merupakan langkah krusial dalam mengubah limbah biomasa menjadi bahan bakar alternatif yang efisien dan ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini, dua metode utama yang umum digunakan dalam proses pembuatan bio-pelet adalah metode pengepresan basah dan kering.

#### a) Proses Pengepresan Basah

Proses pengepresan basah melibatkan tahap pengolahan limbah biomasa menjadi pasta atau bubur sebelum dipadatkan menjadi pelet. Bubur limbah biomasa tersebut kemudian diproses menggunakan mesin tipe ulir pengepres, ekstruder, atau tipe piston pengepres. Holt et al. (2006) telah meneliti pemanfaatan mesin tipe ekstruder dalam proses pengepresan basah, dan ditemukan bahwa metode ini dapat menghasilkan bio-pelet dengan efisiensi yang baik.

Proses pengepresan basah memiliki kelebihan dalam konsumsi energi yang lebih rendah dibandingkan dengan metode pengepresan kering. Namun, satu tantangan utama dalam proses ini adalah pengeringan produk yang membutuhkan energi tambahan. Hasil penelitian oleh Rahman et al. (2018) mengungkapkan bahwa pengeringan produk pada proses pengepresan basah menyumbang sebagian besar total energi yang digunakan, namun dapat diatasi dengan penggunaan sistem pengeringan yang lebih efisien.

#### b) Proses Pengepresan Kering

Proses pengepresan kering mengandalkan panas akibat friksi antar komponen limbah biomasa yang digunakan untuk memodifikasi ikatan lignoselulosa dalam bahan. Panas tersebut berfungsi sebagai perekat yang memudahkan pembentukan bio-pelet selama proses pengepresan. Berbagai penelitian telah menunjukkan perkembangan dalam rasio energi produksi bio-pelet melalui proses pengepresan kering (Shahrukh et al., 2016; Sultana et al., 2010; Uslu et al., 2008). Dibandingkan dengan nilai kalor biomasa, energi rasio proses produksi bio-pelet dari pengepresan hingga pengecilan ukuran berkisar antara 15 hingga 20%.

Meskipun proses pengepresan kering memerlukan energi yang sedikit lebih besar dibandingkan metode basah, kelebihan utamanya adalah tidak memerlukan proses pengeringan lanjutan yang memerlukan energi yang tinggi. Penggunaan metode pengepresan kering dapat dioptimalkan dengan pengecilan ukuran bahan baku dan/atau penambahan bahan perekat. Namun, perlu ditekankan bahwa tingkat ketepatan kadar air pada bahan dan suhu pengepresan harus diperhatikan secara spesifik sesuai dengan karakteristik biomasa yang digunakan.

## 2.4 Briket Bioarang

Briket merupakan bahan bakar padat yang dapat difungsikan sebagai alternatif sumber energi dengan bentuk khusus. Briket arang, setelah diolah lebih lanjut untuk meningkatkan penampilan dan kemasannya, dapat digunakan sebagai bahan bakar sehari-hari. Briket juga merupakan gumpalan yang terbentuk dari bahan lunak yang mengeras, dan pembuatan briket harus mematuhi standar kualitas yang diatur dalam SNI 01-62352000, termasuk persyaratan kadar air maksimal 8%, bagian yang hilang pada pemanasan 9500°C maksimal 15%, kadar abu maksimal 8%, dan kalori minimal 5000 kal/g. Faktor-faktor seperti variasi komposisi campuran antara bahan dasar utama dan filler dapat memengaruhi kualitas briket.

Arang, sebagai bahan padat berpori hasil pengarangan bahan yang mengandung karbon, memiliki sebagian besar pori-porinya tertutup oleh hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Bioarang, yang berasal dari biomassa seperti kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, atau limbah pertanian, dapat dihasilkan melalui proses pengolahan menjadi briket bioarang. Briket arang atau bioarang, dihasilkan melalui pemampatan dan pemberian tekanan, memiliki keunggulan dibandingkan arang konvensional, seperti panas pembakaran yang lebih tinggi, asap yang lebih sedikit, keberagaman bentuk dan ukuran yang dapat disesuaikan, penampilan menarik, dan penggunaan bahan baku ramah lingkungan.

Salah satu cara untuk meningkatkan sifat fisik bahan bakar padat adalah dengan melakukan kompaksi atau pembriketan, yang bertujuan untuk memudahkan penggunaan, transportasi, dan penyimpanan. Kualitas biobriket dapat diukur dari tekstur halus, ketahanan yang baik, keamanan bagi manusia dan lingkungan, serta sifat-sifat penyalaan yang baik. Proses pembuatan briket biomassa dapat melibatkan metode termal seperti pirolisis, gasifikasi, dan pembakaran konvensional. Keuntungan dari briket yang dicetak meliputi kemampuan penyesuaian ukuran, pengaturan porositas untuk memudahkan pembakaran, dan kemudahan dalam penggunaan sebagai bahan bakar. Proses pengolahan menjadi biobriket bertujuan untuk meningkatkan karakteristik bahan baku dan nilai kalor biomassa.

Briket arang umumnya diproduksi dengan mengombinasikan pengempaan dan bahan pengikat untuk meningkatkan kerapatan dan mencapai bentuk yang seragam. Tingkat kerapatan briket sangat dipengaruhi oleh tekanan selama

pencetakan, di mana semakin tinggi tekanannya, semakin padat briket yang dihasilkan. Keseragaman ukuran serbuk arang juga berkontribusi pada peningkatan kerapatan. Kerapatan briket memiliki dampak pada keteguhan tekan, lama pembakaran, dan kemudahan penyalaan. Kerapatan yang terlalu tinggi dapat membuat briket sulit terbakar, sementara kerapatan yang rendah dapat menyebabkan briket cepat habis dalam pembakaran.

Dalam pembuatan briket, pencampuran bahan-bahan dengan nilai karbon tinggi, pemberian tekanan tertentu, dan pemanasan pada suhu khusus bertujuan mengurangi kadar air dan menghasilkan bahan bakar dengan densitas dan nilai kalor tinggi serta minimal asap buangan. Penambahan bahan perekat pada pembuatan briket biomassa diperlukan untuk meningkatkan sifat fisiknya, dan penambahan perekat yang sesuai dapat meningkatkan nilai kalor briket. Jenis perekat yang digunakan juga memengaruhi berbagai sifat briket, seperti kerapatan, ketahanan tekan, nilai kalor bakar, kadar air, dan kadar abu.

Briket dibagi menjadi dua jenis berdasarkan metode pembuatannya, yaitu briket bioarang dan biobriket. Briket bioarang melibatkan proses pengarangan bahan utama, sementara biobriket tidak melalui proses tersebut. Briket berkualitas baik memiliki sifat seperti tekstur halus, tahan pecah, keras, mudah menyala, dan aman bagi manusia serta lingkungan.

Faktor-faktor yang memengaruhi sifat briket arang mencakup berat jenis bahan bakar, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, tekanan saat pencetakan, dan formula campuran. Kriteria briket yang baik melibatkan permukaan yang halus, kemudahan dalam penyalaan, minimnya asap, ketahanan terhadap air, dan hasil pembakaran yang tidak berjamur. Mutu briket yang baik mencakup memenuhi standar mutu yang sesuai dengan kebutuhan, serta sifat fisik dan kimia yang mempengaruhi kualitas bahan bakar.

