

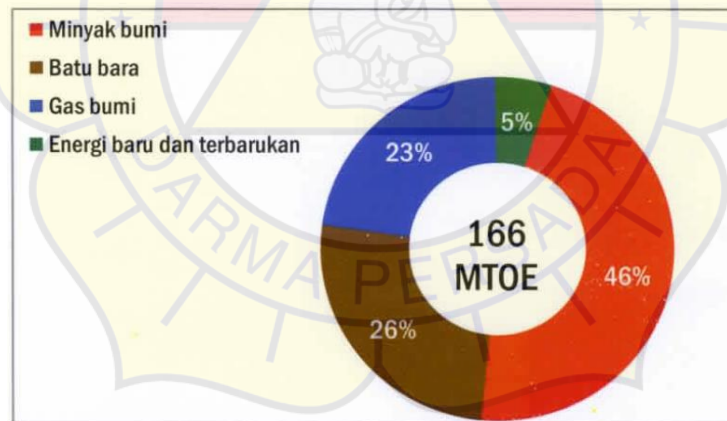
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut data *International Energy Agency* (IEA) [1], konsumsi energi per kapita dunia meningkat rata-rata 10% sedangkan populasi dunia meningkat rata-rata 27% yang terjadi terutama karena adanya pertumbuhan di China, India dan Timur Tengah [2]. Selain itu juga adanya pertumbuhan konsumsi energi di negara-negara G-20 mengalami perlambatan rata-rata 2 % pada tahun 2021 [2]. Salah satu negara anggota G-20 adalah Indonesia.

Faktanya, Indonesia memiliki beragam sumber daya energi (seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, tenaga air, panas bumi, surya, energi kelautan, biomassa dan lain-lain), namun pengembangannya masih lambat dan tidak merata, terutama energi terbarukan (EBT) [3]. Dampaknya, saat ini penggunaan energi primer dalam bauran energi nasional (*energy-mix*) masih didominasi oleh energi fosil. Jika dirinci dalam bauran energi nasional, terlihat jelas bahwa minyak bumi masih akan mendominasi konsumsi energi hingga beberapa tahun ke depan (sekitar 46%), disusul batubara, gas alam, pembangkit listrik tenaga air, dan panas bumi [4].



Gambar 1. Bauran Energi Indonesia

Sumber: [5]

Jika memperhatikan kenyataan tersebut, maka peralihan energi fosil ke energi baru terbarukan (EBT) menjadi sangat penting dan mendesak untuk segera diwujudkan. Pada masa transisi energi, setiap negara masih mempunyai kebebasan untuk mengeluarkan emisi dalam batas tertentu, sembari mempersiapkan langkah menuju NZE (*Net Zero Emissions*). Namun pada masa transisi, setiap negara juga didorong untuk mengurangi emisinya, termasuk melalui penggunaan energi yang lebih rendah emisinya [6].

Dalam konteks penggunaan energi dengan emisi yang lebih rendah, posisi biomassa menjadi strategis dan vital khususnya bagi Indonesia. Pertama, Indonesia memiliki potensi sumber daya energi berbasis biomassa yang cukup besar, meskipun negara ini masih kekurangan infrastruktur pengolahan dan transportasi. Kedua, Indonesia memiliki 52 PLTU berbasis batubara yang telah dipersiapkan untuk *co-firing* biomassa. Jadi, di masa transisi ini, kita harus siap mendorong penggunaan biomassa, khususnya untuk listrik [7].

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan biomassa sebagai energi transisi [8], ada beberapa tantangan yang harus diselesaikan. Salah satu tantangan besarnya adalah terkait persoalan dislokasi yang cukup serius antara *supply* dan *demand* [9]. Pasokan biomassa terbesar terdapat di wilayah dengan kebutuhan biomassa rendah, sedangkan wilayah dengan kebutuhan biomassa tinggi justru memiliki pasokan lebih sedikit. Lokasi pasokan biomassa terbesar berada di luar Pulau Jawa, seperti Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Sedangkan konsumen yang membutuhkan biomassa (listrik, industri dan rumah tangga) sebagian besar berada di Pulau Jawa dan Madura [8].

Kondisi ini menimbulkan dua tantangan sekaligus [10]. Pertama, tingginya kebutuhan investasi di tingkat hulu karena sebagian besar cadangan biomassa berada di kawasan pedesaan dan hutan yang jauh dari lokasi industri dan pembangkit listrik. Kedua, biomassa bukanlah komoditas yang mudah dikumpulkan dan dimanfaatkan. Idealnya, di lokasi yang tersedia sumber biomassa, harus ada pula konsumen yang menyerapnya. Dengan demikian, konsumsi biomassa dapat difasilitasi melalui pembangunan sarana transportasi yang memadai sehingga harga biomassa ke konsumen bisa lebih murah [9].

Oleh karena itu, agar potensi biomassa yang melimpah dapat dimanfaatkan, diperlukan lebih dari satu proses tambahan [11]. Pertama, biomassa dikumpulkan terlebih dahulu di gudang (*storage*) agar mudah diangkut ke lokasi pengolahan berikutnya. Kedua, setelah sampai di lokasi pabrik pengolahan, biomassa tersebut harus diubah kembali menjadi biopellet sehingga memerlukan proses pembuatannya. Ketiga, setelah menjadi biopellet diperlukan jaringan transportasi dari lokasi pembuatan hingga lokasi pembangkit listrik. Dengan kata lain, agar biomassa dapat dimanfaatkan oleh konsumen [9], diperlukan investasi untuk beberapa kebutuhan yaitu (1) konversi biomassa menjadi biopellet, (2) transportasi ke lokasi pembangkit listrik, (3) infrastruktur penyimpanan dan pembuatan, dan (4) adaptasi teknologi pembangkit listrik untuk pembakaran biomassa bersama dengan batubara.

Salah satu potensi sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang layak dikembangkan adalah biomassa dari limbah pertanian dan perkebunan yang dapat dikonversi menjadi biopellet untuk bahan bakar pembangkit listrik (*biomass for electricity*) [12]. Pembangkit listrik yang bisa memanfaatkan biopellet dari limbah pertanian tersebut di antaranya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) melalui pembakaran langsung (*combustion*) dan Pembangkit Listrik

Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara melalui pembakaran kombinasi (*co-firing*) biopellet dan batubara dengan komposisi menyesuaikan teknologi yang tersedia [13].

Terkait limbah pertanian dan perkebunan, salah satu sumber biomassa terbesar dan terpenting adalah perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guenensis*) [14]. Hingga saat ini, Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia bersama Malaysia [15]. Luas dan produksi kelapa sawit di Indonesia terus berkembang, mewakili 18% produksi dunia [15]. Industri kelapa sawit terus berkembang pesat, ditandai dengan berdirinya sejumlah pabrik besar yang menghasilkan ratusan ton limbah sepanjang tahun. Artinya, terdapat peluang besar di Indonesia untuk menghasilkan limbah kelapa sawit yang dapat diubah menjadi biofuel, biopellet, dan listrik dari biomassa [6]. Potensi tersebut jika dikembangkan secara optimal akan memberikan kontribusi besar dalam memenuhi kebutuhan energi, meningkatkan perekonomian dan menjaga lingkungan hidup, baik pada tingkat lokal, regional, maupun global [8].

Penelitian ini menjadi penting dilakukan untuk menghitung potensi biomassa dari limbah kelapa sawit dan memetakan jaringan rantai pasok (*supply chain network*) untuk pengembangan biomassa dari limbah kelapa sawit sebagai bahan bakar di pembangkit listrik batubara (PLTU) [9]. Penelitian dimulai dengan perhitungan potensi limbah kelapa sawit untuk biomassa menggunakan metode dari *Biomass Energy Europe* berupa perhitungan PAR (*Primary Agricultural Residue*) dan SAR (*Secondary Agricultural Residue*) [16], serta konversi energi biomassa menjadi biopellet dengan standar Austria (ONORM M 7135). Selanjutnya pembuatan model rantai pasok (*supply chain*) biomassa berbasis biaya transportasi dilakukan dengan bantuan *tools GIS (Geographic Information System)* [17] untuk menentukan jarak relatif (perpindahan) terdekat agar mendapatkan biaya transportasi minimum [16]. Pengembangan model energi tersebut diharapkan bisa digunakan sebagai acuan untuk merancang kebijakan pengembangan biomassa di negara-negara dengan wilayah yang luas, memiliki keanekaragaman potensi energi, juga berbasis kepulauan, salah satunya Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pemerintah Indonesia berkomitmen mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) [18]. Salah satu upayanya dengan memanfaatkan biomassa limbah pertanian untuk bahan bakar PLTU *Co-firing* guna menekan konsumsi batubara sehingga bisa menurunkan emisi [7]. Salah satu sumber biomassa limbah pertanian yaitu kelapa sawit sebagai bahan bakar *co-firing* di PLTU Batubara [19]. Sebagai studi kasus dalam penelitian ini mengambil lokus di Region Sumatera Bagian Utara (SBU) meliputi Provinsi Aceh dan Provinsi Sumatera Utara. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, sbb:

- 1) Bagaimana menghitung potensi biomassa limbah kelapa sawit menjadi biopellet untuk bahan bakar *co-firing* PLTU Batubara di Region Sumatera Bagian Utara?

- 2) Bagaimana membuat peta jaringan rantai pasok (*supply chain network*) berbasis biaya transportasi dari biomassa limbah kelapa sawit untuk *co-firing* PLTU Batubara di Region Sumatera Bagian Utara?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Upaya pengembangan industri bioenergi khususnya biomassa limbah kelapa sawit untuk biopellet sebagai bahan bakar pembangkit listrik mengalami beragam kendala kompleks (penguasaan teknologi, sumber investasi, ketersediaan bahan mentah, biaya logistik dan kelayakan keekonomian) yang harus segera diselesaikan dengan merumuskan kebijakan yang jelas, terencana, terarah dan terpadu [9]. Salah satu hal yang harus dirumuskan secara baik adalah membuat model rantai pasok (*supply chain*) berbasis biaya transportasi untuk mendapatkan biaya termurah dalam pengangkutan biomassa dari ladang, *storage* (gudang), pabrik, hingga sampai ke PLTU [8]. Langkah awal dari pemodelan tersebut dengan menghitung potensi dan memetakan jaringan rantai pasok (*supply chain network*) [20]. Oleh karena itu, tujuan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Menghitung potensi biomassa limbah kelapa sawit menjadi biopellet untuk bahan bakar *co-firing* PLTU Batubara di Region Sumatera Bagian Utara.
- 2) Membuat peta jaringan rantai pasok (*supply chain network*) berbasis biaya transportasi dari biomassa limbah kelapa sawit untuk *co-firing* PLTU Batubara di Region Sumatera Bagian Utara.

### 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian tentang bioenergi, termasuk biomassa dari limbah kelapa sawit, sangat luas dan mencakup berbagai aspek antara lain sumber material biomassa, teknologi konversi, rantai pasok, analisis keekonomian, analisis kewilayahan, logistik, perdagangan antar-wilayah, dll [8]. Agar tidak terlalu melebar kajiannya yang bisa mengurangi fokus, ketajaman analisis dan proyeksi pengembangannya, maka perlu diberikan beberapa batasan. Oleh karena itu, rumusan batasan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. *Energy supply* [21] berupa biopellet dari biomassa limbah pertanian yang berasal dari wilayah terdekat PLTU *co-firing* (batubara) yang telah ditetapkan oleh PLN di Region Sumatera Bagian Utara (SBU) yaitu Provinsi Aceh dan Provinsi Sumatera Utara.
2. *Energy demand* [21] berupa kebutuhan biopellet untuk bahan bakar *co-firing* PLTU Batubara berdasarkan *standard* dan skenario yang telah ditetapkan yaitu 5% dan 10% karena tidak membutuhkan perubahan teknologi pembangkit.
3. Material biomassa [22] berasal dari limbah pertanian yang cukup besar di Pulau Sumatera yaitu limbah padi, jagung, singkong dan kelapa sawit. Dalam penelitian ini material yang akan dikaji dan dihitung hanya limbah kelapa sawit.

4. Teknologi konversi biomassa merujuk pada IRENA [11], dll yaitu konversi dari biomassa limbah pertanian menjadi biopellet.
5. Asumsi-asumsi terkait dengan biomassa limbah pertanian untuk biopellet [23] yaitu:
  - a. Biaya produksi biopellet merujuk pada biaya standar proses pengolahan biomassa BBIA (Balai Besar Industri Agro) Kementerian Perindustrian.
  - b. Penggunaan teknologi pembangkit listrik PLTU Batubara tanpa adanya perubahan teknologi (campuran biomassa yang sudah proven saat ini hanya 5% dan 10% tanpa membutuhkan modifikasi teknologi pembangkit).
  - c. Alat transportasi dengan truck pengangkut barang dengan kapasitas sedang (8.000 kg) dan besar (18.000 kg).
  - d. Biaya transportasi merujuk pada biaya pengiriman barang dari perusahaan melalui jasa perusahaan logistik dan tarif Kementerian Perhubungan RI.
6. Pengembangan energi terbarukan difokuskan pada biomassa limbah kelapa sawit [24] yang dikonversi menjadi biopellet, dengan detail penjelasan sebagai berikut:
  - a. Sumberdaya tersedia secara luas dan merata di seluruh Pulau Sumatera.
  - b. Secara fisik materialnya bisa diperdagangkan dan didistribusikan antar-wilayah.
  - c. Penggunaannya bisa untuk listrik dan non-listrik, termasuk untuk keperluan industri.
  - d. Setelah dikonversi menjadi biopellet bisa digunakan bersama batubara (*co-firing*) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara.
7. Istilah *export* dan *import* untuk perdagangan energi antar-wilayah (*inter-regional trading*) dalam lingkup nasional, bukan secara internasional.
8. Dalam penelitian ini, *export* energi keluar negeri dan *import* energi masuk ke Indonesia tidak diikutsertakan dalam pemodelan.
9. Batasan waktu pemodelan dan analisis tahun 2017 – 2021 (5 tahun) karena ketersediaan data lengkap pada periode tersebut.
10. Studi kasus Pulau Sumatera [9] khususnya Region Sumatera Bagian Utara (Provinsi Aceh dan Sumatera Utara) secara umum menggunakan batasan sistem mencakup geografis wilayah Pulau Sumatera, adanya pemekaran provinsi baru setelah tahun 2021 tidak dimasukkan dalam pemodelan ini.
11. Pembagian wilayah (regionalisasi) [8] berdasarkan hasil optimasi, integrasi wilayah dan ketersediaan infrastruktur yang telah ada antara lain sistem kelistrikan PLN (Perusahaan Listrik Negara), PLTB (Pembangkit Listrik Biomassa), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Batubara, jaringan jalan dan infrastruktur transportasi lainnya, serta proyeksi akumulasi potensi biomassa limbah kelapa sawit di suatu region.
12. Batasan kebijakan adalah sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku di Republik Indonesia hingga tahun 2021.