

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tandan Kosong

Tandan kosong kelapa sawit merupakan tandan yang telah dipisahkan dari buah segar kelapa sawit. Secara kuantitas Tandan Kosong Kelapa Sawit mencapai 24,04 % dari Tandan Buah Segar (TBS) yang akan diolah (Putri dkk, 2009). Pemanfaatan Tandan Kosong Sawit sebagai sumber energi berupa briket arang disamping memberikan keuntungan secara finansial, juga akan membantu didalam pelestarian lingkungan. Sebagai biomassa *lignoselulosik*, TKKS dapat dibuat arang dengan proses yang relatif sederhana. Bagi tujuan pemanfaatan sebagai arang TKKS perlu diproses lebih lanjut menjadi briket arang untuk menaikkan densitasnya serta memberikan bentuk yang beraturan (Guritno, 1997 dalam Mulia 2007). Selain itu kadar abu yang dihasilkan TKKS juga sangat sedikit, sehingga diharapkan apabila dijadikan briket, maka abu yang dihasilkan semakin sedikit dan tidak mencemari lingkungan.



Gambar 2.1 Tandan kosong kelapa sawit

Tidak hanya daging buah dan inti kelapa sawit saja yang memiliki berbagai macam kandungan nutrisi. Pada sebuah tandan kosong kelapa sawit juga terdapat kandungan nutrisi yang beragam. Berikut adalah daftar kandungan nutrisi yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit:

- Nitrogen (N), terdapat sekitar 0,64 sampai dengan 0,93 persen, yang rata-ratanya 0,9 persen.

- Phosphor (P), terdapat sekitar 0,16 sampai dengan 0,318 persen, yang rata-ratanya 0,11 persen.
- Kalium Potasium (K<sub>2</sub>O), terdapat sekitar 1,93 sampai dengan 4,03 persen, yang rata-ratanya 2,40 persen.
- Magnesium (MgO), terdapat sekitar 0,17 sampai dengan 0,28 persen, yang rata-ratanya 0,17 persen.
- Kalsium (CaO), terdapat sekitar 0,23 sampai dengan 0,41 persen, yang rata-ratanya 0,27 persen.
- Klor (Cl), dengan rata-rata sekitar 0,44 persen.
- Mangan (Mg), terdapat sekitar 9 sampai dengan 34 PPM, yang rata-ratanya 24,75 PPM (*Part Per Million*).
- Boron (B), terdapat sekitar 10 sampai dengan 16 PPM, yang rata-ratanya 12,94 PPM (*Part Per Million*).
- Zinc (Zn), terdapat sekitar 22 sampai dengan 50 PPM, yang rata-ratanya 37,72 PPM (*Part Per Million*).
- Copper (Cu), terdapat sekitar 43 sampai dengan 83 PPM, yang rata-ratanya 53,14 PPM (*Part Per Million*).
- Besi atau Ferrum, terdapat sekitar 158 sampai dengan 1.128 PPM, yang rata-ratanya 275,36 PPM (*Part Per Million*).

### **2.1.1 Karakteristik Tandan Kosong**

Tandan Buah Sawit kosong merupakan limbah padat yang memiliki massa 21% dari total massa minyak sawit buah. Tandan buah sawit kosong umumnya hanya menjadi limbah atau selanjutnya digunakan sebagai pupuk organik di perkebunan kelapa sawit. Komposisi tandan buah sawit kosong memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi seperti Ca, Fe, Na, K, dan P. Kandungan abu yang tinggi dalam biomassa tandan buah sawit kosong dapat menimbulkan reaksi sekunder pada proses termokimia. Berdasarkan data statistik, potensi biomassa tandan buah kosong sawit dari tahun 2013 hingga 2015 masing-masing adalah 126,63 GW, 133,45 GW, dan 141,62 GW. Hasil tersebut menunjukkan potensi besar yang dimiliki sebagai bahan bakar boiler (Intan Ayu Pratiwi, 2019).

## 2.2 Briket Bioarang

Briket bioarang adalah gumpalan-gumpalan atau batangan-batangan arang yang terbuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa. Menurut Kristianti (2009) briket adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengkonversi sumber energi biomassa ke bentuk biomassa lain dengan cara dimanfaatkan sehingga bentuknya menjadi lebih teratur. Standar kualitas briket bioarang dari tandan kosong kelapa sawit pada saat ini masih belum ada, akan tetapi briket bioarang yang memenuhi syarat sebagai bahan bakar dapat dilihat dari nilai kalor, kadar karbon terikat dan kerapatannya yang tinggi (Rahman, 2009). Saat ini digunakan SNI 01-6235-2000 mengenai standar kualitas briket arang dengan bahan baku utamanya kayu, yaitu dimana syarat briket yang baik memiliki:

1. Kadar air : maksimal 8%
2. Bahan yang hilang pada pemanasan 950°C : maksimal 15 %
3. Kalori (atas dasar berat kering) : minimal 5000 kal/gr

## 2.3 Variabel

### 2.3.1 Kekuatan Penekanan

Pada penekanan briket akan terjadi perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis. Saat deformasi elastis terjadi, ada energi elastis yang masih tersimpan dalam material, sehingga jika tekanan dilepas akan menimbulkan relaksasi material dengan membebaskan energi elastis yang tersimpan saat proses penekanan (Christian Petra, 2008). Briket kualitas terbaik dihasilkan dengan tekanan 18 pada skala kempa hidrolik, yang setara dengan tekanan sebesar  $2721,6 \times 10^3 \text{ N/m}^2$  atau secara teknik setara dengan pembebanan  $27,216 \text{ kg/cm}^2$ .

### 2.3.2 Lama Pengepresan

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas briket tersebut adalah dengan melakukan tekanan pengepresan yang mencukupi dan hingga dihasilkan briket yang padat dan tidak mudah hancur. Diharapkan jika briket yang dibuat semakin padat yaitu dengan menaikkan tekanan pengepresan, maka nilai kalor akan bertambah, kadar abu akan berkurang. Lama pengepresan yang di butuhkan ialah  $\pm 2$  jam karena tekstur bahan baku utama tidak terlalu keras.

### 2.3.3 Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan secara gravimetri dengan merujuk pada SNI 06-3730-1995. Briket ditimbang dengan menggunakan neraca analitik, lalu dipanaskan di dalam oven yang diatur pada suhu 105 °C selama 2 jam. Briket selanjutnya di timbang kembali. Kadar air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \times 100\%$$

Diketahui:

$M_1$  = Massa awal (gr)

$M_2$  = Massa setelah dikeringkan (gr)

### 2.3.4. Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan alat bomb calorimeter yang tujuannya adalah untuk mengetahui besar energi bruto yang terdapat pada briket. Sebelum melakukan pengujian, sampel di timbang dengan berat maksimum 1,1 gram yang merupakan berat maksimal yang diizinkan pada alat tersebut. Berdasarkan SNI 01-6235-2000 nilai kalor briket arang yang baik minimal 5000 kalori/gram. Kemudian lama pengovenan pada bahan baku tandan kosong kelapa sawit ialah 1 jam dengan massa 10 kg.

### 2.3.5 Perekat

Perekat yang biasa digunakan untuk membuat briket dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu perekat organik dan perekat anorganik:

1. Perekat organik, merupakan perekat yang efektif, tidak terlalu mahal dan menghasilkan abu yang relatif sedikit. Contoh perekat organik adalah kanji, dan tar.

2. Perekat anorganik, merupakan perekat yang dapat menjaga ketahanan briket dalam proses pembakaran, sehingga briket menjadi tahan lama. Selain itu perekat ini juga memiliki daya lekat yang kuat dibandingkan perekat organik, akan tetapi biaya yang dikeluarkan lebih tinggi dan menghasilkan abu yang lebih banyak dibandingkan perekat organik. Perekat pabrik seperti lem merupakan salah satu perekat anorganik.

## 2.5 Metode Eksperimen

Metode eksperimen merupakan percobaan yang bersistem dan berencana untuk membuktikan kebenaran suatu teori. Salah satu metode eksperimen adalah rancangan percobaan. Rancangan percobaan adalah serangkaian uji untuk mengamati dan mengidentifikasi perubahan output respon sebagai akibat dari perubahan – perubahan pada variable input dari suatu proses (Wuryandari dkk, 2009).

Perancangan percobaan dilandasi atas prinsip statistika mendasar agar analisis yang diterapkan terhadap hasil pengamatan valid secara ilmiah. Pada umumnya percobaan meliputi pengamatan terhadap dua faktor atau lebih. Percobaan yang melibatkan dua faktor atau lebih disebut sebagai percobaan faktorial. Dengan menggunakan percobaan faktorial akan dapat dideteksi respon dari taraf (level) masing - masing faktor dan interaksinya (Wuryandari dkk, 2009).

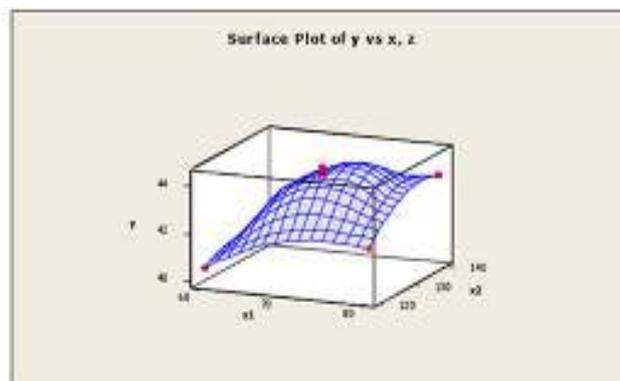
### 2.5.1 *Response Surface Method*

Metode permukaan respon (RSM) merupakan metode yang memiliki peranan yang sangat penting dalam merancang, merumuskan, mengembangkan, dan menganalisis suatu kajian ilmiah dan produk. Aplikasi ini paling umum digunakan dalam Industri, Biologi dan Ilmu Klinis, Ilmu Sosial, Ilmu Pangan, dan Ilmu Pengetahuan Fisik dan Teknik. Sejak RSM memiliki kegunaan yang sangat luas di dunia, sangat penting untuk mengetahui sejarah bagaimana dan di mana RSM ditemukan. Menurut Hill dan Hunter, metode RSM diperkenalkan pertama kali oleh G.E.P. Box dan Wilson pada tahun 1951 (Myers, Khuri, dan Carter, 1989) (Box dan Draper, 2007).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Myers, dan kawan-kawan, desain ortogonal dilatarbelakangi oleh Box dan Wilson (1951) dalam kasus orde pertama. Untuk model orde kedua, banyak saintis dan engineer memiliki pengetahuan tentang *the central composite designs* (CCDs) dan *three-level designs* oleh Box dan Behnken (1960). Juga, penelitian yang sama menyatakan bahwa kontribusi penting lain

datang dari Hartley (1959), yang membuat upaya untuk membuat lebih ekonomis atau desain komposit yang lebih kecil (Myers, Khuri, dan Carter, 1989) (Box dan Draper, 2007).

RSM adalah desain dan model yang bekerja dengan berbagai treatment secara terus menerus ketika menemukan nilai optimum atau menggambarkan respon sesuai tujuan (Hinkelmann dan Kempthorne, 2005) (Box dan Draper, 2007). Tujuan utama dari RSM adalah untuk menemukan respon optimal. Bila ada lebih dari satu respon maka penting untuk menemukan optimum kompromi yang tidak mengoptimalkan hanya saja satu respon (Box dan Draper, 2007). Bila ada kendala pada data desain, maka desain eksperimental harus memenuhi persyaratan kendala. Tujuan kedua adalah memahami bagaimana respon perubahan dalam arah tertentu dengan menyesuaikan variabel desain. Secara umum, permukaan respon dapat divisualisasikan dalam bentuk grafis. Grafik sangat membantu untuk melihat bentuk permukaan respon; bukit, lembah, dan garis bridge (Myers, Khuri, dan Carter, 1989) (Box dan Draper, 2007). Oleh karena itu, fungsi



**Gambar 2.2** *Surface Plot*

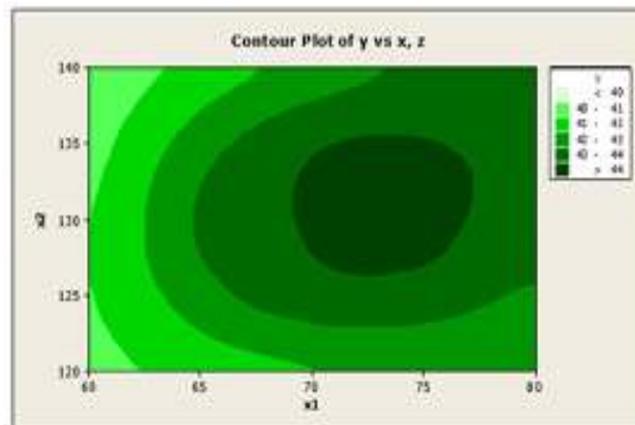
$f(x_1, x_2)$  dapat diplot versus tingkat  $x_1, x_2$  seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2**

$$y = f(x_1, x_2) + e \dots\dots\dots 1$$

Dalam gambar diatas, setiap  $x_1$  dan  $x_2$  menghasilkan nilai  $y$ . Gambar grafik tiga dimensi ini menunjukkan permukaan respon dari samping dan itu disebut plot permukaan respon.

$x_1$  dan  $x_2$  pasangan yang memiliki nilai respon yang sama  $y$ . Contoh plot kontur seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3**

**Gambar 2.3 Contour Plot**



**Tabel 2.1 Standar Mutu briket arang**

Sifat briket arang	SNI 01 -6235 -2000	Biobriket produksi		
		Amerika serikat	Inggris	Jepang
Kadar Air (%)	8	6,2	3 - 4	6 - 8
Kadar Abu (%)	8	8,3	5,9	3 - 6
Kadar Karbon terikat (%)	78,35	60	75,3	60 - 80
Kerapatan ( $g/cm^3$ )	0,477	1	0,46	1,0 - 1,2
Nilai kalor (kal/g)	5000	6230	7289	6000 - 7000
Zat menguap (%)	15	19 - 28	16,4	15 - 30

(Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dalam,2009)

### 2.5.2 Rancangan Faktorial

Rancangan percobaan bisa dilakukan untuk percobaan dengan faktor tunggal atau faktor ganda. Jika rancangan percobaan diterapkan pada satu faktor, maka akan disebut percobaan tunggal sedangkan bila percobaan diterapkan untuk multifaktor akan disebut percobaan faktorial.

### 2.5.3 *Response Surface Methodology (RSM)*

Response Surface Methodology (RSM) merupakan suatu metode gabungan antara teknik matematika dan teknik statistika, digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu response  $y$  yang di pengaruhi oleh beberapa variable bebas (faktor  $x$ ) guna mengoptimalkan respon tersebut Menurut Myers (2009). Hubungan antara respon  $y$  dan variabel bebas  $x$  adalah:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_k) + \varepsilon$$

Keterangan:

$Y$  = Variabel response

$x_j$  = Variabel bebas ( $j = 1, 2, 3, \dots, k$ )

$\varepsilon$  = Error

### 2.5.4 Analisis Sidik Ragam (*Analysis of Variance, ANOVA*)

Anova adalah suatu teknik yang memungkinkan kita menguji perbedaan variasi suatu faktor dari sampel yang di ambil. Dengan menggunakan ANOVA, kita dapat menarik kesimpulan apakah sampel yang kita ambil memiliki rata-rata kesamaan atau tidak. Ketika kita akan menggunakan ANOVA, kita harus mengasumsi bahwa sampel yang diambil berasal dari populasi normal dan setiap populasi memiliki kesamaan variasi.

## 2.6 Posisi Penelitian Terdahulu

Beberapa referensi sebagai acuan dan pembanding dalam penulisan tugas akhir yang diambil dari beberapa jurnal dan skripsi, dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	Sugiyono (2015)	Optimasi mutu briket arang campuran cangkang bintaro (cerbera odollam gaertn) dan tempurung kelapa dengan metode respon permukaan.	RSM	Hasil penelitian Penelitian ini dengan variabel respon yaitu kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, dan nilai kalor. Pengujian tambahan yang dilakukan yaitu kerapatan, keteguhan tekan, dan kadar karbon terikat. Solusi optimum yang direkomendasikan oleh program Design Expert 7.0.0 untuk keempat respon tersebut adalah konsentrasi arang cangkang bintaro 37.6%, suhu karbonisasi 430°C, dan konsentrasi perekat tapioka 3.4% dengan nilai desirability 0.924. Hasil yang diperoleh yaitu nilai kerapatan 0.55 g/cm <sup>3</sup> , keteguhan tekan 2.28 kg/cm <sup>2</sup> , kadar air 1.09%, kadar zat menguap 28.31%, kadar abu 5.87 %, kadar karbon terikat 65.82%, dan nilai kalor 6835 kal/gr.
2.	Nabila A.N Nadjib (2016)	Optimasi proses pembuatan biopellet dari ampas kopi instan dan arang tempurung kelapa dengan <i>Response Surface Method</i>	RSM	Pembuatan biopellet dilakukan dengan penambahan arang 8 - 42%, penambahan jumlah perekat 2,6 - 4,2%, dan perlakuan suhu pengempaan sebesar 130 - 230°C. Kondisi optimum diperoleh pada pencampuran arang tempurung kelapa 42%, jumlah perekat tapioka 4,2%, dan suhu pengempaan 229°C. Karakteristik biopellet yang dihasilkan adalah kadar air 4,95%, kadar zat terbang 50,63%, kadar abu 1,32%, kadar karbon terikat 48,05%, kerapatan biopellet 0,83 g/cm <sup>3</sup> , kuat tekan 15,75 kgf/cm <sup>2</sup> dan nilai kalor 6937,301 kkal/kg.
3.	Didi Dwi Anggoro, dkk (2017)	Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Tempurung Kelapa	RSM	hasil penelitian menunjukkan bahwa briket yang mempunyai nilai kalor paling tinggi adalah briket dengan komposisi perekat tepung kanji 2 % sebesar 4638 kalori/gram. Sedangkan nilai energi yang paling

		dan Serbuk Gergaji Kayu Sengon		rendah adalah briket dengan perekat 7% sebesar 4402.
4.	Yenni Darvina (2014)	Upaya peningkatan kualitas briket yang berasal dari campuran cangkang dan tandan kosong kelapa sawit	RSM	Berdasarkan penelitian diperoleh hasil sebagai berikut , Nilai kalor terkecil 5461,9 kal/gr dan tertinggi 6181,7 kal/gr. Kerapatan terkecil 0,65 gr/cm <sup>3</sup> dan terbesar 0,73 gr/cm <sup>3</sup> . Kadar air terkecil 16,3196 dan terbesar 16,91 %, kadar abu terkecil 11,46% dan terbesar 13,4 1%. Dari pengolahan data didapatkan bahwa semakin besar tekanan pengepresan briket maka nilai kalor semakin besar, kerapatan semakin besar, kadar air dan kadar abu semakin kecil.
5	Viqka Aswie (2018)	Pembuatan briket dari batang sawit menggunakan Gliserol produk samping biodiesel sebagai matrix	RSM	Briket yang dihasilkan dipengaruhi oleh ukuran partikel, komposisi matrix dan tekanan pengepresan dan telah memenuhi nilai kalor standar briket (min. 21.000 kJ/kg) standar SNI. Nilai kalor briket yang dihasilkan sebesar 21.968,2 – 28.089,9 kJ/kg dan nilai kuat tekan sebesar 0,86 – 7,526 kg/cm <sup>2</sup> .

## 2.6 Posisi Penelitian

Posisi penelitian bertujuan untuk menunjukkan posisi penelitian yang akan dilakukan, sehingga terhindar dari *plagiatisme*. Posisi penelitian ditunjukkan oleh table 2.3 berikut

Tabel 2 .3 Posisi Penelitian

No	Penelitian	Tahun	Judul Penelitian	Response Surface Method	Lokasi Penelitian
1	Yenni Darvina	2014	Upaya peningkatan kualitas briket yang berasal dari campuran cangkang dan tandan kosong kelapa sawit	✓	Pabrik Sawit, Padang
2	Sugiyono	2015	Optimasi mutu briket arang campuran cangkang bintaro ( <i>cerbera odollam gaertn</i> ) dan tempurung kelapa dengan metode respon permukaan	✓	Pabrik Kelapa, Bogor
3	Nabila A.N Najib	2016	Optimasi proses pembuatan biopellet dari ampas kopi instan dan arang tempurung kelapa dengan <i>Response Surface Method</i>	✓	Pabrik Kelapa, Tangerang
4	Didi Dwi Anggoro, Dkk	2017	Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Tempurung Kelapadan Serbuk Gergaji Kayu Sengon	✓	Mebel Tembalang, Semarang
5	Viqka Aswie	2018	Pembuatan briket dari batang sawit menggunakan Gliserol produk samping biodiesel sebagai matrix	✓	Pabrik Sawit, Pekan Baru
6	Raynaldi Tadobuana Lumban Tobing	2019	Optimasi proses produksi biobriket dari tandan kosong limbah kelapa sawit dengan <i>Response Surface Method (RSM)</i>	✓	Pabrik Sawit, KubuRaya