

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian Sudarno, S.T. 2014 menyelidiki energi aktivasi dan konstanta laju reaksi pembakaran serbuk gergaji yang dicampur dengan sekam padi atau tongkol jagung dalam bentuk serbuk. Persentase massa campuran sekam padi atau tongkol jagung ke dalam serbuk gergaji divariasikan mulai 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Untuk campuran sekam padi selanjutnya dinamakan SP0, SP25, SP50, SP75, SP100. Sedangkan untuk campuran tongkol jagung dinamakan SJ0, SJ25, SJ50, SJ75 dan SJ100. Dalam hal ini digunakan analisis termal macrothermalance dengan laju kenaikan temperatur 20°C/menit dan isothermal pada suhu 306°C, 311°C, 316°C, 319°C dalam lingkungan udara. Sedangkan massa sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 10 g. Dari hasil menunjukkan bahwa sebelum dicampur serbuk gergaji, tongkol jagung, dan sekam padi masing-masing mempunyai energi aktivasi pembakaran karbon tetap adalah 88,44 kJ/mol, 87,64 kJ/mol, 92,71 kJ/mol untuk non-isothermal dan 25,31 kJ/mol, 41,41 kJ/mol, 34,70 kJ/mol untuk isothermal. Setelah dilakukan pencampuran serbuk gergaji-tongkol jagung dan serbuk gergaji-sekam padi diperoleh perubahan Ea yang berkisar antara 87,64 kJ/mol – 118,73 kJ/mol untuk non-isothermal dan 24,89 kJ/mol – 99,24 kJ/mol untuk isothermal. Sedangkan konstanta laju reaksi pembakaran karbon tetap sebelum dicampur serbuk gergaji, tongkol jagung, dan sekam padi adalah  $8,4 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ ,  $5,4 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ ,  $5,1 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  untuk non-isothermal dan berkisar antara  $5,6 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  –  $8,8 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  untuk isothermal. Setelah dilakukan pencampuran serbuk gergaji-tongkol jagung dan serbuk gergaji-sekam padi diperoleh perubahan k yang berkisar antara  $4,5 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  –  $10,1 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  untuk nonisothermal dan  $3,9 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  –  $9,5 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  untuk isothermal.

Pada penelitian Robi Agus Christianto, S.T. 2019 menyatakan penelitian yang dibuat dari bahan daun tebu dengan menggunakan tepung maizena sebagai perekat. Untuk komposisi perekat pengujian ini yaitu 5 grm, 10 grm, 15 grm, dan tanpa perekat. Serta dari perbedaan ayakan serbuk daun tebu 1 mm, 1,5 mm, dan 2 mm. Untuk pengujian di cari meliputi uji ultimate, proksimat, nilai kalor, nilai kadar

abu, nilai kadar air, dan laju pembakaran. Yang terdiri dari nilai kalor 5554,711 cal/gr – 8611,089 cal/gr, nilai kadar abu 6,66% - 12%, nilai kadar air 9,2% - 9,8%, dan nilai laju pembakaran 0,0733 gr/menit – 0,0777 gr/menit.

## 2.2 Bahan Bakar Padat

Bahan bakar adalah materi yang digunakan untuk menghasilkan suatu energi. Bahan bakar menyimpan energi kalor yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Pada umumnya bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran (*redoks*) di mana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah bereaksi dengan oksigen di udara.

Adapun jenis-jenis dari bahan bakar padat antara lain:

- a. Batubara merupakan bahan bakar fosil berasal dari sisa-sisa makhluk hidup yang terkubur ratusan bahkan ribuan tahun lalu.
- b. Kayu dan non-kayu (biomassa), dapat dijadikan bio arang melalui proses pembakaran materi secara vakum.
- c. *Peat* berasal dari alang-alang, ranting, dan tebu yang telah terjadi dekomposisi atau pembusukan.

## 2.3 Pembakaran Bahan Bakar Padat

Batubara merupakan salah satu jenis bahan bakar padat yang telah banyak digunakan terutama di kalangan industri dan perusahaan pengolah energi. selain batu bara, biomassa termasuk dalam golongan bahan bakar padat. Biomassa diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu biomassa kayu dan non-kayu. Dalam tahap pembakaran biomassa terdapat tiga prosedur yang harus dilakukan yaitu pengeringan (*drying*), devolatilisasi (*devolatilization*) dan pembakaran arang (*char combustion*).

### a. Pengeringan (*drying*)

Pengeringan merupakan tahap pertama yang harus dilakukan sebelum melakukan proses pembakaran. Proses pengeringan dapat dilakukan dengan cara dipanaskan dengan temperatur tinggi dan radiasi api, tujuan dilakukannya pemanasan agar air yang ada di permukaan materi menguap, sedangkan air yang berada di dalam akan keluar melalui pori-pori partikel dan menguap. *Moisture* yang terdapat dalam sebuah materi dibagi menjadi dua antara lain, sebagai air bebas (*free water*) yang terdapat di dalam pori-

pori materi dan air terikat (*bound water*) yang terdapat di bagian permukaan suatu materi. Pengeringan adalah waktu yang diperlukan dalam tahap pemanasan agar partikel sampai ke titik penguapan dan melepaskan air. Kestimbangan energi pada partikel kecil menyatakan bahwa laju perubahan energi dalam partikel sama dengan laju kalor untuk menguapkan air ditambah laju perpindahan kalor ke partikel melalui konveksi dan radiasi (Borman dan Ragland, 1998).

b. Devolatilisasi (*devolatilization*)

Devolatilisasi/pirolisis merupakan langkah selanjutnya yang dilakukan setelah proses pengeringan. Setelah dilakukan pengeringan materi akan mengalami dekomposisi atau penguraian, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* merupakan hasil dari proses devolatilisasi. *Volatile matter* berasal dari gas-gas *combustible*, *non combustible* dan hidrokarbon.

c. Pembakaran arang (*char combustion*)

Pembakaran arang merupakan tahap terakhir dari proses pembakaran bahan bakar padat. Apabila proses devolatilisasi sudah sempurna (*pyrolysis process*) akan tersisa massa bahan bakar berupa arang (*fixed carbon*) dan abu. Partikel arang yang telah mengandung karbon, tersusun atas mineral-mineral anorganik dan sejumlah kecil atom hidrogen. Pada saat tidak terdapat zat *volatile* yang keluar dari arang dan karena arang berpori, oksigen dapat berdifusi melalui bagian luar lapis batas dan masuk menuju partikel arang, selanjutnya arang akan mengalami tahapan reaksi-reaksi kimia dan perpindahan massa berentetan, secara sederhana dapat dijelaskan, yaitu :

- i. Gas reaktan berdifusi melalui lapisan batas luar gas yang berhubungan dengan permukaan partikel arang (*eksternal mass transfer*).
- ii. Molekul gas reaktan berdifusi masuk ke pori-pori partikel arang (*internal mass transfer*).
- iii. Molekul gas diserap pada permukaan dan terjadilah reaksi kimia antara molekul padatan dan molekul gas (*adsorption*).

iv. Produk reaksi dilepaskan (*desorbtion*).

Pembakaran arang melibatkan difusi oksigen menuju permukaan arang dan reaksi kimia pada permukaannya. Laju pembakaran arang tergantung pada reaksi kimia antara molekul karbon-oksigen pada permukaan partikel, dan difusi oksigen internal atau bagian dalam partikel. Laju pembakaran arang tergantung pada konsentrasi oksigen, temperatur, gas, bilangan *Reynold*, ukuran, dan porositas arang.

d. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat

i. Ukuran partikel

Salah satu yang mempengaruhi dalam proses pembakaran bahan bakar padat adalah ukuran partikel di mana semakin kecil ukuran partikel maka lebih cepat terbakar.

ii. Kecepatan aliran udara

Laju pembakaran bio briket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

iii. Jenis bahan bakar

Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain *volatile matter* (zat yang mudah menguap) dan kandungan *moisture* (kadar air). Semakin banyak bahan bakar padat yang mengandung *volatile matter* maka semakin mudah bahan bakar padat tersebut terbakar.

iv. Temperatur udara pembakaran

Kenaikan temperatur udara pembakaran maka akan menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

## 2.4 Batubara

Batubara adalah bahan non logam yang sifatnya seperti arang kayu, tetapi panas yang dihasilkan lebih besar. Batubara adalah fosil dari tumbuh-tumbuhan yang mengalami perubahan kimia akibat dari tekanan suhu yang tinggi dalam kurun waktu lama (Sunarjianto dkk, 2008). Komposisi penyusun batu bara terdiri dari campuran hidrokarbon dengan komponen utama karbon. Di samping itu juga mengandung senyawa dan oksigen, nitrogen, dan belerang. Batubara diklasifikasikan menurut kadar kandungan karbon yang ada di dalamnya, yaitu

berturut-turut makin besar kadarnya lignite, bitumen, dan antrasit. Para ahli di atas mengemukakan definisi-definisi batu bara yang menjelaskan tentang batu bara tersebut dari berbagai aspek. Dari definisi-definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa batu bara merupakan batuan sedimen organik yang bersifat heterogenitas dalam aspek fisik, kimia, dan geologi.

Pembentukan batu bara memerlukan kondisi-kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era-era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman Karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu adalah masa pembentukan batu bara yang paling produktif di mana hampir seluruh deposit batu bara (black coal) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk. Pembentukan batu bara dimulai dengan proses pembusukan timbunan tanaman dalam tanah dan membentuk lapisan gambut kadar karbon tinggi. Menurut Noviyani (2011), pembentukan batu bara dari gambut (coalification) dipengaruhi oleh faktor, material pembentuk, temperatur, tekanan, waktu proses, dan berbagai kondisi lokal seperti kandungan oksigen, tingkat keasaman dan kehadiran mikroba. Proses coalification pada gambut terbagi menjadi tiga tahapan yaitu: pembusukan aerobik, pembusukan anaerobik, dan bituminisasi (perubahan lignit menjadi bituminous).

Jadi prosesnya, gambut akan terendam oleh lapisan tanah. Lapisan tanah itu bisa menimbun gambut karena faktor geologis, entah karena tanah itu terbawa oleh aliran rawa atau akibat pelapukan tanah. Intinya, tanah yang menimbun gambut akan memberikan tekanan pada gambut tersebut. Akibatnya gambut akan semakin tertekan ke bawah tanah dan temperatur gambut akan semakin meningkat.

Saat gambut tertekan, maka kadar air pada gambut akan dipaksa keluar sehingga struktur gambut lambat laun berubah menjadi padat. Semakin lama rentang waktunya, lapisan tanah yang menimbun gambut akan semakin meningkat, saat proses berlangsung selama jutaan tahun gambut tersebut akan berubah wujud menjadi batuan padat berwarna hitam yang mengandung hidrokarbon atau batu bara.

## **2.5 Biomassa**

Biomassa merupakan salah satu energi terbarukan yang bersumber dari alam yang sifatnya dapat diperbaharui. Biomassa merujuk pada bahan biologis yang hidup atau baru mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar. Biomassa

disebut juga sebagai “*fitomassa*” dan sering kali diterjemahkan sebagai *bioresource* atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Basis sumber daya meliputi ratusan bahkan ribuan spesies tanaman, berbagai sumber pertanian, perhutanan, limbah residu, proses industri, dan limbah kotoran hewan. (Firmansyah, 2018).

Pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar alternatif terbarukan merupakan solusi tepat atas permasalahan yang muncul akibat penggunaan bahan bakar fosil. Pemanfaatan energi biomassa memiliki banyak keuntungan dari sisi lingkungan yaitu mengurangi efek gas rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap, mencegah penyebaran penyakit. Pemanfaatan limbah dengan cara seperti ini, secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring naiknya harga bahan bakar minyak. Disamping itu, prinsip *zero waste* merupakan praktik pertanian yang ramah lingkungan.

Teknologi konversi yang dapat digunakan untuk mengubah kualitas biomassa dibagi menjadi tiga yaitu (Yokoyama, 2008) :

- Konversi fisika bertujuan meningkatkan luas permukaan dengan cara penggerusan, penggerindaan, dan pengukusan. Proses yang juga dilakukan ialah pemisahan, ekstraksi, penyulingan dan sebagainya untuk menghasilkan bahan berguna dari biomassa, serta proses pemampatan, pengeringan atau kontrol kelembaban bertujuan untuk kemudahan dalam proses pengangkatan dan penyimpanan. Konversi fisika dilakukan untuk pendahuluan agar mempercepat proses utama.
- Konversi kimia bertujuan untuk membangun partikel baru dari densifikasi biomassa, dilakukan dengan cara : hidrolisis, pembakaran, oksidasi parsial pirolisis, karbonisasi, reaksi hidrotermal untuk penguraian biomassa, sintesis, polimerisasi, dan hidrogenasi.
- Konversi biologi secara umum terdiri dari proses fermentasi antara lain fermentasi etanol, fermentasi metana, fermentasi aseton-butanol, fermentasi hidrogen, dan perlakuan enzimatik yang berperan penting pada penggunaan bio etanol generasi kedua. Aplikasi proses fotosintesis dan fotolisis bertujuan untuk memperbaiki sistem biomassa menjadi lebih baik.

Penggunaan bahan bakar biomassa secara langsung dan tanpa pengolahan akan menyebabkan timbulnya penyakit pernafasan yang disebabkan oleh karbon

monoksida, sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan bahan partikulat. Untuk memperbaiki karakteristik biomassa dilakukan cara densifikasi dalam bentuk briket atau biopellet (Yamada et.al.,2005).

Biomassa pada umumnya mempunyai densitas yang cukup rendah, sehingga akan mengalami kesulitan dalam penanganannya. Densifikasi adalah suatu metode pengembangan fungsi suatu sumber daya. Densifikasi dapat meningkatkan kandungan energi tiap satuan volume dan juga dapat mengurangi biaya transportasi dan penanganan. Densifikasi biomassa menjadi briket bertujuan untuk meningkatkan densitas dan mengurangi persoalan penanganan seperti penyimpanan dan pengangkutan. Secara umum densifikasi biomassa mempunyai beberapa keuntungan (Bhattacharya dkk, 1996) antara lain dapat menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut serta mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

## **2.6 Pelet**

Pelet merupakan salah satu bentuk energi biomassa, yang diproduksi pertama kali di Swedia pada tahun 1980-an. Pelet digunakan sebagai pemanas ruang untuk ruang skala kecil dan menengah. Pelet dibuat dari hasil samping terutama serbuk kayu. Pelet kayu digunakan sebagai penghasil panas bagi pemukiman atau industri skala kecil. Di Swedia, pelet memiliki diameter ukuran 6–12 mm serta panjang 10–20 mm (NUTEK 1996; Jonsson 2006 dan Zamiraza, 2009 ). Pelet merupakan hasil pengempaan biomassa yang memiliki tekanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan briket (60 kg/m<sup>3</sup>, kadar abu 1% dan kadar air kurang dari 10%) (El Bassam dan Maegaard 2004).

Pelet diproduksi oleh suatu alat dengan mekanisme pemasukan bahan secara terus-menerus serta mendorong bahan yang telah dikeringkan dan termampatkan melewati lingkaran baja dengan beberapa lubang yang memiliki ukuran tertentu. Proses pemampatan ini menghasilkan bahan yang padat dan akan patah ketika mencapai panjang yang diinginkan (Ramsay 1982 dalam Zamiraza, 2009).

Adapun beberapa karakteristik yang ada pada bio pellet, seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Karakteristik Biopelet

No	Uji	Karakteristik Biopelet
1.	Kadar Air	15,06% - 17,26%
2.	Lama Keterbakaran	5,42 menit/ 200gr – 7,29 menit/200gr
3.	Nilai Kalor	4029 Kkal/kg – 4106 Kkal/kg

Sumber : (Andrian, dalam Christianto, 2019)

Keunggulan utama pemakaian bahan bakar pelet biomassa adalah penggunaan kembali bahan limbah seperti serbuk kayu yang biasanya dibuang begitu saja. Serbuk kayu yang terbuang begitu saja dapat teroksidasi di bawah kondisi yang tak terkendali akan membentuk gas metana atau gas rumah kaca (Cook, 2007).



Gambar 2.1 Bahan bakar biomassa pelet.

Sumber : <http://energibarudanterbarukan.blogspot.com/>

Menurut PFI (2007), pelet memiliki konsistensi dan efisiensi bakar yang dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah dari kayu. Bahan bakar pelet menghasilkan emisi bahan partikulat yang paling rendah dibandingkan jenis lainnya. Arsenik, karbon monoksida, sulfur, dan gas karbon dioksida merupakan sedikit polutan air dan udara yang dihasilkan oleh penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Sistem pemanasan dengan pelet menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang rendah, karena jumlah CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan selama pembakaran setara dengan CO<sub>2</sub> yang diserap tanaman ketika tumbuh, sehingga tidak membahayakan lingkungan. Dengan efisiensi bakar yang tinggi, jenis emisi lain seperti NO<sub>x</sub> dan



bahan organik yang mudah menguap juga dapat diturunkan. Masalah yang masih tersisa adalah emisi debu akibat peningkatan penggunaan sistem pemanasan dengan pelet.

## 2.7 Daun Tebu

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim yang di dalam batangnya terdapat gula dan merupakan keluarga rumput-rumputan (*graminae*) seperti halnya padi dan jagung. Jenis tanaman tebu yang telah dikenal, seperti POJ-3016, POJ-2878 dan POJ-2976, pada umumnya merupakan hasil pemuliaan antara tebu liar (*Saccharum spontaneum* atau glagah) dan tebu tanam (*Saccharum officinarum*) atau hasil berbagai jenis tebu tanam (Widiarti, 2008). Ketersediaan daun tebu di Jawa Timur pada tahun 2004/2005 sejumlah 4.845.950,5 ton dengan nilai kalor sebesar 3267.10 kalori/gram.

Limbah perkebunan termasuk pucuk tebu (daun) mudah rusak dan kering sehingga kurang disukai oleh ternak (terutama pucuk tebu), oleh karena itu perlu usaha pengawetan (Musofie *et al.* 1983). Pada waktu panen pucuk tebu tersedia cukup banyak dalam waktu yang singkat melebihi kebutuhan ternak. Untuk itu dipandang perlu mengolah pucuk tebu sebagai hijauan awetan (Rahman, 1991). Pucuk tebu yang dimaksud di sini adalah ujung atas batang tebu berikut 5-7 helai daun yang dipotong dari tebu yang dipanen untuk tebu bibit atau tebu giling (Musofie dan Wardhani, 1983). Adapun karakteristik daun tebu seperti yang terdapat pada tabel 2.2 di bawah:

Tabel 2.2 Analisa Karakteristik Bahan Baku

No.	Kode Bahan	Kandungan Zat					
		NDF (%)	ADF (%)	Hamilselulosa (%)	Selulosa (%)	Silikat (%)	Lignin (%)
1	Daun Tebu	67,07	46,31	20,76	30,60	7,73	7,98

Sumber : (Christianto, 2019)

Berdasarkan data tabel di atas kandungan Lignin dari daun tebu yaitu sebesar 7,98 %, selulosa 30,60%, hemiselulosa 20,76%, silikat 7,73%, ADF 46,31% dan NDF 67,07%. Kandungan lignin yang tinggi menunjukkan daun tebu memiliki potensi yang baik digunakan sebagai penguat/ perekat alami dalam pembuatan

biopelet. Selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen utama lainnya dalam bahan alam berlignoselulosa (Christianto, 2019).

## 2.8 Bahan Perekat

Pemakaian bahan perekat digunakan untuk menyerap air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat dua *substrat* yang akan direkatkan. Dengan adanya bahan perekat maka susunan partikel akan semakin baik, teratur dan lebih padat. Sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekan dan arang briket akan semakin baik. Serta dalam penggunaan bahan perekat harus memperhatikan faktor ekonomis maupun non-ekonomisnya.

Adapun bahan perekat dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu (Ndraha, 2009)

### a. Perekat anorganik

Perekat anorganik dapat menjaga ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Perekat anorganik memiliki kelemahan yaitu sifatnya yang banyak meninggalkan abu pada waktu pembakaran sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Adapun contoh perekat anorganik yaitu : natrium silikat, magnesium, *cement*, dan *sulphite*.

### b. Perekat organik

Perekat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan pada umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Adapun contoh dari perekat organik yaitu : tepung kanji, aspal, amilum, tar, dan parafin.

### c. *Hydrocarbon*

Bahan perekat jenis ini sering dipergunakan sebagai bahan perekat untuk pembuatan arang cetak ataupun batu bara cetak. Tepung tapioka mempunyai beberapa nama lain seperti tepung singkong, aci, dan tepung kanji. Tepung tapioka diperoleh dari umbi akar ketela pohon yang telah melalui proses terlebih dahulu. Tapioka memiliki sifat-sifat yang serupa dengan tepung sagu, sehingga keduanya dapat dipertukarkan. Tepung ini sering digunakan untuk membuat makanan dan bahan perekat (Wikipedia, 2017).

## 2.9 Minyak Biji Kapas

Biji kapas merupakan bahan alam yang dapat diperoleh dari tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*). Pada biji kapas terdapat kandungan minyak alami yang memiliki nilai kalori yang cukup baik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Pada penelitian ini minyak biji kapas digunakan sebagai bahan perekat pada pelet daun tebu dengan tujuan agar dapat meningkatkan karakteristik pembakaran dari pelet.



Gambar 2.2 Minyak Biji Kapas

Sumber: [www.kholic.com](http://www.kholic.com)

Minyak biji kapas (MBK) telah diuji dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor Se-mawar 203 dengan dicampur kerosin dengan perbandingan (75:25). Penggunaan pada kompor ini menunjukkan *preheating* lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya. Warna nyala api biru, tidak berjelaga, dan tanpa kendala dalam penggunaannya selama 6 jam terus-menerus (Joko-Hartono et al., 2009).

## 2.10 Densifikasi

Proses densifikasi dilakukan pada bahan berbentuk curah atau memiliki sifat fisik yang tidak beraturan. Terdapat tiga tipe proses densifikasi, antara lain: *extruding*, *briquetting*, dan *pelleting*. Pada proses *extruding*, bahan dimampatkan menggunakan sebuah ulir (*screw*) atau piston yang melewati *dies* sehingga menghasilkan produk yang rapat dan padat. Proses *briquetting* menghasilkan produk berbentuk seperti tabung dengan diameter ukuran dan tinggi yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Proses *pelleting* terjadi karena adanya aliran bahan dari *roll* yang berputar disertai dengan tekanan menuju lubang-lubang *dies* pencetak biopelet. Peletisasi merupakan proses pengeringan dan pembentukan biomassa dengan menggunakan tekanan tinggi untuk menghasilkan biomassa padat berbentuk silinder dengan diameter maksimum 25 mm.

Proses peletisasi bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar biomassa dengan volume yang secara signifikan lebih kecil dan densitas energi lebih tinggi, sehingga lebih efisien untuk proses penyimpanan, transportasi, dan konversi ke dalam bentuk energi listrik atau energi kimia lainnya (AEAT, dalam Christianto, 2019).

### **2.11 Karakteristik Energi Pembakaran**

Dari uji terdahulu berupa uji penyalaan awal diketahui bahwa semua produk yang dihasilkan menyala ketika di bakar. Nyala apinya lebih tahan lama dari pada arang, tidak berbau dan tidak mengeluarkan asap. Setelah pengujian secara fisik, lalu dilanjutkan pengujian secara kimia meliputi pengujian kadar air, kadar abu, laju pembakaran, dan nilai kalor (Christianto, 2019).

Menurut Almu, M.A dkk (2014) Prinsip pembakaran bahan bakar sejatinya adalah reaksi kimia bahan bakar dengan oksigen (O). kebanyakan bahan bakar mengandung unsur karbon (C), Hidrogen (H) dan Belerang (S). Akan tetapi yang memiliki kontribusi yang penting terhadap energi yang dilepaskan adalah C dan H. Masing-masing bahan bakar mempunyai kandungan unsur C dan H yang berbeda-beda. Proses pembakaran terdiri atas dua jenis yaitu pembakaran sempurna (complete combustion) dan pembakaran tidak sempurna (incomplete combustion). Pembakaran sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen hanya akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, seluruh unsur H menghasilkan H<sub>2</sub>O dan seluruh unsur S menghasilkan SO<sub>2</sub>. Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen seluruhnya tidak menjadi gas CO<sub>2</sub>. Keberadaan CO pada hasil pembakaran menunjukkan bahwa pembakaran berlangsung tidak sempurna.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat, antara lain :

1. Ukuran partikel yang lebih kecil ukurannya akan cepat terbakar.
2. Kecepatan aliran udara Laju pembakaran briket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

3. Jenis bahan bakar Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan volatile matter dan kandungan moisture.
4. Temperatur udara pembakaran Kenaikan temperatur pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran. Sehingga menyebabkan laju pembakaran meningkat.

### 2.11.1 Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran ialah proses pengujian dengan cara membakar pellet untuk mengetahui berapa lama nyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang massa pellet yang sudah terbakar, lamanya waktu penyalaan dihitung menggunakan stopwatch dan massa pellet ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Pengujian laju pembakaran ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar efisiensi bahan bakar pelet. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui laju pembakaran adalah :

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{M}{W}$$

Keterangan :

M = Massa briket (gr)

W = Waktu pembakaran briket (s)

Sumber : (Rindayatno dan Lewar, 2017).

### 2.11.2 Kadar Abu

Kadar abu adalah hasil perbandingan berat abu yang terkandung setelah dilakukan pembakaran dengan berat awal spesimen sebelum dilakukan pembakaran, apabila suatu spesimen yang sudah dibakar memiliki kadar abu yang rendah maka hal ini menunjukkan bagusnya pembakaran spesimen tersebut.

$$\text{Kadar abu} = \frac{C-A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = massa cawan kosong (gr)

B = massa cawan + sampel (gr)

C = massa cawan + sampel setelah di oven (gr)

Sumber : (Rindayatno dan Lewar, 2017).

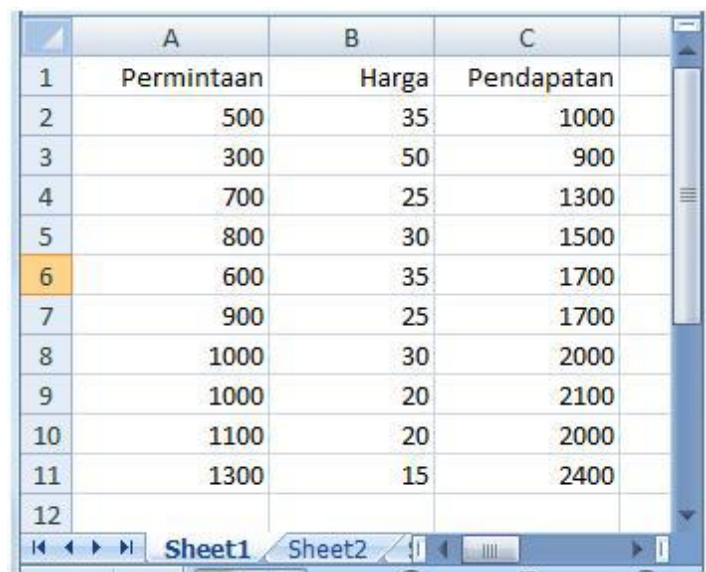
## 2.12 Analisis Regresi

Menurut Junaidi (2014) dalam statistik, regresi merupakan salah satu peralatan yang populer digunakan, baik pada ilmu-ilmu sosial maupun ilmu-ilmu eksak. Karenanya, *software-software* statistik umumnya memiliki fasilitas untuk pendugaan dan analisis regresi ini. Misalnya, SPSS, Minitab, LISREL, Eviews, STATA, dan lainnya.

Pada program Excel juga memiliki fasilitas perhitungan regresi ini. Analisisnya juga relatif lengkap. Oleh karenanya, tidak ada salahnya kita juga bisa menggunakan fasilitas ini. Selain prosedurnya lebih gampang, program Excel umumnya terdapat di hampir semua komputer, sebagai bagian dari fasilitas ini. Selain prosedurnya lebih gampang, Program Excel umumnya terdapat di hampir semua komputer, sebagai bagian dari Microsoft Office.

Tahapan-tahapan estimasi persamaan regresi menggunakan Microsoft Excel adalah sebagai berikut :

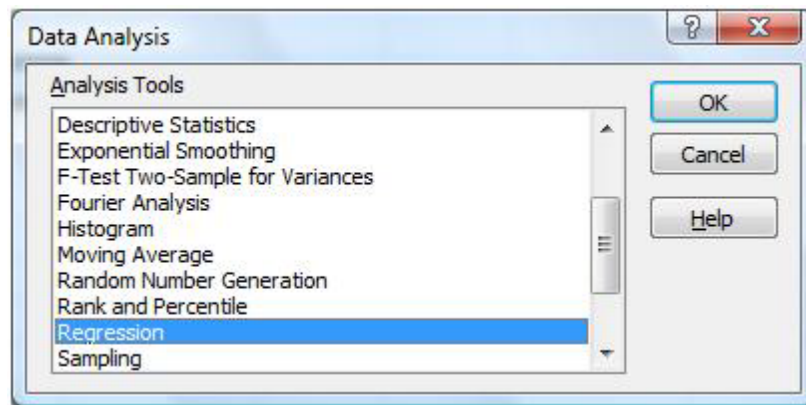
1. Misalnya kita ingin menduga persamaan regresi untuk melihat pengaruh harga dan pendapatan terhadap permintaan suatu barang. Katakanlah kita punya 10 set data (tahun atau daerah). Permintaan kita hitung dalam jumlah unit barang, harga dalam ribu rupiah per unit barang dan pendapatan dalam ribu rupiah per kapita. Sebagai latihan ketikkan angka-angka berikut pada range A1:C11 seperti terlihat pada gambar 2.3 berikut :



	A	B	C
1	Permintaan	Harga	Pendapatan
2	500	35	1000
3	300	50	900
4	700	25	1300
5	800	30	1500
6	600	35	1700
7	900	25	1700
8	1000	30	2000
9	1000	20	2100
10	1100	20	2000
11	1300	15	2400
12			

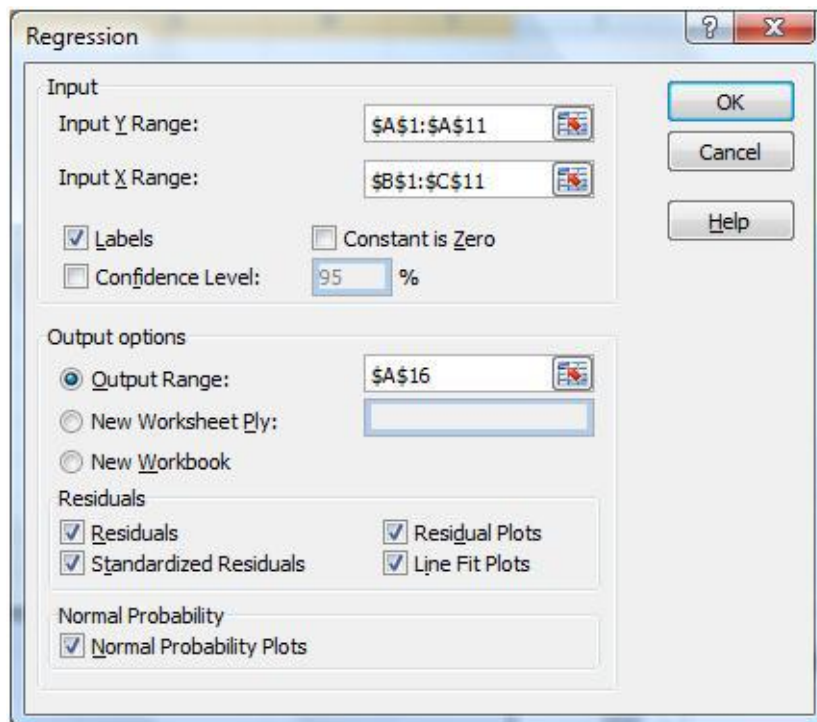
Gambar 2.3 Data Untuk Regresi.

2. Klik menu Tool kemudian klik Data Analysis. (Catatan: jika setelah mengeklik Tool, ternyata tidak muncul pilihan Data Analysis, berarti menu tersebut belum diaktifkan di program Excel Anda. Untuk mengaktifkannya, klik Tool, kemudian klik Add ins, selanjutnya conteng pada pilihan Analysis Toolpak, setelah itu klik ok. Lalu ulangi tahap 2 ini). Tampilan yang muncul setelah mengeklik Data Analysis adalah seperti tampilan 2. Selanjutnya klik Regression dan klik OK.



Gambar 2.4 Data Analisis.

3. Selanjutnya akan muncul tampilan 3 berikut :



Gambar 2.5 Regression.

Isi *Input Y Range* (bisa dengan mengetikkan ke dalam kotak putihnya atau memblok data). *Input Y Range* adalah variabel yang menjadi variabel terikat (*dependent variable*). Kemudian isikan *Input X Range*. *Input X Range* adalah variabel yang menjadi variabel bebas (*independent variable*). Semua variabel bebas diblok sekaligus. Catatan: Baik *Y range* maupun *X range*, di dalamnya termasuk judul/nama variabel.

Selanjutnya conteng kotak *Labels*. Ini artinya, memerintahkan Excel untuk membaca baris pertama dari data kita sebagai nama variabel. Anda juga bisa menconteng *Constant is Zero*, jika menginginkan *output* regresi dengan konstanta bernilai 0. Anda juga bisa menconteng *Confidence Level* jika ingin mengganti nilai *confidence level* (jika tidak diconteng, Excel akan memberikan *confidence level 95%*). Dalam latihan kita kedua pilihan tersebut tidak kita conteng.

Selanjutnya pada *Output Option* kita bisa menentukan penempatan output/hasilnya. Bisa pada *worksheet* baru atau *workbook* baru. Katakanlah kita menempatkan *output* di *worksheet* yang sama dengan data kita. Conteng *Output Range* dan isi kotak putihnya dengan sel pertama di mana *output* tersebut akan ditempatkan. Dalam contoh ini, misalnya ditempatkan pada sel A16.

Pada pilihan *Residual*, terdapat 4 pilihan. Anda bisa menconteng sesuai dengan keinginan. Dalam kasus ini kita conteng semua pilihan tersebut. Selanjutnya, terdapat pilihan untuk menghasilkan *Normal Probability*. Dalam kasus kita, juga kita conteng pilihan ini. Setelah itu, klik OK. Maka akan muncul hasil regresi.