

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, D., Kurniawan, E., Ginting, Z., Ishak, I., & Dewi, R. (2022). Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Pembuatan Biopellet. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(2), 11–24.
- Abrar, D., Hidayat Reftalani, M., Hanifah, T., Rusnadi, I., Teknik Kimia, J., Studi Sarjana Terapan Teknik Energi, P., & Negeri Sriwijaya Jalan Srijaya Negara Palembang, P. (2020). *Pemanfaatan Biji Kepayang (Pangium edule Reinw) Menjadi Biodiesel Dan Biopellet Dengan Menggunakan Alat Screw Oil Press Machine Utilization Seed Meal Of Kepayang (Pangium edule Reinw) To Be Biodiesel And Biopellet By Using Screw Oil Press Machine* (Vol. 01, Issue 01). Oktober.
- Bantacut, T., Hendra, D., & Rathi, D. (n.d.-a). The Quality Of Biopellet From Combination Of Palm Shell Charcoal And Palm Fiber Mutu Biopellet dari Campuran Arang Dan Sabut Cangkang Sawit. In *Nurwigha J Tek Ind Pert* (Vol. 23, Issue 1).
- Bergman, R., Zerbe, J., & Technologist, W. (n.d.-a) (2013). *Primer on Wood Biomass for Energy*. [www.forest2market.com](http://www.forest2market.com)
- Djoko Purwanto Pendahuluan Peneliti pada Balai Riset dan Standardisasi Industri, B. I. (2010a). *Arang Dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit ( Jacq) Elaeis guineensis (Charcoal From Palm Shell Waste)*.
- Ervando, M., Satmoko, A., Danang, \*, Saputro, D., & Budiyo, A. (2013). Karakterisasi Briket Dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon Dengan Metode Cetak Panas. In *JMEL* (Vol. 2, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jmel>
- Firdaus, M., & Nurdin, H. (n.d.-b)(2019). *analisis nilai kalor briket bunga kelapa sawit menggunakan perekat tapioka dan damar..*
- Goenadi, S., & Isroi, W. R. (n.d.). Pemanfaatan produk samping kelapa sawit sebagai sumber alternatif energi terbarukan. 2008. [http. Isroi. Com](http://isroi.com).
- Hatina, S., & Winoto, E. (2022). pengaruh damar sebagai perekat pada biobriket cangkang biji karet. *Jurnal Redoks*, 7(2), 39–48.
- Hendra, D. (2012). Rekayasa pembuatan mesin pelet kayu dan pengujian hasilnya. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(2), 144–154.

- Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi, P., Suhendarwati, L., Suharto, B., & Dewi Susanawati, L. (n.d.). *The Influence of Potassium Hydroxide Concentrations on the Activated Baggase Bottom Ash*.
- Kurniawan, E., Ginting, Z., & Dewi, R. (2022a). pemanfaatan limbah serabut kelapa sawit (*elaeis guineensis* jacg.) sebagai sumber energi alternatif dalam pembuatan biopelet. In *Chemical Engineering Journal Storage* (Vol. 2, Issue 2).
- Lamanda, D. D., Setyawati, D., Diba, F., & Roslinda, E. (2015). Karakteristik biopelet berdasarkan komposisi serbuk batang kelapa sawit dan arang kayu laban dengan jenis perekat sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. *Jurnal Hutan Lestari*, 3(2).
- Lehmann, B., Schröder, H.-W., Wollenberg, R., & Repke, J.-U. (2012). Effect of miscanthus addition and different grinding processes on the quality of wood pellets. *Biomass and Bioenergy*, 44, 150–159.
- Lestari, S. P., Aswan, A., & Sumarna, H. (2019). Prototype Pengering Bahan Baku dan Produk Biopelet Ditinjau dari Energi H<sub>2</sub>O Yang Teruapkan ke Udara. *KINETIKA*, 10(1), 13–17.
- Manalu, B. R., Irianty, R. S., & Zultiniar, Z. (2020). Pembuatan Briket Dari Kulit Kacang Tanah Dan Kulit Kopi Dengan Getah Damar Sebagai Perekat. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Dan Sains*, 7, 1–5.
- Mustamu, S., & Pattiruhu, G. (2018). Pembuatan Biopelet Dari Kayu Putih Dengan Penambahan Gondorukem Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 2(1), 91–100.
- Nurhilal, O., & Suryaningsih, S. (2017). Karakterisasi biobriket campuran serbuk kayu dan tempurung kelapa. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 7(02), 13–16.
- Nuriana, W. (2022). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Bahan Biopelet Terhadap Laju Pembakaran Dan Kerapatan Massa Pada Limbah Kayu Mahoni. *JURNAL AGRI-TEK: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 23(1), 11–15.
- Nurwigha, R. (2012). Pembuatan biopelet dari cangkang kelapa sawit dengan penambahan arang cangkang sawit dan serabut sawit sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. *Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor*.
- Nyoman Sukarta, I., & Putu Sri Ayuni, dan. (2016). *analisis proksimat dan nilai kalor pada pellet biosolid yang dikombinasikan dengan biomassa limbah bambu* (Vol. 5, Issue 1).

- Putra Wirman, S., & Fitri dan Wildo Apriza, Y. (n.d.). karakterisasi komposit serat sabut kelapa sawit dengan perekat pvac sebagai absorber. *Juni, 1*, 10–15.
- Saptoadi, H. (2008). The best biobriquette dimension and its particle size. *Asian J. Energy Environ*, 9(3), 161–175.
- Saragih, A. E. (2013). Karakteristik biopelet dari campuran cangkang sawit dan kayu sengon sebagai bahan bakar alternatif terbarukan [skripsi]. *Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor*.
- Satmoko, M. E. A., Saputro, D. D., & Budiyono, A. (2013). Karakterisasi briket dari limbah pengolahan kayu sengon dengan metode cetak panas. *JMEL: Journal of Mechanical Engineering Learning*, 2(1).
- Selpiana, D., Maman, S., & Ilham, R. (2016). Pengaruh Rasio Perekat Damar dan Ukuran Serbuk Arang Pada Biobriket Cangkang Biji Karet dan LDPE. *Prosiding Seminar Nasional AVOER*, 8, 635–644.
- Setiawan, M., Rahmana Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jln Raya Palembang -Prabumulih Km, I., & Ogan Ilir, I. (n.d.). *prosiding seminar nasional avoer 8 pengaruh rasio perekat damar dan ukuran serbuk arang pada biobriket cangkang biji karet dan ldpe*.
- Sudarja, S. (2009). Analisis Rekayasa dan Karakterisasi Briket Bahan Bakar dari Limbah Serat Kenaf. *Semesta Teknika*, 12(1), 92–98.
- Sudrajat, R., & Pari, G. (2011). Arang Aktif. *Teknologi Pengolahan Dan Masa Depannya. Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta*.
- Suhendarwati, L., Suharto, B., & Susanawati, L. D. (2013). Pengaruh konsentrasi larutan kalium hidroksida pada abu dasar ampas tebu teraktivasi. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1(1), 19–25.
- Syafriuddin, R. H. (1979). Perbandingan Penggunaan Energi Alternatif Bahan Bakar Serabut (Fiber) Dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Bahan Bakar Batubara Dan Solar Pada Pembangkit Listrik. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III ISSN*, 911X.
- Utami, E. R. (2011). Antibiotika, resistensi, dan rasionalitas terapi. *Sainstis*.
- Wirman, S. P., Fitri, Y., & Apriza, W. (2016). Karakterisasi komposit serat sabut kelapa sawit dengan perekat PVAc sebagai absorber. *Journal Online of Physics*, 1(2), 10–15.

- Yanti, R. N., Ratnaningsih, A. T., & Ikhsani, H. (2022). Pembuatan bio-briket dari produk pirolisis biochar cangkang kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(1), 11–18. <https://doi.org/10.31849/jip.v19i1.7815>
- Zamirza, F. (2009). Pembuatan Biopellet dari Bungkil Jarak Pagar (*Jathropa culcas L*) dengan Penambahan Sludge dan Perekat Tapioka. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. *Jurnal Medika Veterinaria*.
- Zikri, A. (2019). analisa unjuk kerja kompor biomassa terhadap karakteristik biopellet eceng gondok (*eichhornia crassipes*) dengan getah damar (*agathis loranthifolia*). *kinetika*, 10(3), 1–5.
- Zikri, A., Meigita, C., & Samosir, J. A. (2018). karakteristik biopellet dari variasi bahan baku sebagai bahan bakar alternatif characteristics of biopellet from variation of raw materials as alternative fuel. *Jurnal Kinetika*, 9(01), 26–32. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Zuhdi, M. (2018). *Kulit Kayu Pinus Sebagai Fortifier Biopellet Batang Singkong*.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Prosedur penelitian

#### 1. Analisis kadar air (Metode Thermogravimetri)

Prosedur pengujian

- a) Disiapkan sampel yang telah dihaluskan.
- b) Ditimbang sampel sebanyak 2 gram kemudian dimasukkan kedalam cawan porseline yang terlebih dahulu diketahui beratnya.
- c) Dimasukkan cawan porseline+ sampel kedalam oven pada suhu 105°C selama 3-5 jam hingga berat konstan.
- d) Dimasukkan cawan porseline+ sampel kedalam desikator selama 15 menit, setelah dari oven.
- e) Ditimbang 44norgan cawan porseline+sampel dan dicatat hasilnya.
- f) Dihitung kadar airnya dengan menggunakan persamaan matematis.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{b-c}{b} \times 100 \%$$

Keterangan:

b= sampel sebelum dioven (g)

c = sampel setelah dioven (g)

#### 2. Analisis kadar abu (Metode Thermogravimetri)

- a) Disiapkan sampel yang telah dihaluskan
- b) Ditimbang sampel biopellet 2 gram, kemudian dimasukkan kedalam cawan
- c) Dimasukkan kedalam muffle pada suhu 525°C selama 4 jam, setelah

selesai suhu diturunkan secara perlahan-lahan hingga 100°C d)

Dipindahkan kedalam oven dengan suhu 100°C selama 15 menit

e) Dipindahkan kedalam desikator untuk menyesuaikan dengan suhu kamar

f) Ditimbang cawan crus+sampel dan dicatat hasilnya.

g) Dilakukan perhitungan kadar abu berdasarkan berat kering dengan persamaan matematis.

Berat kering berat sampel = berat sampel – (b sampel x kadar air % (db))

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu (gram)}}{\text{berat kering (gram)}} 100\%$$

(berat cawan + sampel) – berat cawan kosong

Keterangan:

Berat abu (gram) = (berat cawan + sampel) – berat cawan kosong

### 3. Analisis nilai kalor kal (kkal) (Standar ASTM D-2015-00)

- Penetapan nilai kalor dilakukan dengan cara menimbang sampel briket
- Kemudian diletakkan kedalam cawan silika dan diikat dengan kawat nikel
- Kemudian dimasukkan kedalam tabung dan ditutup rapat
- Tabung tersebut kemudian dialiri oksigen selama 30 detik
- Setelah itu, tabung dimasukkan kedalam *bomb calorimeter*.
- Pembakaran dimulai saat suhu air sudah konstan

$$\text{Nilai kalor} = \frac{\Delta T \times C}{m}$$

Keterangan :

C = Kapasitas kalori alat (25565,6 cal/°C)

T1 = Suhu awal selama pengujian (°C)

T2 = Suhu akhir selama pengujian (°C)

M = Massa sampel (gram)

### 4. Analisis karakteristik pembakaran biopellet

- a) Biopellet cangkang kelapa sawit yang dihasilkan pada penehtian ini dilakukan pengujian aplikasi dalam mendidihkan air.
- b) Masing-masing biopellet dinyalakan dan dicoba untuk mendidihkan air sebanyak 300 ml.
- c) Nilai yang diukur adalah waktu (menit) biopellet dalam mendidihkan air tersebut.

Laju pembakaran biopellet dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$LP = \frac{ma - mb}{Tbakar}$$

Keterangan:

LP = Laju pembakaran (g/detik)

ma = Massa briket sebelum pembakaran (g)

mb = Massa briket setelah pembakaran (g)

Tbakar = Waktu pembakaran (menit)

#### **5. Analisis kadar Karbon (Metode *loss of weight on ignition* LOI% )**

- a) Sampel sedimen diambil dua kali setiap stasiun dengan berat masing-masing 10g
- b) Sampel sedimen pertama digunakan untuk menganalisis kandungan Total Carbon (TC)
- c) sedimen tersebut dimasukkan ke dalam muffle furnace panaskan pada suhu 550°C selama 5-6 jam (proses pengabuan)
- d) lalu didinginkan ke dalam desikator.
- e) Kemudian timbang berat akhirnya.
- f) Sampel sedimen kedua digunakan untuk menganalisis kandungan Karbon Organik Total (KOT).
- g) sedimen tersebut direndam dengan HCl 6 M untuk menghilangkan total 46norganic karbon
- h) kemudian bilas dengan aquades untuk menghilangkan kandungan 46norganic.
- i) Lalu sampel dikeringkan ke dalam oven, setelah kering masukkan ke dalam *muffle furnace* panaskan pada suhu 550°C selama 5-6 jam (proses pengabuan)

j) didinginkan di dalam desikator

k) Kemudian timbang berat akhirnya.

(KOT%)

$$= \frac{\text{Berat awal (gram)} - \text{berat setelah pengabuan (gram)}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$



## Lampiran 2. Dokumentasi penelitian



(Pengovenan serabut/fiber )



(Arang cangkang kelapa sawit)



(Getah damar)



(Pengecilan ukuran bahan)



(Pembuatan perekat)



(Pencampuran adonan)



Percetakan biopellet



hasil biopellet



Penjemuran biopellet



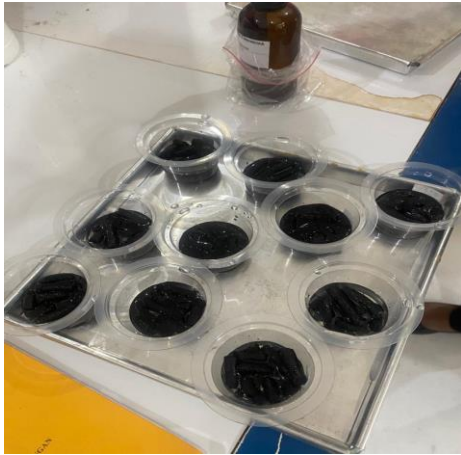
Analisis kadar air



Analisis kadar abu



Analisis laju pembakaran



Analisis kadar karbon



Analisi nilai kalor

### Lampiran 3. Perhitungan stastik pengamatan

#### A. Analisis kadar air

Tabel 23. Data primer kadar air (wb%)

	1	2	Jumlah	Rerata
	B1			
A1	2.42	2.49	4.91	2.46
A2	2.30	2.48	4.78	2.39
A3	2.06	2.14	4.21	2.10
	6.79	7.11		
	B2			
A1	2.14	1.99	4.14	2.07
A2	1.93	2.45	4.38	2.19
A3	1.99	2.88	4.87	2.44
	6.06	7.32		
	B3			
A1	2.44	2.97	5.41	2.70
A2	2.13	2.74	4.87	2.44
A3	2.49	2.74	5.23	2.62
	7.06	8.45		
Jumlah	19.91	22.89	42.80	21.40

Komputasi:

$$GT = 42.80$$

$$FK = \frac{(GT)^2}{r \times a \times b} = \frac{(42.80)^2}{2 \times 3 \times 3} = \frac{1.831.84}{18} = 101.768$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Total} &= \sum \{(A1B1)^2+(A1B2)^2+(A1B3)^2\dots+(A3B3)^2\} - FK \\ &= 103.46 - 101.760 \\ &= 1.692 \end{aligned}$$

Tabel 24. Total AxB kadar air

	B1	B2	B3	Jumlah
A1	4,91	4,14	5,41	14,46
A2	4,78	4,38	4,87	14,03
A3	4,21	4,87	5,23	14,31
Jumlah	13,90	13,38	15,51	

$$JK \text{ Perlakuan} = \frac{(\sum A_1 B_1)^2 + (\sum A_1 B_2)^2 + (\sum A_1 B_3)^2 + \dots + (\sum A_3 B_3)^2 - FK}{r}$$

$$= \frac{205.07}{2} - 101.768$$

$$= 0.767$$

$$JK \text{ A} = \frac{\sum (A_{12} + A_{22} + A_{n2} + \dots)}{r \cdot b} - FK$$

$$= \frac{610.70}{6} - 101.768$$

$$= 101.783 - 101.768$$

$$= 0.0153$$

$$JK \text{ B} = \frac{\sum (B_{12} + B_{22} + B_{n2} + \dots)}{r \cdot b} - FK$$

$$= \frac{613.07}{6} - 101.768$$

$$= 102.178 - 101.768$$

$$= 0.4103$$

$$JK \text{ A x B} = JK \text{ Perlakuan} - JK \text{ A} - JK \text{ B}$$

$$= 0.767 - 0.0153 - 0.4103$$

$$= 0.3414$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Error} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 1.692 - 0.767 \\
 &= 0.925
 \end{aligned}$$

Tabel 25. Total AxB kadar air

Sumber Keragaman	db	JK	RK	Fh	Ft	
					5%	1%
A	2	0.02	0.01	0.08 <sup>tn</sup>	4.26	8.02
B	2	0.41	0.21	2.02 <sup>tn</sup>	4.26	8.02
A x B	4	0.34	0.09	0.84 <sup>tn</sup>	3.63	6.42
Eror	9	0.92	0.10			
Total	17	1.69				

Keterangan : tn) tidak berbeda nyata

Tabel 26. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan (JBD) kadar air

Serabut kelapa sawit: Arang cangkang kelapa sawit	Getah damar			Rerata A
	B1	B2	B3	
A1	2.46	2.07	2.70	2.41
A2	2.39	2.19	2.44	2.34
A3	2.10	2.44	2.62	2.39
Rerata B	2.32	2.23	2.59	

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

## B. Analisis kadar abu

Tabel 27. Data primer kadar abu (wb%)

	1	2	Jumlah	Rerata
	B1			
A1	0.92	0.94	1.86	0.93
A2	0.93	0.93	1.86	0.93
A3	0.93	0.91	1.84	0.92
	2.78	2.78		
	B2			
A1	0.92	0.93	1.85	0.93
A2	0.92	0.91	1.84	0.92
A3	0.98	0.96	1.95	0.97
	2.83	2.81		
	B3			
A1	0.91	0.91	1.82	0.91
A2	0.91	0.92	1.78	0.92
A3	0.92	0.91	1.83	0.92
	2.72	2.72		
Jumlah	8.32	8.31	16.63	8.31

Komputasi:

$$GT = 16.63$$

$$FK = \frac{(GT)^2}{r \times a \times b} = \frac{(16.63)^2}{2 \times 3 \times 3} = \frac{276.5569}{18} = 15.36$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Total} &= \sum \{(A1B1)^2 + (A1B2)^2 + (A1B3)^2 \dots + (A3B3)^2\} - FK \\ &= 15.37 - 15.36 \\ &= 0.01 \end{aligned}$$

Tabel 28. Total AxB kadar abu

	B1	B2	B3	Jumlah
A1	1,86	1,85	1,82	5,53
A2	1,86	1,84	1,78	5,48
A3	1,84	1,95	1,83	5,62
Jumlah	5,56	5,63	5,43	

$$JK \text{ Perlakuan} = \frac{(\sum A_1 B_1)^2 + (\sum A_1 B_2)^2 + (\sum A_1 B_3)^2 + \dots + (\sum A_3 B_3)^2 - FK}{r}$$

$$= \frac{30.73}{2} - 15.36$$

$$= 0.05$$

$$JK \text{ A} = \frac{\sum (A_{12} + A_{22} + A_{n2} + \dots)}{r \cdot b} - FK$$

$$= \frac{92.15}{6} - 15.36$$

$$= 0.0017$$

$$JK \text{ B} = \frac{\sum (B_{12} + B_{22} + B_{n2} + \dots)}{r \cdot b} - FK$$

$$= \frac{92.16}{6} - 15.36$$

$$= 0.0034$$

$$JK \text{ A x B} = JK \text{ Perlakuan} - JK \text{ A} - JK \text{ B}$$

$$= 0.05 - 0.0017 - 0.0034$$

$$= 00$$

$$JK \text{ Error} = JKT - JKP$$

$$= 0.01 - 0.05 = 00$$



Tabel 29. Analisis keragaman kadar abu

Sumber Keragaman	db	JK	RK	Fh	Ft	
					5%	1%
A	2	0.0009	0.0004	7.7173*	4.26	A
B	2	0.0019	0.0010	16.4923**	4.26	B
A x B	4	0.0029	0.0007	12.3825**	3.63	A x B
Eror	9	0.0005	0.0001			
Total	17	0.0083				

Keterangan: \*\*) berpengaruh sangat nyata

\*) berpengaruh nyata

Tabel 30. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan (JBD) kadar abu.

Serabut kelapa sawit: Arang cangkang kelapa sawit	Getah damar			Rerata A
	B1	B2	B3	
A1	0.93	0.93	0.91	0.92 <sup>b</sup>
A2	0.93	0.92	0.92	0.91 <sup>bc</sup>
A3	0.92	0.97	0.92	0.94 <sup>a</sup>
Rerata B	0.93ab	0.94 <sup>a</sup>	0.91 <sup>c</sup>	

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata dengan uji *Duncan* pada jenjang nyata 5%.

### C. Analisis kadar karbon

Tabel 31. Data primer kadar karbon (kal/g)

	1	2	Jumlah	Rerata
	B1			
A1	26.13	21.00	47.13	23.56
A2	28.88	23.30	52.18	26.09
A3	29.40	24.49	53.88	26.94
	84.41	68.79		
	B2			
A1	26.15	21.46	47.61	23.81
A2	28.34	23.99	52.33	26.16
A3	39.50	34.09	73.59	36.80
	93.99	79.53		
	B3			
A1	24.50	29.52	54.02	27.01
A2	36.09	30.31	66.39	33.20
A3	39.62	35.22	74.83	37.42
	100.20	95.04		
Jumlah	278.61	243.36	521.97	260.99

Komputasi:

$$GT = 521.97$$

$$FK = \frac{(GT)^2}{r \times a \times b} = \frac{(521.97)^2}{2 \times 3 \times 3} = \frac{272.452}{18} = 15.136$$

$$JK \text{ Total} = \sum \{(A1B1)^2 + (A1B2)^2 + (A1B3)^2 \dots + (A3B3)^2\} - FK$$

$$= 15712.18 - 15.136.36$$

$$= 57.582$$

Tabel 32. Total AxB kadar karbon

	B1	B2	B3	Jumlah
A1	47,13	47,61	54,02	148,76
A2	52,18	52,33	66,39	170,90
A3	53,88	73,59	74,83	202,31
Jumlah	153,20	173,53	195,25	

$$JK \text{ Perlakuan} = \frac{(\sum A1B1)^2 + (\sum A1B2)^2 + (\sum A1B3)^2 + \dots + (\sum A3B3)^2 - FK}{r}$$

$$= \frac{31194.52}{2} - 15.136.36$$

$$= 46090$$

$$JK \text{ A} = \frac{\sum(A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots)}{r.b} - FK$$

$$= \frac{92266.06}{6} - 15.136.36$$

$$= 24.131.67$$

$$JK \text{ B} = \frac{\sum(B1^2 + B2^2 + B3^2 + \dots)}{r.b} - FK$$

$$= \frac{91702.67}{6} - 101.768$$

$$= 102.178 - 15.136.36$$

$$= 14.74183$$

$$JK \text{ A x B} = JK \text{ Perlakuan} - JK \text{ A} - JK \text{ B}$$

$$= 46090 - 24.131.67 - 14.74183$$

$$= 7.216$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Error} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 57.582 - 46090 \\
 &= 11.492
 \end{aligned}$$

Tabel 33. Analisis keragaman kadar karbon

Sumber Keragaman	db	JK	RK	Fh	Ft	
					5%	1%
A	2	241.32	120.66	9.45**	4.26	8.02
B	2	147.42	73.71	5.77*	4.26	8.02
A x B	4	72.16	18.04	1.41 <sup>tn</sup>	3.63	6.42
Eror	9	114.92	12.77			
Total	17	575.82				

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata

\*\* = berpengaruh sangat nyata

\* = berpengaruh nyata

Tabel 34. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan (JBD) kadar karbon.

Serabut kelapa sawit: Arang cangkang kelapa sawit	Getah damar			Rerata A
	B1	B2	B3	
A1	23.565	23.805	27.011	24.794 <sup>bc</sup>
A2	26.091	26.163	33.196	28.483 <sup>b</sup>
A3	26.942	36.796	37.417	33.718 <sup>a</sup>
Rerata B	25.533 <sup>bc</sup>	28.921 <sup>ab</sup>	32.541 <sup>a</sup>	

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata dengan uji *Duncan* pada jenjang nyata 5%

#### D. Analisis nilai kalor

Tabel 35. Data primer nilai kalor (kal/g)

	1	2	Jumlah	Rerata
	B1			
A1	28.14	28.37	56.51	28.25
A2	28.21	28.05	56.26	28.13
A3	28.37	28.52	56.89	28.45
	84.72	84.94		
	B2			
A1	28.75	28.93	57.68	28.84
A2	28.61	28.37	56.98	28.49
A3	28.87	28.61	57.48	28.74
	86.23	85.91		
	B3			
A1	28.64	28.72	57.36	28.68
A2	28.75	28.47	57.22	28.61
A3	28.93	29.76	58.69	29.34
	86.32	86.95		
Jumlah	257.27	257.80	515.07	257.53

Komputasi:

$$GT = 515.07$$

$$FK = \frac{(GT)^2}{r \times a \times b} = \frac{(515.07)^2}{2 \times 3 \times 3} = \frac{265.297.105}{18} = 14.738.7281$$

$$JK \text{ Total} = \sum \{(A1B1)^2 + (A1B2)^2 + (A1B3)^2 \dots + (A3B3)^2\} - FK$$

$$= 14741.10 - 14.738.7281$$

$$= 2.54`$$

Tabel 36. Total AxB nilai kalor

	B1	B2	B3	Jumlah
A1	56,51	57,68	57,36	171,55
A2	56,26	56,98	57,22	170,46
A3	56,89	57,48	58,69	173,06
Jumlah	169,66	172,14	173,27	

$$JK \text{ Perlakuan} = \frac{(\sum A1B1)^2 + (\sum A1B2)^2 + (\sum A1B3)^2 + \dots + (\sum A3B3)^2 - FK}{r}$$

$$= \frac{29481.15}{2} - 14.738.7281$$

$$= 201.5$$

$$JK \text{ A} = \frac{\sum(A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots)}{r.b} - FK$$

$$= \frac{8843472}{6} - 14.738.7281$$

$$= 0.56$$

$$JK \text{ B} = \frac{\sum(B1^2 + B2^2 + B3^2 + \dots)}{r.b} - FK$$

$$= \frac{8843816}{6} - 14.738.7281$$

$$= 113.33$$

$$JK \text{ A x B} = JK \text{ Perlakuan} - JK \text{ A} - JK \text{ B}$$

$$= 2.02 - 0.56 - 1.14$$

$$= 0.32$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Error} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 2.54 - 2.02 \\
 &= 0.52
 \end{aligned}$$

Tabel 37. Analisis keragaman nilai kalor

Sumber Keragaman	db	JK	RK	Fh	Ft	
					5%	1%
A	2	0.56	0.28	4.88*	4.26	8.02
B	2	1.14	0.57	9.82**	4.26	8.02
A x B	4	0.32	0.08	1.38 <sup>tn</sup>	3.63	6.42
Error	9	0.52	0.06			
Total	17	2.54				

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata

\*\* = berpengaruh sangat nyata

\* = berpengaruh nyata

Tabel 38. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan (JBD) nilai kalor

Serabut kelapa sawit: Arang cangkang kelapa sawit	Getah damar			Rerata A
	B1	B2	B3	
A1	28.254	28.840	28.680	28.591 <sup>ab</sup>
A2	28.130	28.492	28.610	28.411 <sup>bc</sup>
A3	28.445	28.740	29.343	28.843 <sup>a</sup>
Rerata B	28.276 <sup>c</sup>	28.691 <sup>ab</sup>	28.878 <sup>a</sup>	

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata dengan uji *Duncan* pada jenjang nyata

## E. Analisis laju pembakaran

Tabel 39. Data primer laju pembakaran (g/detik)

	1	2	Jumlah	Rerata
	B1			
A1	79.70	76.70	156.40	78.20
A2	80.71	78.70	159.41	79.71
A3	84.69	81.71	166.40	83.20
	245.10	237.11		
	B2			
A1	78.69	74.69	153.38	76.69
A2	82.69	79.73	162.41	81.21
A3	84.69	84.68	169.36	84.68
	246.07	239.09		
	B3			
A1	77.71	74.69	152.40	76.20
A2	83.68	81.70	165.37	82.69
A3	81.72	83.71	165.43	82.71
	243.10	240.10		
Jumlah	734.27	716.30	1450.57	725.29

Komputasi:

$$GT = 1450.57$$

$$FK = \frac{(GT)^2}{r \times a \times b} = \frac{(1450.57)^2}{2 \times 3 \times 3} = \frac{2.104.153}{18} = 116.897.48$$

$$JK \text{ Total} = \sum \{(A1B1)^2 + (A1B2)^2 + (A1B3)^2 \dots + (A3B3)^2\} - FK$$

$$= 117076.96 - 116.897.48$$

$$= 17.948$$



Tabel 40. Total AxB laju pembakaran

	B1	B2	B3	Jumlah
A1	156,40	153,38	152,40	462,18
A2	159,41	162,41	165,37	487,20
A3	166,40	169,36	165,43	501,19
Jumlah	482,21	485,16	483,20	

$$JK \text{ Perlakuan} = \frac{(\sum A_1 B_1)^2 + (\sum A_1 B_2)^2 + (\sum A_1 B_3)^2 + \dots + (\sum A_3 B_3)^2 - FK}{r}$$

$$= \frac{234090.19}{2} - 116.897.48$$

$$= 14.761$$

$$JK \text{ A} = \frac{\sum (A_{12} + A_{22} + A_{n2} + \dots)}{r \cdot b} - FK$$

$$= \frac{702165.85}{6} - 116.897.48$$

$$= 13.016.2$$

$$JK \text{ B} = \frac{\sum (B_{12} + B_{22} + B_{n2} + \dots)}{r \cdot b} - FK$$

$$= \frac{701389.36}{6} - 116.897.48$$

$$= 74.7$$

$$JK \text{ A x B} = JK \text{ Perlakuan} - JK \text{ A} - JK \text{ B}$$

$$= 14.761 - 13.0162 - 74.7$$

$$= 16.70$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Error} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 179.48 - 147.62 \\
 &= 31.86
 \end{aligned}$$

Tabel 41. Analisis keragaman laju pembakaran

Sumber Keragaman	db	JK	RK	Fh	Ft	
					5%	1%
A	2	130.1649	65.0824	18.3845**	4.26	8.02
B	2	0.7497	0.3749	0.1059 <sup>tn</sup>	4.26	8.02
A x B	4	16.7033	4.1758	1.1796 <sup>tn</sup>	3.63	6.42
Erör	9	31.8607	3.5401			
Total	17	179.4785				

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata

\*\* = berpengaruh sangat nyata.

Tabel 42. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan (JBD) laju pembakaran

Serabut kelapa sawit: Arang cangkang kelapa sawit	Getah damar			Rerata A
	B1	B2	B3	
A1	78.20	76.69	76.20	77.03 <sup>c</sup>
A2	79.21	81.21	82.69	81.20 <sup>ab</sup>
A3	83.20	84.68	82.71	83.53 <sup>a</sup>
Rerata B	80.37	80.86	80.53	

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata dengan uji *Duncan* pada jenjang nyata 5%