

PENGARUH LUBANG LALUAN *COUNTERSINK* DAN *COUNTERBORE* TERHADAP KARAKTERISTIK PELLET KAYU KELAPA SAWIT DENGAN PENAMBAHAN KARBON ARANG TEMPURUNG

Abdel Hafidh Salamakova Peudada¹, Indra Mawardi², Ariefin²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buket Rata

abdelpoltek@yahoo.com

Abstrak

Selama ini, penanganan limbah industri kelapa sawit dilakukan dengan cara dibakar. Tentu saja hal ini mempunyai dampak negatif berupa pencemaran terhadap lingkungan. Untuk itu diperlukan adanya suatu pengolahan lanjut dengan teknologi aplikatif sehingga menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah, dengan memanfaatkan serbuk batang kelapa sawit menjadi wood pallet. Tujuan penelitian ini untuk, dapat menghasilkan pellet kayu kelapa, mendapatkan karakteristik pellet kayu kelapa sawit dengan penambahan karbon tempurung, mendapatkan pengaruh perubahan lubang laluan countersink dan counterbore terhadap karakteristik pellet kayu kelapa sawit. Metode penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lubang laluan counterbore dan countersink terhadap karakteristik pellet kayu kelapa sawit dimulai dari mempersiapkan bahan baku, pencampuran, pencetakan, pengeringan, dan tahapan analisa. Sedangkan variasi persentasi karbon tempurung yang digunakan, yakni dimulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik pellet kayu kelapa sawit yang dihasilkan menggunakan jenis lubang laluan countersink yaitu : Nilai kadar air berkisar antara 12,8% - 11,5%, nilai kalor berkisar antara 4668 kal/g - 4395 kal/g dan densitas yang berkisar antara 0.4293 g/cm³ - 0.3573 g/cm³. Sedangkan dengan jenis lubang laluan counterbore, karakteristik pellet kayu kelapa sawit yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu : Nilai kadar air berkisar antara 13,2% - 11,8%, nilai kalor berkisar antara 4644 kal/g - 4550 kal/g dan densitas yang berkisar antara 0.4127 g/cm³ - 0.3912 g/cm³. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa dalam hal pembuatan pellet kayu kelapa sawit dengan jenis lubang laluan countersink dan counterbore tidak berpengaruh terhadap karakteristik pellet kayu kelapa sawit yang dihasilkan. Hal ini sangat dibuktikan dengan nilai kadar air, nilai kalor dan nilai densitas yang yang tidak jauh berbeda.

Kata kunci : (wood pellet, serbuk batang kelapa sawit, countersink, counterbore)

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Selama ini, penanganan limbah industri kelapa sawit dilakukan dengan cara dibakar. Tentu saja hal ini mempunyai dampak negatif berupa pencemaran terhadap lingkungan [1][2]. Untuk itu diperlukan adanya suatu pengolahan lanjut dengan teknologi aplikatif sehingga menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah, dengan memanfaatkan serbuk batang kelapa sawit menjadi wood pallet.

Masyarakat kalangan menengah ke bawah, saat ini dihadapkan pada permasalahan kebutuhan energi khususnya kalangan masyarakat dan rumah tangga. Selama ini, energi yang digunakan oleh masyarakat berasal dari minyak bumi, gas, yang harganya semakin meningkat dan kadang kala susah ditemukan (persediaan terkadang langka

dengan harga yang mahal). Untuk itu perlu dilakukan pemanfaatan serbuk batang kelapa sawit menjadi Wood Pellet sebagai bahan bakar.

Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar secara langsung terdapat kelemahan pada sifat fisiknya seperti kerapatan energi yang rendah dan permasalahan penanganan, penyimpanan ataupun transportasi [3][4]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dengan cara menjadikan biomassa dalam bentuk lebih praktis yaitu bentuk padat yang disebut pellet (*biopellet*). *Biopellet* merupakan salah satu bentuk energi biomassa dan pertama kali diproduksi di Swedia tahun 1980 berbahan baku serbuk kayu yang merupakan limbah industri kayu. Pada beberapa negara seperti Jerman, Kanada dan Austria sudah menggunakan *biopellet* limbah kayu sebagai bahan bakar boiler pada industri dan pemanas ruang skala kecil dan menengah saat

musim dingin. Biomassa dalam bentuk pellet dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat. Kelebihan biopellet sebagai bahan bakar antara lain densitas tinggi, mudah dalam penyimpanan dan penanganan [5][6].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan yang diambil dalam penelitian ini adalah bagaimana cara memanfaatkan limbah industri kayu kelapa sawit menjadi *wood pellet*.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi pokok permasalahan agar tidak terlalu luas, disini penulis membuat batasan-batasan yang merupakan ruang lingkup pembahasan adalah:

- Perekat yang digunakan dalam pembuatan pellet kayu kelapa sawit yaitu, tepung tapioka, persentasi perekat yang digunakan sebesar 15%.
- Adapun variasi karbon tempurung yang digunakan dalam pembuatan pellet kayu kelapa sawit yaitu, karbon tempurung dengan persentasi masing-masing 10%, 20% dan 30%.
- Hanya melakukan perbandingan karakteristik pellet kayu kelapa sawit dengan melihat pengaruh pembuatan pada jenis lubang laluan *counterbore* terhadap lubang laluan yang sudah pernah dibuat yaitu, lubang laluan *countersink*.
- Perbandingan karakteristik pellet kayu kelapa sawit yang dilakukan yaitu meliputi, kadar air, kadar kalor dan densitas/kerapatan.
- Adapun standar yang dilakukan dalam melakukan perbandingan karakteristik dari pellet kayu kelapa sawit meliputi standar **SNI 8021 : 2014**.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah, dapat menghasilkan pellet kayu kelapa sawit, mendapatkan karakteristik pellet kayu kelapa sawit dengan penambahan karbon tempurung, mendapatkan pengaruh perubahan lubang laluan *countersink* dan *counterbore* terhadap karakteristik pellet kayu kelapa sawit.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Biomassa

Biomassa merupakan sumber energi yang bersih dan dapat diperbaharui yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun limbah. Biomassa merupakan energi terbaru dalam bentuk energi padat yang berasal dari tumbuhan maupun limbah industri dan dikenal sebagai bahan baik yang langsung digunakan atau diproses terlebih dahulu. Saat ini sumber energi alternatif dari biomassa sedang banyak diteliti oleh para ahli dan dikembangkan, karena sifatnya yang melimpah, mudah diperoleh, dapat diperbaharui secara cepat, dan kandungan energinya yang cukup tinggi.

2.2 Biopellet

Biopellet adalah salah satu bentuk bahan bakar padat berbasis limbah industri dengan ukuran yang lebih kecil dari pada *briket*. *Biopellet* mempunyai densitas dan keseragaman ukuran yang lebih baik dibandingkan *biobricket* [5]. Pellet kayu yang dihasilkan dari berbagai bahan biomassa, seperti limbah serbuk batang kelapa sawit dari pabrik kelapa sawit.

2.3 Pellet Kayu

Pellet kayu adalah bentukan utama dari limbah serbuk batang kelapa sawit, yang meliputi proses *Scerring*. Proses pembuatan pellet kayu terdiri atas beberapa langkah yaitu: persiapan bahan baku, penyaringan, penggerusan, pengeringan, pembuatan butiran, pendinginan, penyaringan kembali, dan pengepakan.

2.4 Karakteristik Pembakaran Biopellet

Untuk mendapatkan karakteristik *biopellet* (kadar air, kadar abu, kadar terkait karbon, kadar zat mudah menguap dan nilai kalor) dilakukan pengujian kualitas *pellet* dengan mengacu pada **SNI 8021 : 2014**. Adapun **SNI 8021: 2014** dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Persyaratan pelet kayu

| No | Parameter | Satuan | Persyaratan |
|----|--|-------------------|-------------|
| 1 | Kerapatan | g/cm ³ | Min. 0,8 |
| 2 | Kadar Air | % | Maks. 12 |
| 3 | Kadar Abu | % | Maks. 1,5 |
| 4 | Zat yang mudah menguap/ bagian yang hilang | % | Maks. 80 |
| 5 | Kadar Karbon | % | Min. 14 |
| 6 | Nilai Kalor | Kal/g | Min. 4.000 |

3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium teknik mesin dan di laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

3.1 Alat Dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah mesin pencetak *wood pellet*, cetakan *countersink* dan *counterbore*, alat uji kadar air, pengayak, baskom, timbangan. Sedangkan bahan yang digunakan adalah, serbuk batang kelapa sawit, arang tempurung kelapa, tepung tapioka (sebagai perekat), dan air panas.

3.2 Proses Produksi Wood Pellet

1. Persiapan bahan baku
Limbah serbuk batang kelapa sawit yang akan dijadikan bahan baku pellet kayu kelapa sawit (KKS) dengan lolosan saringan 72 *mesh*, serbuk yang telah disaring akan dikeringkan di bawah sinar matahari agar kadar airnya sama.
2. Pencampuran
Pembuatan pellet kayu kelapa sawit (KKS) dilakukan dengan mesin khusus yaitu *wood pellet machine*, setiap pembuatan digunakan 1 Kg bahan baku serbuk batang kelapa sawit dicampur dengan karbon tempurung dan menggunakan perekat tepung tapioka, setelah semua bahan baku dan perekat tepung tapioka sudah di campur lalu diberikan air panas.
3. Pencetakan
Pellet kayu kelapa sawit ini dicetak menggunakan mesin pencetak pellet kayu atau *wood pellet machine* yang di mana roller dengan tekanan 60 kg/m² berputar menggiling bahan baku pada cetakan (*dies*), kemudian pellet yang keluar dari lubang cetakan akan dipotong oleh pisau. Proses pencetakan pellet kayu kelapa sawit membutuhkan waktu sekitar 1 menit 30 detik untuk sekali proses penggilingannya sampai merata.
4. Pengeringan
Pellet kayu kelapa sawit (KKS) yang sudah dibuat akan dijemur di bawah sinar matahari langsung, agar kadar air pada pellet berkurang dan pellet menjadi lebih padat karena zat pengikat sudah mengering.
5. Tahap analisa
Tahapan ini meliputi menganalisis pengaruh jenis lubang laluan terhadap karakteristik pellet kayu kelapa sawit yang berbahan baku

batang kelapa sawit. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh [7].

3.3 Persentase Pellet Kayu Kelapa Sawit

Persentase perbandingan pembuatan pellet kayu kelapa sawit, divariasikan dengan perlakuan pencampuran arang tempurung kelapa dengan menggunakan perekat tepung tapioka secara berbeda. Persentase perbandingan pembuatan pellet kayu kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi unsur pembentuk pellet kayu kelapa sawit

| Perbandingan | Persentasi Tapioka | | Persentasi Karbon Tempurung | | Serbuk Kayu Kelapa Sawit |
|--------------|--------------------|--------|-----------------------------|--------|--------------------------|
| | Persentasi | 300 gr | Persentasi | 100 gr | |
| I | 15% | 300 gr | 10% | 100 gr | 600 gr |
| II | 15% | 300 gr | 20% | 150 gr | 550 gr |
| III | 15% | 300 gr | 30% | 200 gr | 500 gr |

4 Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Pembuatan Lubang Laluan

Sebelum dilakukan penelitian dan pembuatan pellet kayu, dilakukan modifikasi terhadap lubang laluan yang terdapat pada cetakan *Wood Pellet Machine*. Terdapat 369 lubang laluan yang akan dibuat menggunakan *Countersink* dan *Counterbor*. Hasil pembuatan lubang laluan dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Lubang laluan *countersink*



Gambar 2. Lubang laluan *counterbore*

4.2 Hasil Proses Pembuatan Wood Pellet

Proses pembuatan pellet kayu kelapa sawit dilakukan dengan pencampuran tiga bahan yang berbeda, diantaranya adalah serbuk batang kelapa

sawit sebagai bahan baku utama, tepung tapioka sebagai perekat dan karbon tempurung. Hasil dari proses pembuatan pellet kayu kelapa sawit lubang laluan *countersink* dan *counterbore* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil dari proses pembuatan pellet (a). lubang laluan *countersink* (b). lubang laluan *counterbore*

4.3 Hasil Analisis Wood Pellet

Adapun hasil analisis pellet kayu kelapa sawit yang dihasilkan menggunakan jenis lubang laluan *countersink* dapat dilihat pada Tabel 3 dan hasil analisis pellet kayu kelapa sawit yang dihasilkan menggunakan jenis lubang laluan *counterbore* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil analisis pellet kayu kelapa sawit *countersink*

| Persentasi Tapioka | Persentasi Karbon Tempurung | Kadar Air (%) | Nilai Kalor (Kal/g) | Densitas (g/cm ³) |
|--------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|
| 15% | 10% | 11,5 | 4395 | 0,3573 |
| 15% | 20% | 11,8 | 4588 | 0,4293 |
| 15% | 30% | 11,6 | 4668 | 0,41 |
| Rata-rata | | 11,925 | 3514 | 0,3941 |

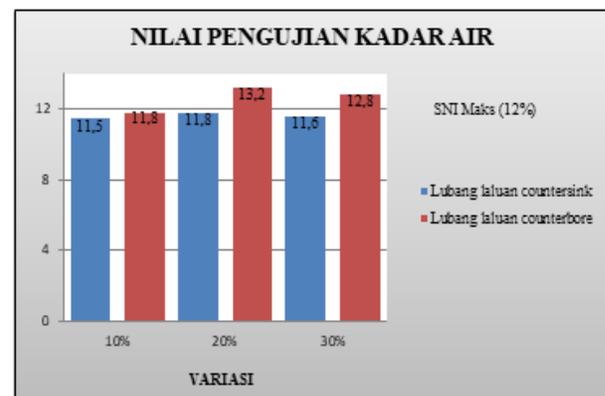
Tabel 4. Hasil analisis pellet kayu kelapa sawit *counterbore*

| Persentasi Tapioka | Persentasi Karbon Tempurung | Kadar Air (%) | Nilai Kalor (Kal/g) | Densitas (g/cm ³) |
|--------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|
| 15% | 10% | 11,8 | 4550 | 0,4127 |
| 15% | 20% | 13,2 | 4591 | 0,3912 |
| 15% | 30% | 12,8 | 4644 | 0,3992 |
| Rata-rata | | 12,6 | 4595 | 0,4010 |

Pengaruh nilai densitas pada pellet kayu kelapa sawit sangat mempengaruhi karakteristik pellet kayu kelapa sawit tersebut, seperti nilai kadar air dan nilai kalor. Semakin tinggi suatu nilai kadar air, maka semakin rendah nilai densitas (tidak berlaku untuk perlakuan persentase penambahan karbon tempurung 20% pada jenis lubang laluan

countersink). Hal ini disebabkan disaat melakukan proses pengeringan pellet kayu kelapa sawit kurangnya ketelitian pada perlakuan proses pengeringan pellet kayu kelapa sawit tersebut.

Hasil penelitian pembuatan pellet kayu kelapa sawit dengan penambahan karbon tempurung 10%, 20% dan 30% pada pengujian kadar air. Hasil pellet kayu kelapa sawit menggunakan lubang laluan *countersink* akan dibandingkan dengan hasil lubang laluan *counterbore*, hasil perbandingan dapat lihat pada Gambar 4.



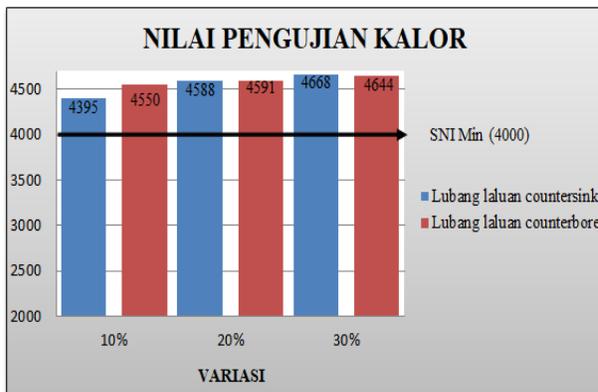
Gambar 4. Grafik nilai kadar air (%) jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore*

Setelah dilakukannya pembuatan jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore*, didapatkan hasil perbandingan nilai pengujian kadar air. Jenis lubang laluan *counterbore* memiliki nilai tertinggi pertama dengan nilai sebesar 13,2% dengan perlakuan persentase karbon tempurung 20%. Nilai pengujian kadar air tertinggi kedua didapatkan pada jenis lubang laluan *counterbore* dengan nilai sebesar 12,8 dengan perlakuan persentase karbon tempurung 30. Hasil nilai kadar air jenis lubang laluan *countersink* dengan persentase karbon tempurung 10% dan jenis lubang laluan *counterbore* dengan persentase karbon tempurung 20%, memiliki nilai kadar air yang sama sebesar 12,8% .

Nilai pengujian kadar air tertinggi ketiga didapatkan pada jenis lubang laluan *countersink* dengan nilai sebesar 11,6% dengan perlakuan persentase karbon tempurung 30%. Nilai pengujian kadar air terendah didapatkan pada jenis lubang laluan *countersink* dengan nilai sebesar 11,5% dengan perlakuan persentase karbon tempurung 10%.

Kadar air pada bahan utama pellet kayu kelapa sawit sangat menentukan kualitas pellet yang akan dihasilkan. Semakin banyak karbon tempurung yang diberikan maka kadar air pada pellet kayu kelapa sawit akan semakin tinggi. Adapun perbedaan hasil perbandingan gambar grafik 4. pada pengujian kadar air jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore* hal ini disebabkan disaat melakukan proses pengeringan pellet kayu kelapa sawit kurangnya ketelitian pada perlakuan proses pengeringan pellet kayu kelapa sawit dan faktor lain dapat disebabkan pada hasil pellet kayu kelapa sawit menggunakan jenis lubang laluan *counterbore* mengalami penyusutan sebesar 0,5%.

Hasil penelitian pembuatan pellet kayu kelapa sawit dengan penambahan karbon tempurung 10%, 20% dan 30% pada pengujian nilai kalor. Hasil pellet kayu kelapa sawit menggunakan lubang laluan *countersink* akan dibandingkan dengan hasil lubang laluan *counterbore*, hasil perbandingan dapat lihat pada Gambar 5.



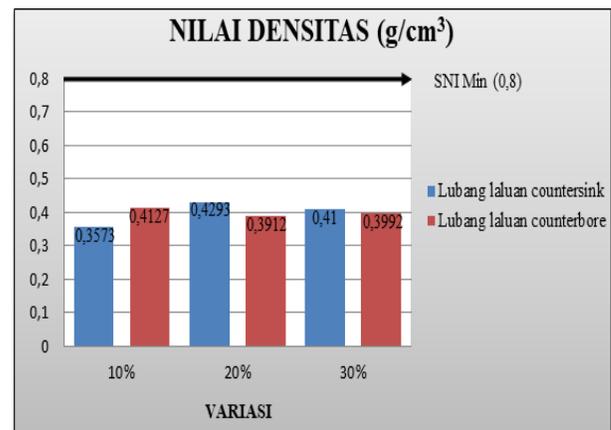
Gambar 5. Grafik perbandingan nilai kalor jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore*

Setelah dilakukannya pembuatan lubang laluan dengan menggunakan *countersink* dan *counterbore*, didapatkan hasil perbandingan nilai pengujian kalor jenis lubang laluan *countersink* memiliki nilai tertinggi di bandingkan dengan nilai pengujian kalor jenis lubang laluan *counterbore* pada perlakuan persentase karbon tempurung 10%, 20% dan 30%, dimana nilai tertinggi tersebut terdapat pada variasi perlakuan persentase karbon tempurung sebesar 30%. Nilai pengujian kalor tertinggi kedua dimiliki oleh jenis lubang laluan *counterbore* dengan perlakuan persentase karbon tempurung sebesar 30%, dibandingkan dengan nilai pengujian kalor jenis lubang laluan *countersink*

perlakuan persentase karbon tempurung 10% dan 20%. Nilai pengujian kalor terendah dimiliki oleh jenis lubang laluan *countersink* dengan perlakuan persentase karbon tempurung sebesar 10%.

Adapun perbedaan hasil perbandingan pengujian nilai kalor ini disebabkan oleh hasil berat massa pellet kayu kelapa sawit (KSS) jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore* didapatkan hasil nilai berat masa yang berbeda-beda disaat melakukan penimbangan. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab mengapa nilai kalor menjadi

Hasil penelitian pembuatan pellet kayu kelapa sawit dengan penambahan karbon tempurung 10%, 20% dan 30% pada perhitungan nilai densitas. Hasil pellet kayu kelapa sawit menggunakan lubang laluan *countersink* akan dibandingkan dengan hasil lubang laluan *counterbore*, hasil perbandingan dapat lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan densitas jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore*

Setelah dilakukannya pembuatan jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore*, didapatkan hasil perbandingan nilai perhitungan densitas. Jenis lubang laluan *countersink* memiliki nilai densitas tertinggi pertama dengan nilai sebesar 0,4293 g/cm³ dengan perlakuan persentase karbon tempurung 20%. Nilai perhitungan densitas tertinggi kedua didapatkan pada jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore* dengan perlakuan persentase karbon tempurung 30% pada jenis lubang laluan *countersink* dan perlakuan persentase karbon tempurung 10% pada jenis lubang laluan *counterbore*. Hasil nilai perhitungan densitas jenis lubang laluan *countersink* dengan persentase 10% dan lubang laluan *counterbore* dengan persentase

30% memiliki nilai kadar air yang sama, sebesar $0,41\text{g/cm}^3$.

Nilai perhitungan densitas tertinggi ketiga didapatkan pada jenis lubang laluan *counterbore* dengan nilai densitas sebesar $0,3992\text{g/cm}^3$ dengan perlakuan persentase karbon tempurung 30% dan perlakuan persentase tempurung 20% memiliki nilai sebesar $0,3912\text{g/cm}^3$. Nilai perhitungan densitas terendah didapatkan pada jenis lubang laluan *countersink* dengan nilai densitas $0,3573\text{g/cm}^3$ dengan perlakuan persentase karbon tempurung 10%.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Telah dihasilkan pellet kayu kelapa sawit (KKS) dengan jenis lubang laluan *countersink* dan *counterbore*.
2. Pellet kayu kelapa sawit yang dihasilkan dengan jenis lubang laluan *counterbore* memiliki diameter sebesar 7,5 mm dan pellet kayu kelapa sawit yang dihasilkan dengan jenis lubang laluan *countersink* memiliki diameter sebesar 8 mm. Jenis lubang laluan *counterbore* mengalami penyusutan sebesar 0,5%.
3. Karakteristik pellet kayu kelapa sawit yang dihasilkan menggunakan jenis lubang laluan *countersink* yaitu : Nilai kadar air berkisar antara 12,8% - 11,5%, nilai kalor berkisar antara 4668kal/g - 4395kal/g dan densitas yang berkisar antara $0,4293\text{g/cm}^3$ - $0,3573\text{g/cm}^3$. Sedangkan dengan jenis lubang laluan *counterbore*, karakteristik pellet kayu kelapa sawit yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu : Nilai kadar air berkisar antara 13,2% - 11,8%, nilai kalor berkisar antara 4644kal/g - 4550kal/g dan densitas yang berkisar antara $0,4127\text{g/cm}^3$ - $0,3912\text{g/cm}^3$.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sehubungan dengan penelitian tentang pembuatan pellet kayu kelapa sawit (KKS) ini adalah peneliti menyarankan kepada kalangan akademis bahwa :

1. Diharapkan untuk di masa yang akan mendatang untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan proses pengujian
2. Penelitian lebih lanjut terhadap pellet kayu kelapa sawit dengan menambahkan persentase perekat atau mengganti jenis perekat sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal untuk

meningkatkan karakteristik dari pellet kayu kelapa sawit.

3. Saat melakukan proses pengujian tahap demi tahap, diharapkan untuk lebih teliti dan mencermatinya, agar dalam proses menganalisa dari pengujian tersebut dapat terlaksana dengan baik dan benar sehingga pengujian dan penelitian yang dihasilkan akan menjadi lebih baik.

6 Daftar Pustaka

- [1] I. Mawardi, H. Hanif, Z. Zaini, and Z. Abidin, "Penerapan Teknologi Tepat Guna Pascapanen Dalam Upaya Peningkatan Produktifitas Petani Kopi di Kabupaten Bener Meriah," *CARADDE J. Pengabdian. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 205–213, 2019.
- [2] I. Mawardi, "Effect of fiber fibrillation on impact and flexural strength of coir fiber reinforced epoxy hybrid composites," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 334, no. 1, p. 12079.
- [3] A. Ariefin, "Efektifitas Modifikasi Lubang Cetakan Terhadap Karakteristik Wood Pellet," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhkseumawe*, 2019, vol. 2, no. 1.
- [4] J. Junaidi, A. Ariefin, and I. Mawardi, "Pengaruh Persentase Perekat Terhadap Karakteristik Pellet Kayu Dari Kayu Sisa Gergajian," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [5] F. Franky, A. Ariefin, Z. A. K. Z. AK, and I. Mawardi, "Pengaruh Modifikasi Lubang Laluan Terhadap Karakteristik Pellet Kayu Dari Kayu Sisa Gergajian," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2018.
- [6] I. Mawardi, Z. Zuhaimi, and H. Hanif, "Desain dan Manufaktur Mesin Injeksi Plastik Menggunakan Mekanisme Toggle untuk Industri Kecil," *Ind. Eng. J.*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [7] I. Mawardi, A. Azwar, and A. Rizal, "Kajian Perlakuan Serat Sabut Kelapa Terhadap Sifat Mekanis Komposit Epoksi Serat Sabut Kelapa," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 1, pp. 22–29, 2017.