

## PEMBUATAN BRIKET DARI ARANG SERBUK GERGAJI KAYU MERBAU (*Intsia spp.*) DAN LEM TEPUNG SAGU DENGAN PENGERINGAN ALAMI

Wardhana Wahyu Dharsono<sup>1)</sup> Deby Siska Bogar<sup>2)</sup>

<sup>12)</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Satya Wiyata Mandala Nabire

Email:

wardhana.wd@gmail.com <sup>1)</sup> d3by5bogar@gmail.com <sup>2)</sup>

### ABSTRAK

Daerah Papua khususnya kabupaten Nabire menyimpan banyak bahan baku kayu dan adanya proses pengolahan kayu merbau dengan limbahnya berupa serbuk kayu. Limbah serbuk gergajian kayu mempunyai potensi yang cukup besar untuk terus dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan briket arang. Guna lebih meningkatkan sifat fisis dan kimia briket arang serbuk gergajian kayu maka dilakukan penelitian dengan mempertimbangkan kemampuan sumberdaya manusia, alam dan teknologi tepatguna. Serbuk gergaji kayu merbau belum memanfaatkan sepenuhnya, pada hal serbuk gergaji kayu merbau merupakan biomasa dengan nilai kalor yang relatif besar. Apabila serbuk gergaji kayu merbau tersebut diproses menjadi arang kemudian arang yang terbentuk dicampur dengan bahan perekat lem dari tepung sagu yang tersedia di alam Papua, maka akan menjadi briket sebagai bahan bakar alternatif yang dapat terbarukan. Salah satu proses pembuatan briket yang perlu diperhatikan adalah proses pengeringan sebagai syarat meningkatnya nilai kalor, Kadar air diharapkan seredah mungkin karena semakin tinggi kadar air akan menyebabkan nilai kalornya menurun dan briket arang akan sulit dinyalakan. Dengan menggunakan sumberdaya alam dalam pengeringan briket dengan membandingkan lama pejemuran dan komposisi bahan briket. Faktor perubah yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran antara serbuk kayu merbau dengan tepung sagu sebagai perekat yaitu perbandingan, 1 : 0,25 (A) , 1 : 0,50 (B), 1 : 0,75 (C) , 1 : 1 (D). Selain pembading serbuk kayu berbau dan tepung sagu sebagai perekat, juga kita lakukan pembading pengeringan dengan sinar matahari di jemur dengan waktu 0, 12, 24, 36 jam. Dari hasil nya menunjukan kadar air setelah dilakukan pejemuran selama 36 jam menunjukan pada campuran A ; 7,56% Campuran B : 7,50% Campuran C : 7,38% dan Campuran D : 7,63%

Kata kunci : arang serbuk gergaji kayu merbau, *Intsia bijuga*, biobriket, tepung sagu, papua, pengeringan alami briket, kadar air briket.

**ABSTRACT**

*The Papua region, especially the Nabire district, stores a lot of wood raw materials and there is a process of processing merbau wood with sawdust as waste. Sawdust waste has considerable potential to continue to be developed as a raw material for making charcoal briquettes. In order to further improve the physical and chemical properties of sawdust charcoal briquettes, a study was carried out by taking into account the capabilities of human resources, nature and appropriate technology. Merbau sawdust has not been fully utilized, in the case of merbau sawdust which is a biomass with a relatively high calorific value. If merbau wood sawdust is processed into charcoal and then the charcoal formed is mixed with adhesive glue from sago flour which is available in nature in Papua, it will become briquettes as an alternative, renewable fuel. One of the processes for making briquettes that needs attention is the drying process as a condition for increasing the calorific value. The water content is expected to be as low as possible because the higher the water content will cause the calorific value to decrease and the charcoal briquettes will be difficult to ignite. By using natural resources in drying briquettes by comparing the drying time and the composition of the briquettes. The change factor used in this study was a mixture of merbau sawdust and sago flour as an adhesive, namely the ratio, 1 : 0.25 (A) , 1 : 0.50 (B), 1 : 0.75 (C) , 1 : 1(D). In addition to comparisons of odorous sawdust and sago flour as adhesives, we also do comparisons of drying in the sun for 0, 12, 24, 36 hours. From the results it showed that the water content after drying for 36 hours showed that it was mixture A ; 7.56% Mix B : 7.50% Mix C : 7.38% and Mix D : 7.63%*

*Keywords: merbau wood sawdust charcoal, intsia bijuga, biobriquettes, sago flour, Papua, briquettes natural drying, briquettes moisture content.*

**PENDAHULUAN**

Hutan disamping berfungsi sebagai sumber penghasil kayu dan hasil hutan lainnya, juga tidak kalah pentingnya berfungsi dalam menjaga keseimbangan alam dan ekosistem. Berdasarkan data dari Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Nabire, bahwa luas kawasan hutan di Kabupaten Nabire 1.3750.618,10 Ha atau 3,26% dari luas kawasan hutan di Papua (luas kawasan hutan di Papua 42,224.840 Ha). Sesuai fungsi dan tipe hutan yang ada di Kabupaten Nabire tahun 2014 dapat dibagi kedalam 6 kelompok yaitu : Konservasi (KSA/KPA): 141.047,41 Ha<sup>2</sup>. Hutan Lindung (HL) : 395.609,32 Ha Hutan Produksi Terbatas (HPT): 365.756,10 Ha Hutan Produksi (HP) : 184.372,7 Ha Hutan Produksi Konversi (HPK) : 116.560,63 Ha Area Penggunaan Lain (APL) : 91.069,90 Ha dari data tersebut didapatkan jumlah : 1.294.416,10 Ha.

Sedangkan dari data BPS Nabire diketahui olahan kayu bulat tahun 2014 sejumlah 133066,51 m<sup>3</sup>, hasil olahan kayu gergajian tahun 2013 sejumlah 54497808,00 m<sup>3</sup> dan tahun 2014 sejumlah 6187,64 m<sup>3</sup> , dilihat hasil pengolahan pegergajian kayu tersebut, dipastikan limbah serbuk kayu, khususnya kayu merbau sangatlah banyak dan bermanfaat bila dilakukan pengolahan lebih lanjut berupa produk briket. Dimana kayu merbau atau *ipil* adalah nama sejenis pohon penghasil kayu keras berkualitas tinggi anggota suku *Fabaceae* (*Leguminosae*). Karena kekerasannya, di wilayah Maluku dan Papua barat kayu ini juga dinamai *kayu besi*. Di Papua Nugini, kayu ini dikenal sebagai *kwila*;

sedangkan nama-namanya dalam bahasa Inggris adalah *mirabow*, *Moluccan ironwood*, *Malacca teak*, dan lain-lain dan kayu merbau sendiri mempunyai sifat sebagai kayu teras berwarna kelabu coklat atau kuning coklat sampai coklat merah cerah atau hampir hitam. Kayu gubal berwarna kuning pucat sampai kuning muda, jelas dibedakan dari kayu teras. Merbau memiliki tekstur kayu yang kasar dan merata, dengan arah serat yang kebanyakan lurus. Kayu yang telah diolah memiliki permukaan yang licin dan mengkilap indah. Kayu merbau termasuk ke dalam golongan kayu berat (BJ 0,63-1,04 pada kadar air 15%) dan kuat (kelas kuat I-II). Kayu ini memiliki penyusutan yang sangat rendah, sehingga tidak mudah menimbulkan cacat apabila dikeringkan. Merbau juga awet: daya tahannya terhadap jamur pelapuk kayu termasuk kelas I dan terhadap rayap kayu kering termasuk kelas II. Kayu merbau termasuk tahan terhadap penggerek laut (*teredo*), sehingga acap digunakan pula dalam pekerjaan konstruksi perairan. Merbau termasuk tidak sulit digergaji, dapat diserut dengan mesin sampai halus, diampelas dan dipelitur dengan memuaskan, namun kurang baik untuk dibubut. Kayu ini juga biasanya pecah apabila dipaku, dan dapat menimbulkan noda hitam apabila berhubungan dengan besi atau terkena air.

Melihat kualitas kayu merbau tersebut, maka layak serbuk kayunya di buat briket, dimana umumnya sebagian limbah serbuk gergaji ini hanya digunakan sebagai dibuang saja dan ada juga dipakai sebagai bahan bakar tungku, atau dibakar begitu saja, sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan Padahal serbuk gergaji kayu merbau merupakan biomassa yang belum memanfaatkan secara optimal dan memiliki nilai kalor yang relatif besar. Dengan mengubah serbuk gergaji menjadi briket, maka akan meningkatkan nilai ekonomis bahan tersebut, serta mengurangi pencemaran lingkungan.

Briket arang merupakan bahan bakar padat yang mengandung karbon, mempunyai nilai kalori yang tinggi, dan dapat menyala dalam waktu yang lama. Oleh karena itu perlu dikembangkan pembuatan briket bioarang dalam upaya pemanfaatan serbuk gergaji kayu merbau. Untuk mencapai hal tersebut dilakukan penelitian untuk menghasilkan briket bioarang yang berkualitas baik , ramah lingkungan dan memiliki nilai ekonomis tinggi. Dengan pemanfaatan proses produksi tepatguna dimana menggunakan alat-alat dan sumber alam yang ada diharapkan serbuk gergaji kayu merbau menjadi briket bioarang, maka diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan,memberikan alternatif sumber bahan bakar yang dapat diperbarui dan bermanfaat untuk masyarakat.

## METODE PELAKSANAAN

### Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah

1. Arang serbuk gergaji kayu merbau awal diambil kadar air 76%. Serbuk gergaji berwarna coklat, mempunyai kadar air 76% diperoleh dari sisa limbah pengolahan kayu di daerah Bumi Wonorejo Distrik Nabire Kabupaten Nabire. Serbuk gergaji yang diperoleh kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari, selanjutnya diayak menggunakan alat pengayak kemudian dibakar dalam drum dan diambil arangnya
2. Lem Tepung Sagu. Tepung sagu yang diperoleh dari Pasar Kalibobo Distrik Nabire Kabupaten Nabire,
3. Air jernih. Cairan bening, tidak berwarna, tidak berbau.

**Alat Pencetak Briket**

Alat pres yang di gunakan masih manual dengan pipa pralon dengan diameter dalam 47,16mm dan panjang 54,75mm, dan kayu tongkat kayu diameter luar 46mm dan panjang 150cm , fungsi tongkat ini untuk menusuk atau pres dari serbuk kayu merbau untuk jadi briket.

**Langkah Pembuatan :****Pengarangan**

Setelah bahan serbuk kayu merbau terkumpul, lakukan pengarangan dengan cara memasukan bahan-bahan dalam tong pembakaran. Usahakan bahan utama terbakar secara merata hingga menjadi arang.

**Penepungan**

Setelah dilakukan pengarangan, tahap selanjutnya adalah melakukan penepungan. Penepungan ini dilakukan dengan tradisional di masukan drum atau ember berbahan besi/seng dan di tumbuk supaya halus. Kualitas briket serbuk kayu merbau akan lebih baik jika waktu di jadikan adona hasilnya halus.

**Pengayakan**

Setelah melalui proses penepungan, pastikan lakukan pengayakan terlebih dahulu agar mendapatkan tekstur yang lebih halus dan lembut. Karena semakin halus maka semakin pada pula cetaknya. Gunakan ayakan ukuran 50 mesh dan 70 mesh.

**Pencampuran**

Setelah pengayakan, saatnya melakukan pencampuran adonan. Campuran tepung arang serbuk kayu merbau dan lem yang dihasilkan dari tepung sagu dan sedikit air.

Campuran yang dilakukan ini menggunakan perbandingan antara arang serbuk kayu merbau dan lem tepung sagu sebanyak 4 macam yaitu perbandingan, 1 : 0,25 (A) , 1 : 0,50 (B), 1 : 0,75 (C) , 1 : 1 (D).

**Pencetakan**

Jika semua adonan sudah tercampur secara merata dimana tidak terlalu lembek atau terlalu banyak air yang penting di gegam tangan tidak pecah makan proses cetak akan baik.. Mengenai bentuk cetak yang kita gunakan bentuk pipa panjang dengan dimensi panjang 54,75mm dan diameter 47,16mm.

**Pengeringan**

Setelah pencetakan dipengeringan. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan sinar matahari dengan waktu bervariasi dari 12 jam, 24jam dan 36jam.

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Hasil Pengeringan**

Pada proses pengeringan secara alami dengan sinar matahari berdasarkan waktunya didapatkan dengan komposisi campuran antara arang serbuk gergajian kayu merbau dibandingkan dengan tepung sagu dengan komposisi 1 : 0,25 seperti pada tabel 1.1.

Tabel. 1.1. Kposisi Campuran 1 : 0,25 (A)  
Dengan Waktu Pemanasan 0,12,24,36jam

Waktu	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam
Sampel	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %
1	88,00	36,00	12,00	8,00
2	89,00	40,00	13,00	8,00
3	88,00	38,00	11,00	7,00
4	92,00	37,00	12,00	9,00
5	88,00	40,00	12,00	8,00
6	87,00	42,00	12,00	8,00
7	91,00	38,00	14,00	8,00
8	90,00	38,00	12,00	7,00
9	87,00	37,00	12,00	9,00
10	87,00	40,00	11,00	9,00
11	88,00	39,00	14,00	7,00
12	93,00	38,00	11,00	8,00
14	91,00	38,00	12,00	8,00
15	90,00	39,00	14,00	9,00
16	89,00	37,00	11,00	8,00
Rata-rata	83,63	36,06	11,44	7,56

Dari sampel 12 buah briket ketika pengeringan dengan di jemur dimatahari awal sebelum dijemur kadar air tertinggi 93% terendah 87%. Sedangkan penurunan kadar air secara bertahap setelah 12 jam kadar air menjadi 36% , pada 24 jam menjadi 11% dan pada 36 jam setelah pejemuran secara alami turun jadi 7,56%.

Sedangkan proses pengeringan secara alami dengan sinar matahari berdasarkan waktunya dengan komposisi campuran antara arang serbuk gergajian kayu merbau dibandingkan dengan tepung sagu dengan komposisi 1 : 0,5. sebagai berikut tabel 1,2

Tabel. 1.2. Kposisi Campuran 1 : 0,5 (B)  
Dengan Waktu Pemanasan 0,12,24,36jam

Waktu	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam
Sampel	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %
1	87,00	40,00	11,00	9,00
2	88,00	39,00	14,00	7,00
3	88,00	38,00	11,00	7,00
4	92,00	37,00	12,00	9,00
5	88,00	40,00	12,00	8,00
6	87,00	42,00	12,00	8,00
7	91,00	38,00	14,00	8,00
8	90,00	38,00	12,00	7,00
9	87,00	37,00	12,00	9,00
10	87,00	40,00	11,00	9,00
11	88,00	39,00	14,00	7,00
12	88,00	40,00	12,00	8,00
14	87,00	42,00	12,00	8,00
15	91,00	38,00	14,00	8,00
16	89,00	37,00	11,00	8,00
Rata-rata	83,00	36,56	11,50	7,50

Dari sampel 12 buah briket ketika pengeringan dengan di jemur dimatahari awal sebelum dijemur kadar air tertinggi 92% terendah 87%. Sedangkan penurunan kadar air secara bertahap setelah 12 jam kadar air menjadi 36,56 % , pada 24 jam menjadi 11,50 % dan pada 36 jam setelah pejemuran secara alami turun jadi 7,50%.

Pada proses pengeringan secara alami dengan sinar matahari berdasarkan waktunya didapatkan sebagai berikut sesuai dengan komposisi campuran antara arang serbuk gergajian kayu merbau dibangkan dengan tepung sagu dengan komposisi 1 : 0,75. dapat dilihat pada tabel 1.3

Tabel. 1.3. Kopolisi Campuran 1 : 0,75 (C)  
Dengan Waktu Pemanasan 0,12,24,36jam

Waktu	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam
Sampel	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %
1	87,00	42,00	12,00	8,00
2	88,00	39,00	14,00	7,00
3	88,00	38,00	11,00	7,00
4	92,00	37,00	12,00	9,00
5	88,00	40,00	12,00	8,00
6	88,00	40,00	12,00	8,00
7	87,00	42,00	12,00	8,00
8	91,00	38,00	14,00	8,00
9	87,00	37,00	12,00	9,00
10	87,00	40,00	11,00	9,00
11	88,00	39,00	14,00	7,00
12	88,00	39,00	14,00	7,00
14	88,00	38,00	11,00	7,00
15	91,00	38,00	14,00	8,00
16	89,00	37,00	11,00	8,00
Rata-rata	82,94	36,50	11,63	7,38

Dari sampel 12 buah briket ketika pengeringan dengan di jemur dimatahari awal sebelum dijemur kadar air tertinggi 92% terendah 87%. Sedangkan penurunan kadar air secara bertahap setelah 12 jam kadar air menjadi 36,5% , pada 24 jam menjadi 11,63% dan pada 36 jam setelah pejemuran secara alami turun jadi 7,38%.

Pada proses pengeringan secara alami dengan sinar matahari berdasarkan waktunya didapatkan sebagai berikut sesuai dengan komposisi campuran antara arang serbuk gergajian kayu merbau dibangkan dengan tepung sagu dengan komposisi 1 : 1. hasilnya pada tabel 1.4

Tabel. 1.4. Kopolisi Campuran 1 : 1 (D)  
Dengan Waktu Pemanasan 0,12,24,36jam

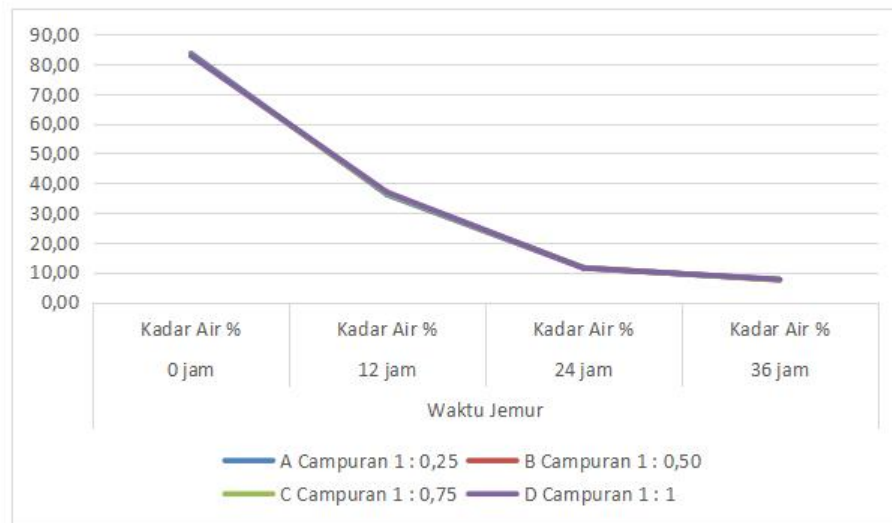
Waktu	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam
Sampel	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %
1	87,00	40,00	11,00	9,00
2	87,00	42,00	12,00	8,00
3	91,00	38,00	14,00	8,00
4	87,00	40,00	11,00	9,00
5	88,00	40,00	12,00	8,00
6	87,00	42,00	12,00	8,00
7	91,00	38,00	14,00	8,00
8	90,00	38,00	12,00	7,00
9	87,00	37,00	12,00	9,00
10	87,00	40,00	11,00	9,00
11	88,00	39,00	14,00	7,00
12	88,00	40,00	12,00	8,00
14	87,00	42,00	12,00	8,00
15	91,00	38,00	14,00	8,00
16	89,00	37,00	11,00	8,00
Rata-rata	82,81	36,94	11,50	7,63

Dari sampel 12 buah briket ketika pengeringan dengan di jemur dimatahari awal sebelum dijemur kadar air tertinggi 91% terendah 87%. Sedangkan penurunan kadar air secara bertahap setelah 12 jam kadar air menjadi tertinggi 42% dan rata-rata 36,94% , pada 24 jam menjadi tertinggi 42% dan rata 11% dan pada 36 jam setelah pejemuran secara alami turun jadi 7,56%.

Dari hasil penelitian terhadap pengeringana dengan cara dijemur di sinar matahari, dimana dilakukan dengan jejang waktu 0 jam, 12 jam, 24 jam dan 36 jam diperoleh data rekap sebagai berikut yang menunjukan bahwa proses pecampuran dengan 4 komposisi secara umum tidak mempengaruhi secara sinifikan kadar air pada briket berbahan arang serbuk kayu merbau dan perekat tepung sagu, hal ini bisa dilihat pada tabel 1.5.

Tabel 1.4. Komposisi Campuran Briket, Waktu Pejemuran dan Kadar Air

KETERANGAN		Waktu Jemur			
		0 jam	12 jam	24 jam	36 jam
		Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %	Kadar Air %
A	Campuran 1 : 0,25	83,63	36,06	11,44	7,56
B	Campuran 1 : 0,50	83,00	36,56	11,50	7,50
C	Campuran 1 : 0,75	82,94	36,50	11,63	7,38
D	Campuran 1 : 1	82,81	36,94	11,50	7,63



Gambar 1.1. Grafik Komposisi Campuran Briket, Waktu Pejemuran dan Kadar Air

### Proses cetak berdasarkan campuran.

Hasil pengamatan secara visual pada proses cetak untuk campuran A dan B prosesnya muda dan cepat, sedangkan campuran C pada proses cetak sedikit lentur dan campuran D pada waktu cetak lentur.

### Hasil visual bentuk setelah kering

Sedangkan visual setelah proses pengeringan dengan di jemur sinar matahari, briket yang sudah jadi visual bentuknya berdasarkan campuran yaitu campuran A bentuknya bagus tidak mengalami perubahan dimensinya, sedangkan campuran B pada ujung briket yang kering mengalami penyusutan dilihat dari bentuknya, dibandingkan hasil lain yaitu campuran C dan D mengalami susut di beberapa bagian seperti bagian tengah dan ujungnya, bentuknya tidak menarik lagi.

### Pembakaran briket yang sudah kering

Briket yang sudah kering kita coba dengan membakarnya untuk melihat hasilnya mudah atau sulit dibakar serta apakah menghasilkan asap, dan diperoleh secara visua campuran A lebih mudah dibakar dan hasilnya tidak ada asap pada proses pembakaran, dibandingkan dengan yang campuran B,C dan D. Sulit untuk di bakar dan menimbulkan asap waktu di bakar.

Tabel 1.5. Komposisi Campuran, Hasil Proses Cetak, Hasil Pengeringan , Pembakaran dan Asap.

Keterangan		Proses Cetak	Hasil Pengeringan	Pembakaran	Asap
A	Campuran 1 : 0,25	Mudah	Bagus tidak berubah	Mudah	Tidak ada
B	Campuran 1 : 0,50	Mudah	Sedikit Menyusut	Sedikit Sulit	Sedikit
C	Campuran 1 : 0,75	Sedikit Lentur	Menyusut berubah bentuk	Sulit	Banyak
D	Campuran 1 : 1	Lentur	Menyusut berubah bentuk	Sulit	Banyak



### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam penelitian pembuatan briket dari serbuk gergaji kayu merbau dengan cara pengeringan alami dijemur maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut : Dengan menggunakan sumberdaya alam dalam pengeringan briket dengan membandingkan lama pejemuran dan komposisi bahan briket. Faktor perubah yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran antara serbuk kayu merbau dengan tepung sagu sebagai perekat yaitu perbandingan, 1 : 0,25 (A) , 1 : 0,50 (B), 1 : 0,75 (C) , 1 : 1 (D). Selain membandingkan serbuk kayu merbau dan tepung sagu sebagai perekat, juga kita lakukan membandingkan pengeringan dengan sinar matahari di jemur dengan waktu 0, 12, 24, 36 jam. Dari hasilnya menunjukkan kadar air setelah dilakukan pejemuran selama 36 jam menunjukkan pada campuran A ; 7,56% Campuran B : 7,50% Campuran C : 7,38% dan Campuran D : 7,63% menunjukkan bahwa proses pencampuran dengan 4 komposisi secara umum tidak mempengaruhi secara signifikan kadar air pada briket berbahan arang serbuk kayu merbau dan perekat tepung sagu. Sedangkan dari sisi produk briket yang sesuai campuran yang direkomendasikan yaitu pada campuran A ( 1 : 0,25) dimana hasilnya mudah dalam cetak serta tidak mengalami perubahan bentuk waktu kering, mudah dibakar dan tidak menghasikan asap.

### DAFTAR PUSTAKA

Febrianto, 1999, "Pirolisis Serbuk Gergaji Secara Batch", Laporan Penelitian Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<https://nabirekab.go.id/portal/hutan-margasatwa/2022>

<https://nabirekab.bps.go.id/subject/60/kehutanan.html>

Reza Bachmid dkk 2020 Pengaruh Penekanan Briket Limbah Kayu Merbau (Bayam) Dengan Perekat Tapioka (*Effect Pressing Briquettes Merbau Waste (Spinach Wood) With Tapioka Adhesive*) *Journal of Chemical Process Engineering Volume 5 Nomor 2*

Seran, J.B.1990., " *Bioarang untuk memasak*", Edisi II, Liberti., Yogyakarta

Soeyanto ,T, 1982. " *Cara Membuat Sampah jadi Arang dan Kompos*", Yudhistira, Jakarta

Pari G. 2002., " *Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu. Makalah M.K. Falsafah Sains*". Program Pascasarjana IPB, Bogor.