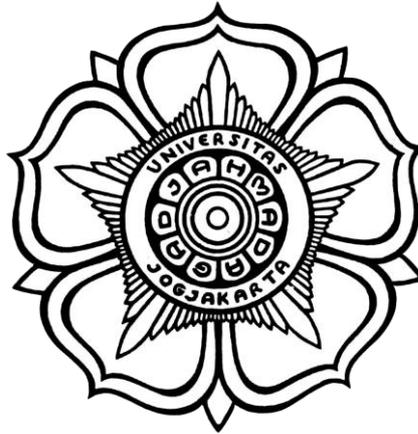


**KARAKTERISTIK ARANG AKTIF DARI TUNGGAK BAMBU
PETUNG (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) DAN
PEMANFAATANNYA SEBAGAI PENJERNIH AIR
TERCEMAR LIMBAH PABRIK GULA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh derajat Sarjana S-1
Program Studi Kehutanan



Diajukan oleh

LEONIX ONWARD

16/398335/KT/08330

kepada

PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS GADJAH MADA

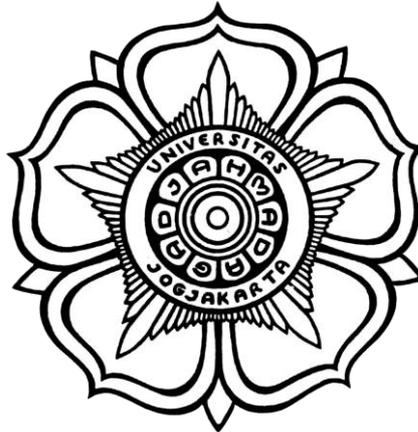
YOGYAKARTA

2021

**KARAKTERISTIK ARANG AKTIF DARI TUNGGAK BAMBU
PETUNG (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) DAN
PEMANFAATANNYA SEBAGAI PENJERNIH SAIR
TERCEMAR LIMBAH PABRIK GULA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh derajat Sarjana S-1
Program Studi Kehutanan



Diajukan oleh

LEONIX ONWARD

16/398335/KT/08330

kepada

PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS GADJAH MADA

YOGYAKARTA

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISTIK ARANG AKTIF DARI TUNGGAK BAMBU PETUNG
(*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI
PENJERNIH AIR TERCEMAR LIMBAH PABRIK GULA**

LEONIX ONWARD
16/398335/KT/08330

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Fakultas Kehutanan
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan diterima untuk memenuhi
sebagian dari persyaratan memperoleh derajat Sarjana Kehutanan

Pada Tanggal: 23 Juni 2021

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Johanes Pramana Gentur Sutapa, M.Sc.

Anggota Dewan Penguji:

- | | |
|--|---|
| 1. Dr. Ir. Johanes Pramana Gentur Sutapa, M.Sc. | Menyetujui/ Tidak menyetujui |
| 2. Prof. Dr. Ir. Tibertius Agus Prayitno, M.For. | Menyetujui/ Tidak menyetujui |
| 3. Rini Pujiarti, S.Hut., M.Agr., Ph.D. | Menyetujui/ Tidak menyetujui |

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Leonix Onward
NIM : 16/398335/KT/08330
Tahun terdaftar : 2016
Program Studi : S1 Kehutanan
Fakultas : Fakultas Kehutanan

Menyatakan bahwa dalam dokumen Skripsi ini tidak terdapat dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis di sitasi dalam dokumen dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Skripsi ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 28 Juni 2021



Leonix Onward
16/398335/KT/08330

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Forgive yourself, forgive others. Don’t wait. Not everyone gets the time I’m getting. Not everyone is lucky”.

Tuesdays with Morrie

Pembuatan skripsi ini tidak luput dari bantuan serta doa dari mereka yang telah bersedia menemani sampai akhir. Terima kasihucapkan kepada:

1. Orangtua dan keluarga yang telah senantiasa mendoakan dan mendukung penulis selama proses perkuliahan hingga selesai.
2. Mangatur Jeremy Howard yang telah senantiasa memberikan support baik secara langsung dengan makan eskim maupun pelukan hangat.
3. Keluarga Mahasiswa Sperkud Tikud yang terdiri dari Mbas, Kak Bien, Ka Putri, Kak Sekar Bali, Repri, Bwang Adi, Sebastian Endank, Surya, Esa, dan Bernard terima kasih karena kalian telah mau dan tetap mau berteman dan ada buat saya disusah dan senang terutama susah.
4. Mbak Nayesfarah dan teman-teman Laboratorium Energi Biomassa yang memberi dukungan selama pengambilan data dan sebagai penghibur dikala hati gundah.
5. Dimas Joko bin Hasduk dan Wahyunita Arum Bocil yang telah bersedia menjadi teman saya dan bertukar pikiran serta emosi.
6. Teman-teman saya Joy Satya, Gocko, Aji , Agatha, dan wanita karet dua dr. Nandha Putri yang telah memberikan saya *support* dan *company* ketika saya membutuhkan.
7. Teman-teman KMKK BONITA, FORESTECH 18, IFSA LC UGM, tim KKN-PPM UGM Sigi bersinergi 2019 beserta keluarga di Desa Vou.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam bentuk apapun yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang oleh karena rahmat-Nya sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik. Skripsi ini disusun sesuai dengan panduan skripsi Fakultas Kehutanan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi S1 dan memperoleh gelar kesarjanaan di Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Dalam pembuatan skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan ini tidak terlepas dari bimbingan, masukan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dr. Budiadi, S.Hut., M.Agr.Sc., selaku Dekan Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
2. Dr. Sigit Sunarta, S.Hut., M.P., M. Sc. selaku Kepala Departemen Teknologi Hasil Hutan.
3. Dr. Ir. J. P. Gentur Sutapa, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing penulis selama proses penulisan skripsi.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Tibertius Agus Prayitno, M.For. selaku dosen pembimbing akademik dan dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan-masukan kepada penulis.
5. Ibu Rini Pujiarti, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan-masukan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyusupan skripsi ini.

Yogyakarta, 28 Juni 2021



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Deskripsi Tanaman Bambu (<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult.f))	4
2.1.1 Taksonomi Tanaman Bambu	4
2.1.2 Morfologi Tanaman Bambu	4
2.2 Arang	7
2.3 Arang Aktif	8
2.4 Kegunaan Arang Aktif	9
2.5 Pembuatan Arang Aktif	10
2.6 Kualitas Arang Aktif	11
2.6.1 Rendemen	11
2.6.2 Kadar Air	11
2.6.3 Kadar Zat Mudah Menguap	11
2.6.4 Kadar Abu	12
2.6.5 Kadar Karbon Terikat	12
2.6.6 Daya Serap terhadap Iodium	12
2.6.7 Daya Serap terhadap Biru metilen	13
2.6.8 Daya Serap terhadap Uap Benzena	13
2.7 Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Media Penjernih Air	13
2.8 Kualitas Air	14
2.8.1 Warna Air	15
2.8.2 pH Air	15
2.8.3 Kekeruhan	15
2.8.4 Kesadahan (CaCO_3)	15
2.8.5 Besi (Fe)	16
2.8.6 Mangan (Mn)	16
BAB III HIPOTESIS DAN RANCANGAN PENELITIAN	17
3.1 Hipotesis	17

3.2	Rancangan Penelitian	17
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		20
4.1	Bahan dan Alat Penelitian	20
4.1.1	Bahan Penelitian	20
4.1.2	Alat Penelitian	21
4.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	22
4.3	Tahapan Penelitian.....	22
4.3.1	Tahapan Persiapan Bahan Baku.....	22
4.3.2	Tahap Karbonisasi.....	23
4.3.3	Tahap Pembuatan Arang Aktif	24
4.3.4	Tahap Pengujian Arang Aktif	26
4.4	Aplikasi Arang Aktif untuk Penjernih Air Limbah Pabrik Gula	33
BAB V HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA		37
5.1	Rendemen Arang Tunggak Bambu Petung.....	37
5.2	Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	38
5.3	Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	39
5.4	Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	41
5.5	Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	43
5.6	Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	44
5.7	Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena	46
5.8	Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen.....	48
5.9	Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium.....	49
5.10	Perbandingan Kualitas Arang Aktif Tunggak Bambu Petung dengan Standar National Indonesia (SNI 06-3730-1995).....	51
5.11	Aplikasi Arang Aktif Tunggak Bambu Petung untuk Peningkatan Kualitas Air Tercegar Limbah Pabrik Gula.....	52
BAB VI PEMBAHASAN.....		53
6.1	Rendemen Arang Tunggak Bambu Petung.....	53
6.2	Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	53
6.3	Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	54
6.4	Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	56
6.5	Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung.....	57
6.6	Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	58
6.7	Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena	59
6.8	Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen.....	61
6.9	Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium.....	62
6.10	Perbandingan Hasil Penelitian Arang Aktif Tunggak Bambu Petung dengan Arang Aktif Standar Nasional Indonesia.....	64
6.11	Aplikasi Arang Aktif Tunggak Bambu Petung sebagai Penjernih Air Tercegar Limbah Pabrik Gula.....	65
6.11.1	pH Air	66
6.11.2	Kekeruhan	66
6.11.3	Kesadahan (CaCO ₃)	67
6.11.4	Besi (Fe).....	67
6.11.5	Mangan.....	68
6.11.6	Warna.....	68

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	69
7.1 Kesimpulan.....	69
7.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Penggunaan Arang Aktif 9
Tabel 2.2	Kualitas Arang Aktif SNI 06-3730-1995 11
Tabel 2.3	Standar Kualitas Air Minum 14
Tabel 3.1	Rancangan Acak Lengkap dengan Percobaan Faktorial (3x3)..... 18
Tabel 3.2	Analisis Keragaman (ANOVA) 18
Tabel 5.1	Rendemen Arang Tunggak Bambu Petung 37
Tabel 5.2	Nilai Rata-Rata Rendemen (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 38
Tabel 5.3	Analisis Keragaman Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 38
Tabel 5.4	Nilai Rata-Rata Kadar Air (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 40
Tabel 5.5	Analisis Keragaman Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 40
Tabel 5.6	Nilai Rata-Rata Kadar Zat Mudah Menguap (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 41
Tabel 5.7	Analisis Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 42
Tabel 5.8	Nilai Rata-Rata Kadar Abu (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 43
Tabel 5.9	Analisis Keragaman Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 43
Tabel 5.10	Nilai Rata-Rata Kadar Karbon Terikat (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 44
Tabel 5.11	Analisis Keragaman Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 45
Tabel 5.12	Nilai Rata-Rata Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena..... 46
Tabel 5.13	Analisis Keragaman Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung Terhadap Benzena 47
Tabel 5.14	Nilai Rata-Rata Daya Serap terhadap Biru Metilen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 48
Tabel 5.15	Analisis Keragaman Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen..... 48
Tabel 5.16	Nilai Rata-Rata Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium..... 50
Tabel 5.17	Analisis Keragaman Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium..... 50
Tabel 5.18	Perbandingan Kualitas Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult.f)) dengan SNI 06-3730-1995 51
Tabel 5.19	Rekapitulasi Data Hasil Uji Penjernihan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula dengan Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Fotograf SEM Arang Aktif Serbuk Gergaji Sengon (Pari, 2005)... 8
Gambar 4.1	Tunggak Bambu Petung 23
Gambar 4.2	Chip dari Tunggak Bambu Petung 23
Gambar 4.3	Proses Karbonisasi..... 24
Gambar 4.4	Proses Penumbukan Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 24
Gambar 4.5	Proses Aktivasi Arang Tunggak Bambu Petung 25
Gambar 4.6	Arang Aktif Tunggak Bambu Petung..... 25
Gambar 4.7	Pengujian Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung..... 27
Gambar 4.8	Proses Penimbangan Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 28
Gambar 4.9	Pengujian Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 29
Gambar 4.10	Pengujian Daya Serap Iodium Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 30
Gambar 4.11	Pengujian Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 31
Gambar 4.12	Proses Pengujian Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen..... 33
Gambar 4.13	Proses Penjernihan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula Sebelum (kiri) dan Sesudah Aplikasi Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (kanan)..... 33
Gambar 4.14	Diagram Alir Proses Pembuatan Arang Aktif 34
Gambar 4.15	Diagram Alir Proses Penjernihan Air dengan Arang Aktif..... 35
Gambar 5.1	Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung..... 39
Gambar 5.2	Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi Terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung. 41
Gambar 5.3	Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 42
Gambar 5.4	Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 44
Gambar 5.5	Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 46
Gambar 5.6	Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena..... 47
Gambar 5.7	Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dan Lama Waktu Aktivasi terhadap Rata-Rata Nilai Daya Serap Biru Metilen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung 49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Tabel Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung.....	79
Lampiran 2. Tabel Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung.....	81
Lampiran 3. Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	83
Lampiran 4. Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	85
Lampiran 5. Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung	87
Lampiran 6. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena	89
Lampiran 7. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen.....	91
Lampiran 8. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium	93

**KARAKTERISTIK ARANG AKTIF DARI TUNGGAK BAMBU PETUNG
(*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI
PENJERNIH AIR TERCEMAR LIMBAH PABRIK GULA**

Oleh:

Leonix Onward¹, J.P. Gentur Sutapa²

INTISARI

Bambu merupakan tanaman *fast growing species* dengan umur panen 4 sampai 5 tahun. Terdapat berbagai jenis bambu yang tersebar di Indonesia dengan potensi yang tinggi. Umumnya, pemanfaatan bambu dilakukan pada bagian batang sehingga pemanfaatan tunggak bambu belum tertangani dengan baik. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mencari alternatif pemanfaatan tunggak bambu petung dalam bentuk arang aktif.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode rancangan acak lengkap (*Completely Randomized Design*) dengan faktor yang diuji berupa suhu aktivasi (600 °C, 700 °C, dan 800 °C) dan lama waktu aktivasi (60 menit, 80 menit, dan 100 menit) dengan lima kali pengulangan pada masing-masing faktor. Dilakukan proses pengarangan tunggak bambu menggunakan *retort* dengan suhu 400 °C selama 3 jam. Setelah itu dilakukan pengujian kualitas arang aktif terhadap rendemen, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, daya serap terhadap benzena, daya serap terhadap biru metilen, dan daya serap terhadap iodium. Arang aktif terpilih (A3B2) dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas air tercemar limbah pabrik gula. Peningkatan kualitas air dilihat melalui parameter pH, warna, kekeruhan, kesadahan (CaCO₃), Besi (Fe), dan mangan (Mn).

Hasil penelitian menunjukkan rendemen arang aktif sebesar 80,107 %-85,237 %; kadar air 5,198 %-11,007 %; kadar zat mudah menguap 16,359 %-21,917 %; kadar abu 11,83 %-14,452 %, kadar karbon terikat 64,059 %-70,364 %; daya serap terhadap benzena 5,548 %-8,350 %; daya serap terhadap biru metilen 116,009 mg/g-125,342 mg/g; dan daya serap terhadap iodium 571,788 mg/g-636,268 mg/g. Arang aktif terpilih (A3B2) didapat dari kombinasi faktor suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 80 menit. Hasil aplikasi arang aktif mampu menaikkan kualitas air tercemar limbah pabrik gula dengan peningkatan pH 22,54 %; penurunan warna 79,8 %; kekeruhan 51,65 %; kesadahan 16,67 %; besi 99,38 %; dan mangan 60 %.

Kata kunci: arang aktif, tunggak bambu, waktu aktivasi, suhu aktivasi

¹ Mahasiswa Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.

² Dosen Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.

**CHARACTERISTICS OF ACTIVATED CHARCOAL FROM PETUNG
BAMBOO STUMP (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) AND THE
UTILIZATION AS WATER PURIFICATION CONTAMINATED BY
SUGAR FACTORY WASTE**

By:

Leonix Onward¹, J.P. Gentur Sutapa²

ABSTRACT

Bamboo is a fast-growing species with a harvest period of 4 to 5 years. There are various species of bamboo in Indonesia with high potential. In general, the use of bamboo is carried out on the stem so that the utilization of bamboo stump has not been handled properly yet. The purpose of this research is to find alternative use of petung bamboo stump as activated charcoal.

This research conducted using completely randomized design method with factors being tested in; activation temperature (600 °C, 700 °C, 800 °C) and activation duration (60 minutes, 80 minutes, 100 minutes) with five repetition for each factor. Carbonization of bamboo stump waste was held using electric retort with 400 °C for 3 hours. The result of activated charcoal were tested in terms of their quality are yield, moisture content, volatile matter content, ash content, fixed carbon content, adsorption of benzena, absorption of methylene blue, and absorption of idoin. Selected activated charcoal (A3B2) will be used as water purification contaminated by sugar factory waste. The increase of water quality was seen through parameters of pH, color, turbidity, total hardness (CaCO₃), iron (Fe), and manganese (Mn).

The results showed that yield of activated charcoal ranged from 80.107 %-85.237 %; water content 5.198 %-11.007 %; volatile matter content 16.359 %-21.917 %; ash content 11.83 %-14.452 %, fixed carbon content 64.059 %-70.364 %; absorption of benzene 5.548 %-8.350 %; absorption of methylene blue 116.009 mg/g-125.342 mg/g; and absorption of iodine 571.788 mg/g-636.268 mg/g. The selected activated carbon (A3B2) was obtained from a combination with an activation temperature of 800 °C and activation period of 80 minutes. The results from the application of activated charcoal successfully increase the quality of water contaminated by sugar factory waste with an increase pH of 22.54 %; color reduction 79.8 %; turbidity 51.65 %; total hardness 16.67 %; iron 99.38 %; and manganese 60 %.

Keywords: Activated charcoal, bamboo stump, activation time, activation temperature.

¹Student of Forest Products Technology Department, Faculty of Forestry, Universitas Gadjah Mada.

²Lecturer of Forest Product Technology Department, Faculty of Forestry, Universitas Gadjah Mada.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bambu merupakan jenis tanaman dari keluarga rumput besar yang tumbuh dikawasan tropis dan sub tropis dengan karakteristik pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan kayu (Kumar dan Sastry, 1999). Berdasarkan data produksi hasil hutan non-kayu Indonesia tahun 2017, bambu menempati urutan pertama sebagai produksi terbesar dengan jumlah 14.832.605,41 batang yang dihasilkan (Badan Pusat Statistik, 2017). Menurut Widjaja (2001) salah satu daerah dengan pemanfaatan bambu tertinggi berada di Pulau Jawa, yang salah satunya ada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan BPS Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2016 diketahui Kabupaten Sleman merupakan penghasil bambu terbesar dengan memproduksi 68,08% bambu dari total hasil produksi. Selain dari produktivitas yang tinggi, Kabupaten Sleman memiliki keragaman jenis bambu. Salah satu jenis yang mudah ditemukan di Kabupaten Sleman adalah bambu petung.

Bambu petung merupakan salah satu jenis bambu yang memiliki banyak manfaat, salah satunya untuk konstruksi dikarenakan sifatnya yang kuat dan memiliki penampakan yang besar. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan bambu petung berdampak pada tingginya tunggak bambu yang dihasilkan, sedangkan pemanfaatan tunggak bambu petung terbatas pada kerajinan. Berdasarkan penelitian Miranti (2012) disampaikan bahwa bambu dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Pernyataan ini juga didukung dari hasil penelitian Sumanakratul dkk. (2015) yang menunjukkan kualitas arang aktif dari bambu petung dengan aktivasi kimia memenuhi kriteria SNI 06-3730-1995. Berdasarkan potensi batang bambu petung sebagai bahan baku arang aktif tersebut, diduga tunggak bambu petung juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku arang aktif. Dalam upaya mencari alternatif pemanfaatan tunggak bambu petung, maka dilakukan penelitian mengenai potensi tunggak bambu petung sebagai bahan baku arang aktif.

Arang aktif dapat dimanfaatkan sebagai adsorban atau bahan penyerap baik untuk penyerapan emisi gas beracun diudara, logam dalam limbah cair, penyerap residu pestisida, atau penyerapan bahan berbahaya dalam air konsumsi (Lempang, 2014). Karbon aktif atau arang aktif merupakan arang yang telah terjadi perluasan terhadap permukaannya, sehingga karbon aktif dapat menyerap zat-zat yang berada disekitarnya (Vinsiah dkk., 2014). Dengan kemampuannya menjadi adsorban diharapkan arang aktif dapat dijadikan alternatif pemanfaatan tunggak bambu petung. Untuk mengetahui kesesuaian arang aktif tunggak bambu petung sebagai media adsorban maka diperlukan informasi mengenai kualitas arang aktif. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 kualitas yang diperlukan berupa sifat proximat (kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon terikat) dan sifat daya serap arang aktif terhadap biru metilen, iodium, uap benzena.

Kualitas arang aktif dipengaruhi oleh luas pori yang ada. Perluasan pori arang aktif dipengaruhi oleh suhu dan lama waktu aktivasi. Menurut Pari dkk. (2005) semakin lama waktu aktivasi akan menyebabkan semakin banyak struktur makropori arang aktif terbentuk. Semakin tinggi jumlah makropori yang terbentuk maka semakin tinggi daya serap arang aktif dan semakin bagus kualitas arang aktif (Aissyah dkk., 2019).

Pembuatan arang aktif tunggak bambu petung dimulai dengan proses pengarangan dengan suhu 400 °C selama 3 jam, lalu arang tersebut diaktivasi dengan menggunakan suhu tinggi tanpa menggunakan bahan kimia. Tujuan dari aktivasi tanpa menggunakan bahan kimia adalah meminimalisir terjadinya pencampuran bahan kimia pada larutan uji (Irawati dan Sutapa, 2004). Penelitian ini akan dilakukan dengan desain percobaan faktorial dengan perlakuan suhu aktivasi 600 °C, 700 °C, 800 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, 100 menit dengan lima pengulangan. Menurut Yuliusman (2016) aktivasi arang aktif dapat dilakukan dari suhu 600 °C sedangkan menurut Pari dkk. (2005) penggunaan lama waktu aktivasi 60 menit telah menghasilkan nilai sesuai SNI 06-3730-1995 dan semakin lama waktu aktivasi yang digunakan menyebabkan terjadinya pengembangan mikropori menjadi makropori sehingga terjadi peningkatan nilai daya serap arang aktif.

Untuk mengetahui kebermanfaatan arang aktif tunggak bambu petung sebagai media penjernih air, maka dilakukan pengaplikasian terhadap sumber air sumur masyarakat sekitar pabrik gula, yang telah tercemar limbah produksi. Oleh sebab itu penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai potensi tunggak bambu petung menjadi arang aktif dengan mengetahui kualitas arang aktif tunggak bambu petung dan kemampuannya untuk menjernihkan air tercemar limbah pabrik gula.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1 Mengetahui potensi tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) sebagai bahan baku alternatif pembuatan arang aktif yang memenuhi SNI 06-3730-1995.
- 2 Mengetahui interaksi suhu dan lama aktivasi terhadap kualitas sifat fisika-kimia arang aktif yang dihasilkan dari tunggak bambu petung dengan aktivasi menggunakan metode fisika.
- 3 Mengetahui efektifitas arang aktif tunggak bambu petung dalam meningkatkan kualitas air agar memenuhi standar baku mutu air bersih.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1 Memberikan informasi alternatif pemanfaatan tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) sebagai bahan baku arang aktif yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995.
- 2 Memberikan informasi mengenai efektifitas arang aktif tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) dalam meningkatkan kualitas air tercemar limbah pabrik gula.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Tanaman Bambu (*Dendrocalamus asper* (Schult.f))

2.1.1 Taksonomi Tanaman Bambu

Menurut *National Center for Biotechnology Information* (2019) tanaman bambu (*Dendrocalamus asper* (Schult.F) Backer ex K.Heyne) termasuk dalam klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom	: Viridiplantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Subfamili	: Bambusoideae
Genus	: <i>Dendrocalamus</i>
Spesies	: <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult.F) Backer ex K.Heyne

2.1.2 Morfologi Tanaman Bambu

Bambu termasuk dalam keluarga rumput besar dari famili Poaceae atau bisa disebut juga Gramineae. Perbedaan antara bambu dengan keluarga rumput lainnya adalah sistem percabangan yang kompleks, berbunga, dan terdiri dari beberapa segmen (Wong, 2004). Selain itu, bambu juga termasuk jenis *fast growing species* dengan umur panen 4 sampai 5 tahun dan dapat hidup sampai 40 - 60 tahun (Heyne, 1987). Bambu petung memiliki ciri spesifik seperti rumpun *sympodial* terdiri dari 5 - 11 cabang disetiap ruas dengan ukuran cabang lebih besar dari yang lainnya. Panjang tiap ruasnya mencapai 40 - 50 cm dengan diameter 12 - 18 cm dan tinggi maksimal 20 m (Widjaja, 2005).

2.1.2.1 Sistem Perakaran

Menurut Wong (2004) bambu terbagi menjadi dua bagian yaitu: bagian yang berada didalam tanah disebut akar atau tunggak dan bagian yang terlihat diatas permukaan dinamakan batang. Akar akan tumbuh menjadi bambu dewasa dan memunculkan akar baru (*daughter rhizomes*). Sistem percabangan akar bambu terbagi menjadi dua, yaitu: pakimorf dengan ciri akar *sympodial* dan *leptomorf* yang memiliki akar *monopodial* (Widjaja, 2005). Selain sistem perakaran tersebut, terdapat sistem perakaran campuran antara akar *monopodial* dan *sympodial* yang disebut *amphipodial* (Wong, 2004). Akar bambu yang tumbuh menjadi tunas bambu dan masih ditutupi oleh pelepah disebut sebagai rebung. Rebung dapat tumbuh dari mata tunas maupun stek batang (Widjaja, 2005).

2.1.2.2 Batang/buluh

Bambu petung merupakan salah satu bambu dengan dimensi batang terbesar. Diameter batang bambu petung sebesar 12 - 18 cm dan dapat mencapai 20 cm. Tinggi batang bambu petung dapat mencapai 20 m dengan panjang ruas sebesar 40 - 50 cm dan disetiap buku-bukunya dikelilingi akar udara (Widjaja, 2005). Batang bambu petung memiliki warna hijau sampai hijau kekuning-kuningan tergantung pada usianya (Hadjar, 2017). Batang bambu petung memiliki bintik putih dan seiring dengan bertambahnya umur bintik tersebut menjadi totol putih yang disebabkan oleh adanya lumut kerak (Widjaja, 2005) dan juga memiliki rambut cokelat yang berada disetiap ruasnya (Wong, 2004).

2.1.2.3 Daun

Menurut Widjaja (2001) terdapat kesamaan karakteristik antara daun bambu dengan rumput, yaitu helai daun bambu mempunyai urat daun sejajar dan memiliki tulang daun yang menonjol. Lebar daun pada bambu bergantung pada jenis masing-masing dengan bentuk helai daun melanset (*lanceolate*) atau memita-melanset (*linear-lanceolate*). Jumlah daun bambu petung sebesar 25 - 30 helai dengan ukuran 2,5 - 4 cm. Ciri daun bambu lainnya adalah pada bagian

bawah daun, terdapat bulu-bulu halus yang jarang dengan kuping pelepah bulu berukuran kecil (Widjaja, 2005)

2.1.2.4 Bunga dan Buah

Menurut McClure (1996) dalam Abrori tahun (2016) menyatakan bahwa sistem perbungaan pada bambu memiliki struktur yang kompleks dan rumit. Sistem perbungaan bambu disebut *pseudospikelet* dikarenakan memiliki kuncup bunga (*buds*) sebelum bunga aslinya dan jika kuncup ini tumbuh bisa memunculkan *pseudospikelet* yang lain. Susunan *pseudospikelet* dapat ditemui pada jenis bambu yang tersebar di Asia Tenggara dan salah satu jenis tersebut adalah bambu petung (*Dendrocalamus asper*) dengan struktur dasar seperti *braktea*, *glume*, *rachila*, *lemma*, *palea*, *anther* dan *stigma* (Wong, 2004).

Buah pada bambu merupakan hal yang jarang diketahui masyarakat awam. Keberadaan buah pada bambu jarang ditemui sama seperti keberadaan bunganya. Buah pada bambu berbentuk *caryopsis* (buah kering) seperti padi atau berbentuk seperti buah *berry* dikarenakan memiliki *endosperm* tebal (Wong, 2004).

2.1.2.5 Syarat tempat tumbuh

Menurut Widjaja (2005) bambu petung dapat tumbuh baik pada kondisi daerah yang lembab dengan jenis tanah aluvial tropis. Bambu petung juga dapat tumbuh di tempat yang kering, namun bambu yang dihasilkan memiliki diameter yang lebih kecil dan dinding sel lebih tebal. Selain itu, bambu yang berada ditempat yang kering relative lebih cepat mengalami penuaan (Sutiyono, 2011).

Bambu petung memiliki karakteristik tinggi batang yang lebih tinggi dari bambu lainnya. Menurut Sutiyono (2011) bambu petung yang berada pada dataran tinggi (>1000 mdpl) memiliki karakteristik yang besar dengan tinggi 26 m dengan diameter mencapai 24 cm. Karakteristik bambu tersebut ditemukan di daerah Kaliurang, Yogyakarta.

2.2 Arang

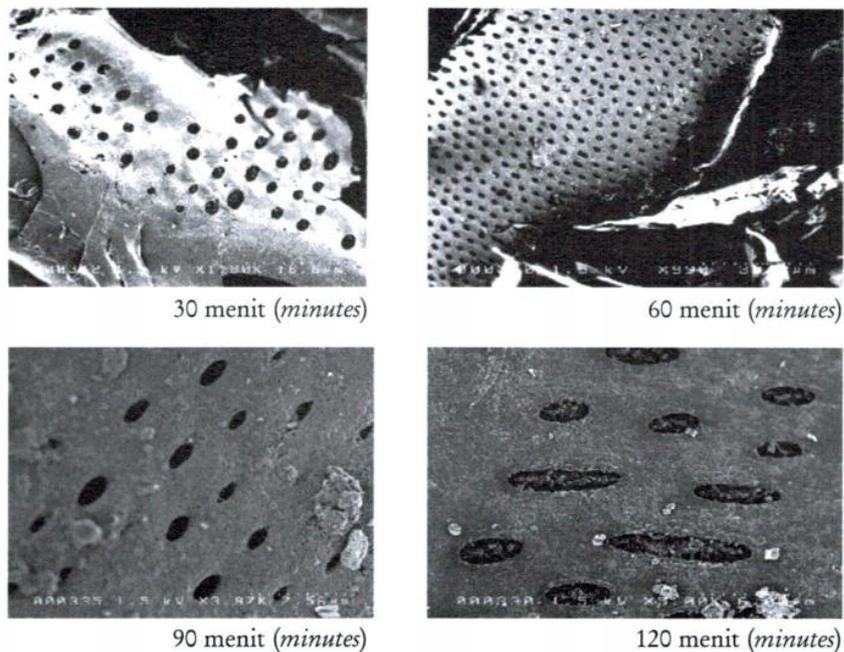
Arang adalah padatan yang didapat dari hasil pirolisis pada suhu tinggi dengan sedikit atau tanpa oksigen (Ridhuan dan Suranto, 2016). Arang memiliki karakteristik pori-pori yang besar dengan kandungan karbon dapat mencapai 85 %. Dengan sifat-sifat tersebut arang memiliki nilai pembakaran (*heating value*) yang lebih tinggi dari biomassa awalnya dengan nilai berkisar 32 MJ/kg (Budiman dkk., 2018).

Menurut Budiman dkk. (2016), pirolisis terjadi pada 4 tahapan yaitu:

1. Proses pengeringan dengan tujuan untuk menghilangkan air bebas dan sedikit air terikat pada biomassa yang terkandung untuk membantu proses peleburan lignin diproses selanjutnya. Tahapan pengeringan terjadi pada suhu ± 100 °C.
2. Tahapan awal pirolisis terjadi pada suhu 100 - 300 °C. Pada proses ini terjadi dehidrasi secara eksotermis pada biomassa. Proses ini disebut sebagai torefaksi.
3. Pada suhu > 200 °C terjadi proses pirolisis *intermediate*. Tahapan ini disebut pirolisis utama, dengan suhu yang digunakan sebesar 200 - 600 °C. Pada fase ini molukel besar didalam biomassa terdekomposisi menjadi arang, *condensable gas*, dan *non-condensable gas*.
4. Pada suhu $\pm 300 - 900$ °C terjadi tahap akhir pirolisis. Pada proses ini terjadi *cracking* yang mengubah zat volatile menjadi arang dan *non-condensable gas*. Gas yang tidak dapat terkondensasi akan menghasilkan *bio-oil* atau tar.

2.3 Arang Aktif

Arang aktif merupakan arang yang telah diproses secara lanjut dengan tujuan untuk meningkatkan luas porinya sehingga memiliki kemampuan daya serap (Ahiduzzaman dan Islam, 2016). Daya serap arang aktif dihasilkan dari luas permukaan yang besar dengan ukuran berkisar antara 300 - 2000 m³/gr (Kurniati, 2008). Menurut Pari (2005), semakin lama waktu aktivasi yang dilakukan terhadap arang maka diameter pori yang dihasilkan semakin luas. Pernyataan ini didukung dengan hasil penelitian Pari (2005) mengenai arang aktif serbuk gergajian sengon dengan lama aktivasi 30 menit sebesar 0,9 - 1,6 μm mengalami peningkatan pada lama waktu 120 menit menjadi 1,8 - 2,7 μm . Peningkatan diameter pori pada arang aktif ditunjukkan pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Fotograp SEM Arang Aktif Serbuk Gergaji Sengon (Pari, 2005)

2.4 Kegunaan Arang Aktif

Arang aktif memiliki kegunaan yang beragam dalam berbagai bidang, seperti dalam industri pangan, kosmetik, dan obat-obatan. Selain itu, arang aktif digunakan sebagai agen penyerap dalam proses purifikasi. Berdasarkan hasil penelitian (McGillicudy dkk., 2018) disebutkan bahwa arang aktif mampu menangkap 63,6 % partikel perak berukuran nano (*Agrarium Nano Particle*) yang berada dalam air. Kegunaan arang aktif dijelaskan pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Penggunaan Arang Aktif

No	Pemakai	Kegunaan
1	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilangan
2	Minuman keras dan ringan	Penghilangan warna dan bau pada minuman
3	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah
4	Pembersih air	Penghilangan warna dan bau
5	Budidaya udang	Penghilangan ammonia, netrite phenol dan logam berat
6	Industri gula	Penghilangan zat-zat warna, menyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna
7	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut
8	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, bau busuk asap
9	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut vinil chloride, vinil asetat
10	Pengolahan pupuk	Pemurnina, penghilang bau

Sumber: Sembiring dan Sinaga (2003)

2.5 Pembuatan Arang Aktif

Prinsip pembuatan arang aktif adalah membuka pori-pori arang agar menjadi lebih luas yaitu dari $2 \text{ m}^2/\text{g}$ (bersifat *inert*) menjadi $300 - 2000 \text{ m}^2/\text{g}$ (Sudrajat dan Pari, 2011). Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar luas permukaan arang dengan memecah ikatan hidrokarbon yang ada pada arang sehingga arang memiliki daya adsorpsi (Sembiring dan Sinaga, 2003). Proses aktivasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Aktivasi secara fisika atau termal

Aktivasi secara fisika dilakukan dengan menggunakan uap air ataupun gas peroksida kedalam reaktor dengan suhu tinggi berkisar $600 - 1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Tujuan penggunaan gas dan suhu tinggi ini untuk memutuskan rantai karbon pada arang (Sembiring dan Sinaga, 2003). Aktivasi secara fisik dilakukan dengan atau tanpa oksigen.

2. Aktivasi secara kimia

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan perendaman arang didalam senyawa kimia. Bahan kimia yang dapat digunakan yaitu H_3PO_4 , NH_4Cl , AlCl_3 , HNO_3 , KOH , NaOH , KMnO_4 , SO_3 , H_2SO_4 dan K_2S (Kienle, 1986). Setelah itu arang dipanaskan menggunakan suhu $600 - 900 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 - 2 jam yang bertujuan untuk memutus rantai karbon dari senyawa organik. Dalam proses aktivasi secara kimia, ada kemungkinan arang menghasilkan bahan pengotor yang tersisa akibat tidak larut dalam proses pencucian dengan air (Lempang, 2014).

2.6 Kualitas Arang Aktif

Kualitas arang aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995 ditunjukkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kualitas Arang Aktif SNI 06-3730-1995

Rendemen (%)	Kadar Air (%)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Daya Serap Benzena (%)	Daya Serap Biru metilen (mg/g)	Daya Serap Iodium (mg/g)
-	≤15	≤25	≤10	≥65	≥25	≥120	≥750

Sumber: Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995

2.6.1 Rendemen

Pengujian rendemen arang aktif dilakukann untuk mengetahui perbandingan jumlah presentase bahan baku yang digunakan dengan massa akhir setelah melalui proses aktivasi. Nilai rendemen yang didapat menunjukkan presentase massa yang hilang pada saat proses aktivasi dan karbonisasi berlangsung (Rijali dkk., 2015). Salah dua faktor yang dapat mempengaruhi rendemen adalah suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi arang. Semakin tinggi suhu aktivasi dan semakin lama waktu aktivasi menyebabkan peningkatan degradasi pada arang (Lempang, 2014).

2.6.2 Kadar Air

Kadar air merupakan persentase jumlah air yang berada di dalam bahan baku. Menurut Hendaway (2003) dalam Sahara dkk. (2017) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi jumlah kadar air dalam arang aktif adalah jumlah uap air yang ada diudara, lama proses pendinginan, dan sifat higroskopis dari arang. Pada proses aktivasi dengan suhu rendah, kadar air pada arang aktif cenderung tinggi diakibatkan oleh adanya air terikat pada fasa uap dan cairan yang terperangkap dalam molekul arang yang tidak keluar akibat pemanasan suhu rendah (Polii, 2017).

2.6.3 Kadar Zat Mudah Menguap

Pengujian kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan zat yang mudah menguap yang terkandung dalam arang aktif. Menurut Pujiarti dan Sutapa (2005) peningkatan laju reaksi antara karbon dan

gas-gas di dalam *termoline* dapat menyebabkan peningkatan jumlah zat mudah yang mudah menguap. Selain itu, proses penguraian senyawa non karbon seperti CO₂, CO, CH₄, dan H₂ yang tidak sempurna dapat menyebabkan tingginya persentase zat mudah menguap (Pari dkk., 2000).

Tingginya kandungan zat mudah menguap merupakan pertanda bahwa adanya senyawa yang menempel pada permukaan arang aktif. Senyawa yang menempel ini dapat mengurangi kemampuan arang aktif dalam proses penyerapan terhadap gas atau larutan (Lempang dkk., 2012). Kandungan zat mudah menguap pada arang menyebabkan timbulnya asap pada saat arang dinyalakan akibat reaksi karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol (Hutagalung dkk., 2017).

2.6.4 Kadar Abu

Kadar abu merupakan persentase abu yang tersisa setelah proses pembakaran sempurna pada bahan organik. Pengujian persentase kadar abu pada arang aktif bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam yang terkandung dalam arang aktif (Pujiarti dan Sutapa, 2005). Berdasarkan hasil penelitian Polii (2017) diketahui bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi persentase kadar abu adalah suhu aktivasi. Semakin tinggi suhu aktivasi arang menyebabkan semakin tinggi kadar abu yang tersisa pada arang dikarenakan pada aktivasi suhu tinggi terjadi proses penguraian senyawa mineral yang mengendap dalam arang aktif.

2.6.5 Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat adalah persentase karbon yang tersisah setelah proses karbonisasi. Penentuan kadar karbon terikat dilakukan dengan melakukan pengurangan dari berat total arang aktif terhadap kadar abu dan kadar zat mudah menguap. Faktor yang mempengaruhi besar-kecilnya persentase karbon terikat adalah kadar abu dan kadar zat mudah menguap dalam arang aktif (Widyasari dkk., 2010). Nilai kadar karbon terikat berbanding terbalik dengan kadar abu dan kadar zat mudah menguap, semakin tinggi kadar abu dan zat mudah menguap maka kadar karbon terikat semakin rendah (Lempang dkk., 2009).

2.6.6 Daya Serap terhadap Iodium

Penentuan kemampuan arang aktif dalam menyerap iodium bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap larutan berwarna.

Selain itu, daya serap terhadap iodium merupakan parameter fundamental mengenai kemampuan daya serap arang aktif. Nilai ini menggambarkan jumlah mikropori yang ada pada arang aktif (nilai 0 – 20 Å, atau mencapai 2 nm) (Itodo dkk., 2010). Faktor yang menyebabkan besar-kecilnya daya serap arang aktif terhadap iodium adalah senyawa hidrokarbon pada permukaan arang telah hilang pada proses aktivasi sehingga permukaannya semakin reaktif (Pujiarti dan Sutapa, 2005). Pada arang aktif dapat terjadi kesetimbangan adsorpsi. Kesetimbangan adsorpsi dapat tercapai jika banyaknya molekul yang masuk ke dalam pori-pori arang sama dengan volume pori-pori arang tersebut (Surest dkk., 2010).

2.6.7 Daya Serap terhadap Biru metilen

Tujuan dari penentuan daya serap arang aktif terhadap biru metilen adalah untuk mengetahui kemampuan arang dalam menyerap larutan berwarna (Itodo dkk., 2010). Kemampuan daya serap ini berfungsi untuk menyerap partikel warna pada proses pengaplikasian arang aktif sebagai pembersih. Menurut Pari dkk (2009) kemampuan arang aktif dalam menyerap larutan berwarna berlaku pada molekul yang berukuran kurang dari 15 Å atau 1,5 nm.

2.6.8 Daya Serap terhadap Uap Benzena

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif terhadap benzena salah satunya adalah luas permukaan arang aktif. Semakin luas permukaan arang aktif maka semakin tinggi daya serap terhadap benzena. Selain itu, penyumbatan senyawa non karbon yang terbentuk didalam pori-pori arang aktif dapat menyebabkan penyerapan gas menjadi lebih sedikit (Pari, 1995).

2.7 Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Media Penjernih Air

Salah satu bentuk pemanfaatan arang aktif adalah sebagai media peningkatan kualitas air dengan kondisi kurang baik ataupun tercemar. Peningkatan kualitas air ini disebabkan akibat arang aktif memiliki kemampuan menyerap warna, menghilangkan bau, zat purifikasi, logam berat, dan lainnya. Kemampuan tersebut menyebabkan arang aktif dimanfaatkan sebagai katalis dan media penjernihan untuk industri (Surest dkk., 2010).

Menurut Lempang (2012) penyerapan oleh arang aktif tergolong penyerapan secara fisik, hal ini terjadi akibat luasnya permukaan pori arang aktif dan polaritas permukaan arang aktif. Kemampuan daya serap arang aktif dipengaruhi berdasarkan jenis bahan baku, proses pembuatan, dan bahan pengaktif yang digunakan. Menurut Syauqiah dkk. (2011) proses penyerapan kontaminan dalam air terjadi akibat adanya tarikan dari permukaan aktif yang lebih kuat dibandingkan daya yang menahan kontaminan didalam larutan. Selain itu, senyawa kontaminan yang mudah terserap karbon aktif umumnya memiliki ukuran pori yang lebih kecil dan nilai kelarutan yang lebih rendah dibandingkan dengan arang aktif.

Aktivitas manusia dan pengelolaan limbah buangan dari industri dapat menyebabkan pencemaran terhadap sumber air disekitarnya. Pencemaran terjadi pada sumber air seperti air sumur, sungai, air tanah, maupun sumber air lainnya. Menurut Wardhana (2004), komponen pencemaran air dikelompokkan menjadi:

1. Limbah padat
2. Bahan buangan organik dan olahan bahan makanan
3. Bahan buangan anorganik
4. Bahan buangan cairan berminyak
5. Bahan buangan berupa panas
6. Bahan buangan zat kimia, yaitu sabun, insektisida dan zat pewarna

2.8 Kualitas Air

Kualitas air ditentukan dalam Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 mengenai kualitas air dipaparkan pada Tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Standar Kualitas Air Minum

Parameter	Satuan	Standar *
pH	-	6,5-8,5
Warna	Pt-Co	≤15
Kekeruhan	NTU	≤5
Kesadahan	mg/l CaCO ₃	≤500
Besi	mg/l	≤0,3
Mangan	mg/l	≤0,4

*PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010

2.8.1 Warna Air

Terjadinya perubahan warna dan timbulnya bau pada air merupakan indikasi adanya pencemaran terhadap lingkungan. Timbulnya bau dan perubahan warna disebabkan adanya zat-zat organik terlarut pada air dan adanya ion-ion metal alam (besi dan mangan) pada air (Untari dan Kusnadi, 2015). Pencemaran akibat air limbah industri yang mengandung Fe (besi) dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan warna air berubah menjadi coklat kemerehan (Kristanto, 2013).

2.8.2 pH Air

Air normal memiliki pH diantara 6 sampai 8. Air dengan kondisi segar cenderung memiliki pH yang lebih tinggi. Nilai pH akan mengalami penurunan menuju asam seiring dengan waktu akibat adanya pembebasan CO₂ akibat adanya penambahan bahan organik (Kristanto, 2013). Semakin rendah nilai pH pada air menyebabkan sifat korosi semakin tinggi yang dapat melarutkan logam (Putra dan Yulis, 2019). Berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 nilai pH yang diperbolehkan sebesar 6,5 – 8,5.

2.8.3 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan gambaran mengenai tingkat kejernihan air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang dapat diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Pengukuran tingkat kekeruhan ini diukur berdasarkan sifat optik air (Hapsari, 2015). Berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 batas kekeruhan maksimal adalah 5 NTU. Penyebab terjadinya kekeruhan pada air disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang terlarut ataupun tersuspensi dalam air (Efendi, 2003).

2.8.4 Kesadahan (CaCO₃)

Kesadahan merupakan gabungan dari kontribusi ion atau kation-kation bivalent yang dinotasikan sebagai CaCO₃ dengan satuan milligram per liter. Efek samping dari konsentrasi CaCO₃ yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya gumpalan pada pipa dan timbulnya kerak setelah proses pemasakan (Boyd dkk., 2016). Berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 kadar CaCO₃ maksimal yang diperbolehkan sebesar 500 mg/l (500 ppm).

2.8.5 Besi (Fe)

Besi atau (Fe) merupakan kandungan zat besi yang terkandung didalam air limbah. Semakin tinggi konsentrasi zat besi (Fe) pada suatu air maka air akan berwarna coklat kemerahan (Kristanto, 2013). Keberadaan air dalam konsentrasi tinggi dan terpapar udara dapat menyebabkan timbulnya reaksi oksidasi yang semakin lama akan membentuk gumpalan koloid dan dapat memicu pertumbuhan mikro organisme yang dapat menimbulkan warna serta bau pada air (Said, 2005). Berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010, kadar besi yang maksimal yang diperbolehkan sebesar 0,3 mg/l.

2.8.6 Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan unsur golongan VII yang tersebar bebas di alam. Konsentrasi Mn yang diperbolehkan berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 sebesar 0,4 mg/l . Tingginya konsentrasi senyawa Mn dan Fe dalam air dapat menyebabkan perubahan berwarna hitam dan menimbulkan bau tidak sedap. Selain itu, konsentrasi Mn dan Fe dalam konsentrasi tinggi juga dapat menyebabkan kerusakan hati dan ginjal pada manusia (Said, 2015).

BAB III

HIPOTESIS DAN RANCANGAN PENELITIAN

3.1 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Interaksi suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi diduga dapat mempengaruhi kualitas arang aktif yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995.
2. Arang aktif dari tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) diduga dapat meningkatkan kualitas air tercemar limbah pabrik gula sesuai dengan PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010.

3.2 Rancangan Penelitian

Model rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain acak lengkap (*Completely Randomized Design*) dengan percobaan faktorial.

Faktor yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Suhu aktivasi (A)
 - a. 600 °C (A1)
 - b. 700 °C (A2)
 - c. 800 °C (A3)
2. Waktu aktivasi (B)
 - a. 60 menit (B1)
 - b. 80 menit (B2)
 - c. 100 menit (B3)

Rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorian dan tabel analisis keragaman akan disajikan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rancangan Acak Lengkap dengan Percobaan Faktorial (3x3)

Suhu Aktivasi	Lama	Ulangan					Total
	Waktu Aktivasi	1	2	3	4	5	
A1	B1	(A1B1) ₁	(A1B1) ₂	(A1B1) ₃	(A1B1) ₄	(A1B1) ₅	$\sum(A1B1)$
	B2	(A1B2) ₁	(A1B2) ₂	(A1B2) ₃	(A1B2) ₄	(A1B2) ₅	$\sum(A1B2)$
	B3	(A1B3) ₁	(A1B3) ₂	(A1B3) ₃	(A1B3) ₄	(A1B3) ₅	$\sum(A1B3)$
A2	B1	(A2B1) ₁	(A2B1) ₂	(A2B1) ₃	(A2B1) ₄	(A2B1) ₅	$\sum(A2B1)$
	B2	(A2B2) ₁	(A2B2) ₂	(A2B2) ₃	(A2B2) ₄	(A2B2) ₅	$\sum(A2B2)$
	B3	(A2B3) ₁	(A2B3) ₂	(A2B3) ₃	(A2B3) ₄	(A2B3) ₅	$\sum(A2B3)$
A3	B1	(A3B1) ₁	(A3B1) ₂	(A3B1) ₃	(A3B1) ₄	(A3B1) ₅	$\sum(A3B1)$
	B2	(A3B2) ₁	(A3B2) ₂	(A3B2) ₃	(A3B2) ₄	(A3B2) ₅	$\sum(A3B2)$
	B3	(A3B3) ₁	(A3B3) ₂	(A3B3) ₃	(A3B3) ₄	(A3B3) ₅	$\sum(A3B3)$
Total		\sum_1	\sum_2	\sum_3	\sum_4	\sum_5	\sum

Dari rancangan percobaan acak lengkap yang menggunakan 2 faktor akandiperoleh 9 kombinasi perlakuan dengan 5 kali ulangan, sehingga didapatkan uji sampel sebanyak 45 buah

Tabel 3.2 Analisis Keragaman (ANOVA)

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung
Temperatur suhu (A)	$n_A - 1$	JKA	$JKA / n_A - 1$	KTA/KTE
Waktu aktivasi (B)	$n_B - 1$	JKB	$JKB / n_B - 1$	KTB/KTE
A x B	$(n_A - 1)(n_B - 1)$	JKAB	$JKAB / (n_A - 1)(n_B - 1)$	KTAB/KTE
Error	AB (n-1)	JKE	$JKE / AB (n - 1)$	
Total	ABn-1	JKT		

Berdasarkan nilai rata-rata tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan SPSS sehingga diperoleh analisis variasinya. Nilai F hitung hasil analisis dibandingkan dengan nilai F tabel pada taraf ketelitian 95 % dan 99 %. Taraf ketelitian 95 % dan 99 % dinyatakan berbeda nyata. Untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan nilai rata-rata perlakuan digunakan uji lanjut HSD (*Honestly Significant Difference*).

$$\text{HSD} = Q \{ (K, \text{db error}) \alpha \} \{ \sqrt{KTE/m} \}$$

(3.1)

Keterangan :

- Q = Nilai yang diperoleh dari tabel standar di tingkat kepercayaan yang dikehendaki.
- K = Jumlah perlakuan.
- db error = Derajat bebas error.
- α = Tingkat kepercayaan.
- KTE = Kuadrat tengah error.
- M = Jumlah sampel tiap perlakuan

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Bahan dan Alat Penelitian

4.1.1 Bahan Penelitian

Bahan baku dalam penelitian ini adalah tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) yang diambil di Dusun Bulak Salak, Desa Wukir Sari, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Tunggak bambu yang digunakan dari akar paling bawah sampai ruas kedua dan merupakan tunggak yang tertinggal setelah penebangan. Bambu petung memiliki ciri batang besar dengan akar udara yang berada pada setiap ruasnya (Widjaja, 2005). Pemilihan bambu petung didasarkan pada sifat dan penampakannya yang besar dengan berat jenis berkisar 0,66-0,76 (Wulandari, 2019). Berdasarkan nilai berat jenis tersebut diharapkan rendemen yang dihasilkan tinggi (Pari dkk., 2013) sehingga meminimalisir biaya pengambilan bahan baku. Tahap persiapan bahan baku dilakukan dengan membuat *chip* berukuran panjang $\pm 5 - 10$ cm, lebar $\pm 5 - 7$ cm, dan ketebalan ± 3 cm kemudian dikeringanginkan hingga kadar air konstan sebesar 10 - 15 %.

Pada penelitian arang aktif ini digunakan bahan kimia untuk pengujian kualitas arang aktif. Bahan kimia yang digunakan antara lain larutan iodium 0,1 N untuk uji daya serap terhadap larutan, natrium thiosulfat 0,1 N untuk indikator penyerapan arang aktif terhadap larutan iodium, benzena untuk uji daya serap terhadap uap benzena dan larutan biru metilen 1.200 ppm untuk uji daya serap terhadap warna. Bahan lainnya yang digunakan untuk penelitian ini yaitu aquades untuk pengenceran larutan uji, dan larutan kanji 1 % untuk indikator titar larutan iodium.

Aplikasi arang aktif untuk perbaikan kualitas air dilakukan pada salah satu sampel air sumur warga yang letaknya terdekat dengan tempat pembuangan limbah pabrik gula Madukismo di daerah Bantul. Diduga kualitas air sumur yang ada di sekitar pabrik gula Madukismo sudah tercemar oleh limbah pabrik dengan ciri

warna sedikit keruh dengan bau manis. Penelitian ini dilakukan untuk mencari salah satu bentuk alternatif penjernihan air yang tercemar.

4.1.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Karung untuk tempat tunggak bambu petung.
2. Terpal untuk menjemur tunggak bambu petung.
3. Kantong plastik untuk tempat arang tunggak bambu petung.
4. Saringan ukuran 10 dan 20 *mesh* untuk menghasilkan ukuran homogen arang, ukuran 60 *mesh* dan 325 *mesh* untuk pengujian kualitas arang aktif.
5. *Retort* listrik untuk karbonisasi arang.
6. Lumpang besi untuk menghaluskan arang.
7. Cawan porselen untuk menghaluskan arang aktif.
8. Kompor listrik merk Nasional NK-630 E 600 W untuk memanaskan larutan indikator kanji.
9. Panci aluminium untuk memanaskan larutan kanji.
10. Alat tulis.
11. Kertas label untuk memberi kode pada setiap contoh pengujian.
12. Kertas saring untuk pengujian daya serap iodium dan biru metilen.
13. Gelas plastik untuk pengujian daya serap iodium dan biru metilen.
14. Gelas ukur untuk pengujian daya serap iodium, dan biru metilen.
15. Kawat dan aluminium foil digunakan untuk pengujian kadar zat mudah menguap.
16. *Furnace* merk Thermolyn untuk aktivasi arang dan pengujian arang aktif.
17. Cawan porselen untuk pengujian kadar air, kadar abu dan kadar zat mudah menguap.
18. Timbangan listrik merk *Ohaus* dengan ketelitian 10^{-3} , untuk menimbang serbuk arang dan contoh pengujian.
19. Desikator untuk mengkondisikan sampel setelah aktivasi, sampel uji kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar air.

20. Desikator yang telah dipenuhi dengan uap benzena untuk pengujian daya serap terhadap benzena.
21. Oven merk *memmert* untuk mengeringkan contoh uji kadar air, uji daya serap iodium dan uji daya serap benzena.
22. Pipet untuk pengujian arang aktif daya serap iodium dan daya serap biru metilen.
23. Petridish untuk pengujian daya serap benzena.
24. Spektrofotometer *SP-3000 nano Optima* untuk pengujian daya serap biru metilen.
25. Gelas beker 1000 ml untuk penjernihan air.

4.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai pembuatan dan pengujian kualitas arang aktif tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) dilaksanakan pada bulan Maret sampai November 2020. Pembuatan arang dan pengujian kualitas arang aktif dilakukan di Laboratorium Pengolahan Hasil Hutan dan Laboratorium Konversi Kimia Biomaterial sub Laboratorium Energi Biomassa, Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Proses pengujian kualitas air dilakukan di Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan (STTL) Yogyakarta pada tanggal 26 November 2020.

4.3 Tahapan Penelitian

4.3.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku dilakukan dengan memotong sampel tunggak bambu petung yang diperoleh dari Dusun Bulak Salak, Desa Wukir Sari, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta menjadi *chip* berukuran panjang $\pm 5 - 10$ cm, \pm lebar $5 - 7$ cm, dan ketebalan ± 3 cm. Sampel yang telah diseragamkan ukurannya dikeringkan secara alami hingga konstan dengan kadar air berkisar $\pm 10 - 15$ %. Gambar tunggak bambu petung dan *chip* dari tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2:



Gambar 4.1 Tunggak Bambu Petung



Gambar 4.2 Chip dari Tunggak Bambu Petung

4.3.2 Tahap Karbonisasi

Sampel yang sudah dikeringkan dimasukkan kedalam *retort* listrik untuk proses karbonisasi dengan suhu 400 °C selama \pm 3 jam. Sebelum dilakukan karbonisasi, sampel disusun dengan rapat untuk membatasi udara yang ada didalam ruang pembakaran lalu ditutup agar asap hasil karbonisasi tidak keluar. Setelah proses karbonisasi selesai, sampel didiamkan selama 24 jam pada tempat yang telah disediakan. Proses karbonisasi dengan *retort* dilakukan sesuai dengan Gambar 4.3:



Gambar 4.3 Proses Karbonisasi

4.3.3 Tahap Pembuatan Arang Aktif

4.3.3.1 Tahap Pembuatan Serbuk Arang

Arang yang telah dihasilkan dari proses karbonisasi tersebut dihaluskan dengan menggunakan lumpang porselen. Ukuran serbuk yang dituju lolos 10 *mesh* dan tertahan 20 *mesh*, dan lolos 60 *mesh* tertahan 325 *mesh* untuk pengujian. Tujuan penumbukan arang adalah untuk memperluas permukaan arang. Proses penumbukan dengan lumpang porselen disajikan pada Gambar 4.4:



Gambar 4.4 Proses Penumbukan Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

4.3.3.2 Tahap Aktivasi Arang

Hasil arang dari tunggak bambu petung yang telah diseragamkan ukurannya diaktivasi agar memperluas permukaan pada porinya. Aktivasi dilakukan secara fisika dengan memanaskan arang pada suhu tinggi didalam *furnace*. Suhu yang digunakan pada aktivasi ini sebesar 600 °C, 700 °C, dan 800 °C dengan lama waktu aktivasi selama 60 menit, 80 menit, dan 100 menit. Setelah proses aktivasi arang selesai, arang aktif harus dikondisikan terlebih dahulu sebelum dikeluarkan dari *furnace* agar arang tidak menjadi abu akibat terjadi reaksi dengan oksigen. Proses aktivasi dan arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.5 Proses Aktivasi Arang Tunggak Bambu Petung



Gambar 4.6 Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

4.3.3.3 Rendemen Arang Aktif

Rendemen merupakan perbandingan antara output arang aktif (gram) yang dihasilkan dengan input arang (gram) sebagai bahan baku. Hasil dari rendemen ini menunjukkan persentase arang aktif yang dihasilkan setelah proses aktivasi (gram). Nilai rendemen juga dapat menunjukkan efisiensi proses yang terjadi. Semakin tinggi nilai rendemen maka hasil yang didapatkan semakin banyak.

Perhitungan rendemen arang aktif dengan rumus:

$$\text{Rendemen arang aktif (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \%$$

(4.1)

Keterangan:

W1: Berat awal arang sebelum diaktivasi (gram).

W2: Berat arang aktif yang diperoleh (gram).

4.3.4 Tahap Pengujian Arang Aktif

Pengujian kualitas arang aktif pada penelitian ini berdasarkan standar SNI 06-3730-1995. Dilakukan pengujian sifat-sifat arang aktif terhadap arang aktif hasil penelitian ini. Pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Kimia Biomaterial sub Lab Energi Biomassa, Departemen Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Analisis mutu arang aktif meliputi: kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat, daya serap arang aktif terhadap benzena, daya serap arang aktif terhadap iodium, dan daya serap arang aktif terhadap biru metilen.

4.3.4.1 Kadar Air

Perhitungan nilai kadar air dilakukan sesuai dengan pedoman ASTM D-3173. Kadar air arang aktif ditentukan dengan cara pengeringan didalam oven hingga berat konstan. Proses pengujian kadar air dilakukan setelah sampel dikeluarkan dari oven dan telah dikondisikan didalam desikator. Proses pengujian dilakukan dengan sampel arang aktif seberat ± 2 gram dan ditimbang sebagai berat awal kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 103 ± 2

°C selama kurang lebih 2 jam. Sampel kemudian dikondisikan dalam desikator.

Perhitungan kadar air dilakukan dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(a - b)}{a} \times 100 \%$$

(4.2)

Keterangan:

a = Berat awal sampel.

b = Berat konstan sampel setelah dikering tanurkan.

Pengujian kadar air arang aktif tunggak bambu petung disajikan Gambar 4.7:



Gambar 4.7 Pengujian Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

4.3.4.2 Kadar Zat Mudah Menguap

Perhitungan kadar zat mudah menguap dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-3175. Kadar zat mudah menguap dapat diketahui dengan memanaskan arang aktif pada suhu 950 °C. Prosedur pengujian kadar zat mudah menguap dilakukan dengan menimbang sampel seberat 2 gram kedalam cawan porselen, kemudian ditutup dengan lapisan aluminium lalu dirapatkan dengan kawat untuk mencegah udara masuk. Setelah itu cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam *furnace* dan dipanaskan hingga suhu 950 °C. Setelah selesai *furnace* dimatikan dan didinginkan. Kemudian sampel dikondisikan didalam desikator dan ditimbang. Perhitungan contoh uji kadar zat mudah menguap dengan rumus:

$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_1} \times 100 \%$$

(4.3)

Keterangan:

W_1 = Berat awal sampel (gram).

W_2 = Berat sampel setelah *furnace* (gram).

Proses penimbangan kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 4.8:



Gambar 4.8 Proses Penimbangan Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

4.3.4.3 Kadar Abu

Perhitungan kadar abu pada penelitian ini berdasarkan ASTM D-3174. Prosedur pengujian kadar abu dengan mengambil sampel arang aktif seberat 2 gram dan dimasukkan kedalam porselen lalu dilakukan pemanasan pada *furnace* dengan suhu 750 °C selama 6 jam. Setelah selesai *furnace* dimatikan lalu tutup *furnace* dibuka selama 1 menit untuk menyempurnakan proses pengabuan kemudian *furnace* ditutup kembali dan didinginkan. Setelah pendinginan sampel dikeluarkan dan dikondisikan kedalam desikator, kemudian sampel ditimbang.

Perhitungan kadar abu dengan rumus:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \%$$

(4.4)

Keterangan:

W1 = Berat contoh uji awal (gram).

W2 = Berat contoh uji setelah pemanasan (gram).

Proses pengujian kadar abu arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 4.9:



Gambar 4.9 Pengujian Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

4.3.4.4 Kadar Karbon Terikat

Perhitungan kadar karbon dilakukan berdasarkan ASTM D-3172. Kadar karbon terikat merupakan fraksi yang tersisa dari pengujian sampel berupa kadar abu, kadar air, dan kadar zat mudah menguap. Arang dengan kualitas tertinggi memiliki nilai karbon terikat yang tinggi. Perhitungan kadar karbon terikat dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar karbon terikat (\%)} = 100 - (\% \text{ abu} + \% \text{ air} + \% \text{ zat mudah menguap})$$

(4.5)

4.3.4.5 Daya Serap Iodium

Perhitungan daya serap iodium dilakukan dengan standar SNI. 06-3730-1995. Perhitungan pengurangan kepekatan larutan iodium 0,1 N menunjukkan daya serap pori-pori arang aktif. Arang aktif lolos ayakan 325 *mesh* dipanaskan dalam oven dengan suhu 103 ± 2 °C selama 1 jam. Setelah itu arang aktif dikondisikan dalam desikator. Arang aktif ditimbang seberat 0,5 gram dan dipindahkan dalam botol gelap dan tertutup rapat lalu ditambahkan 50 ml larutan iodium 0,1 N. Kemudian botol dikocok selama 15 menit pada temperatur ruangan. Larutan dalam botol disaring menggunakan kertas saring dan diendapkan selama 24 jam. Setelah 24 jam larutan diambil sebanyak 10 ml dengan pipet kemudian dititrasi dengan larutan natrium thiosulfat 0,1 N hingga samar dan ditambahkan indikator kanji 1 % hingga berwarna kebiruan, lalu dititrasi kembali dengan larutan natrium thiosulfate 0,1 N hingga bening.

Rumus perhitungan daya serap iodium:

$$\text{Daya serap Iodium (\%)} = \frac{\left(10 - V \times \frac{N}{0,1}\right) \times 12,69 \times 5}{W}$$

(4.6)

Keterangan:

V = Larutan Natrium Thiosulfat

N = Normalitas larutan Natrium thiosulfat.

W = Berat contoh uji.

12,96 = Jumlah I₂ sesuai dengan 1 ml larutan Natrium Thiosulfat 0,1 N.

Proses pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium disajikan pada Gambar 4.10:



Gambar 4.10 Pengujian Daya Serap Iodium Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

4.3.4.6 Daya Serap Benzena

Pengujian daya serap arang aktif terhadap uap benzena menggunakan standar ASTM tahun 1979. Perhitungan kemampuan arang aktif dalam menyerap uap benzena dihitung dari penambahan berat arang aktif yang telah didiamkan dalam ruang padat uap benzena. Untuk pengujiannya digunakan arang aktif seberat 1 gram lalu diletakan didalam *petri dish*, kemudian arang aktif dimasukan kedalam desikator yang jenuh uap benzena selama 48 jam. Setelah selesai, penambahan berat arang aktif dihitung.

Perhitungan daya serap benzena dengan rumus:

$$\text{Daya serap benzena (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$

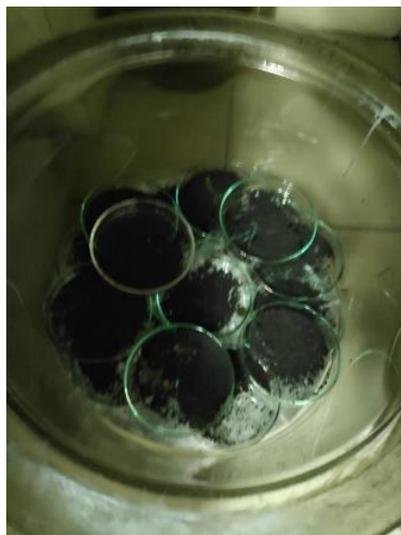
(4.7)

Keterangan:

W1 = Berat arang aktif sebelum mengadsorpsi uap benzena (gram).

W2 = Berat arang aktif setelah mengadsorpsi uap benzena (gram).

Proses pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzene disajikan pada gambar 4.11:



Gambar 4.11 Pengujian Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena

4.3.4.7 Daya Serap Biru Metilen

Pengujian kemampuan arang aktif dalam menyerap biru metilen menggunakan standar SNI 06-3730-1995. Perhitungan pengujian daya serap arang aktif ini dilakukan dengan melihat penurunan kepekatan warna pada larutan biru metilen. Nilai yang didapat mengindikasikan kapasitas arang aktif dalam menyerap molukel dengan dimensi yang sama dengan biru metilen. Prosedur pengujian arang aktif dilakukan dengan pembuatan larutan biru metilen 1200 ppm dilanjutkan dengan pembuatan deret standar konsentrasi biru metilen dari konsentrasi 0, 1, 3, 5, 7, 10 ppm. Kemudian dimasukkan 0,2 gram arang aktif lolos 325 *mesh* dan ditambahkan 25 ml larutan biru metilen 1200 ppm dan dikocok selama 30 menit. Selanjutnya filtrat disimpan selama 24 jam pada kondisi tertutup. Sebanyak 1 ml filtrate diencerkan dengan 175 ml aquades dan dilakukan pengukuran adsorbansi filtrat dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 660 nm.

Daya serap arang aktif terhadap biru metilen dapat dihitung dengan rumus:

$$DSBM \text{ (mg/g)} = \frac{(1200 \times 0,025) - (C \times 0,025) \times Fp}{B}$$

$$C = \frac{\text{Absorbansi terhadap contoh}}{\text{Slope}}$$

(4.8)

Keterangan:

C = Konsentrasi biru metilen. B = Berat contoh (gram)
Fp = Faktor pengenceran.

Proses pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen disajikan pada gambar



Gambar 4.12 Proses Pengujian Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen

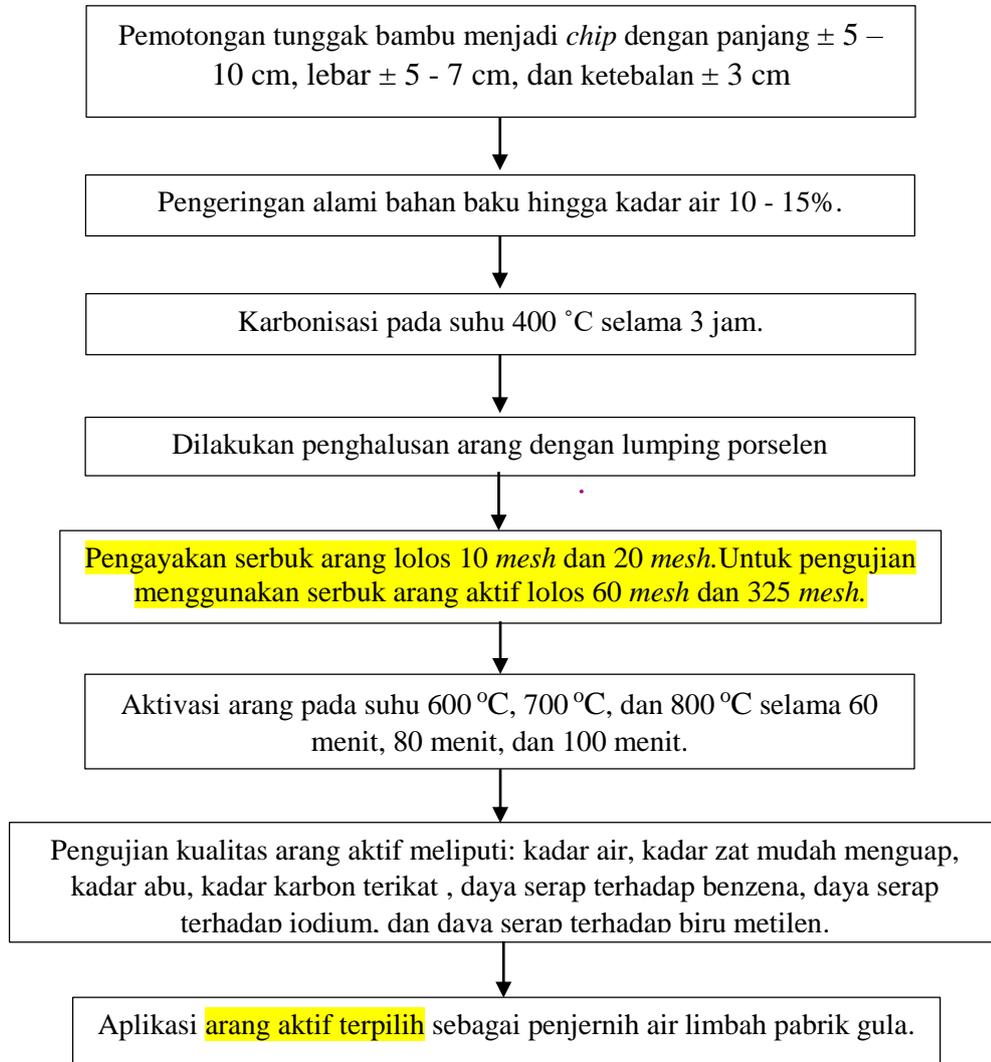
4.4 Aplikasi Arang Aktif untuk Penjernih Air Limbah Pabrik Gula

Contoh uji air yang tercemar limbah Pabrik Gula Madukismo, Bantul diambil sebanyak 500 ml lalu dimasukkan kedalam gelas baker 1000 ml. Selanjutnya ditambahkan arang aktif terpilih sebagai adsorban sebanyak 1 gram (lolos 325 *mesh*). Kemudian diaduk selama 15 menit sampai merata lalu didiamkan selama 24 jam dalam kondisi tertutup rapat. Setelah selesai dilakukan penyaringan dengan kertas saring lalu hasil filtrate diambil dan diuji kualitasnya meliputi: warna, pH, kekeruhan, kesadahan (CaCO_3), Besi (Fe), dan Mangan (Mn). Hasil ini kemudian dibandingkan dengan variable control yang berupa air tercemar tanpa perlakuan. Pengujian penjernihan dilakukan sebanyak tiga kali dan proses penjernihan disajikan pada Gambar 4.13:



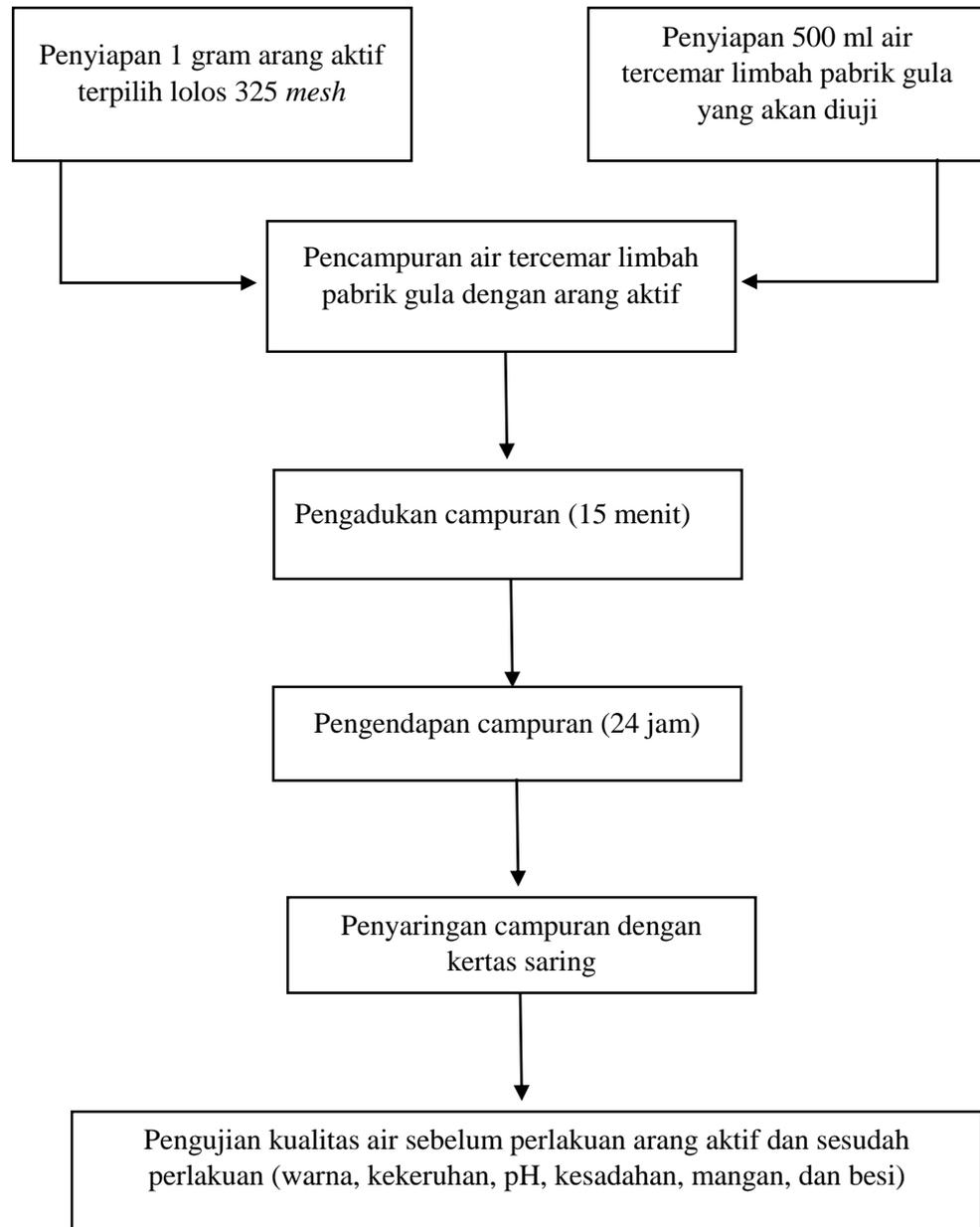
Gambar 4.13 Proses Penjernihan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula Sebelum (kiri) dan Sesudah Aplikasi Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (kanan)

Proses penelitian arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada gambar 4.14 berikut :



Gambar 4.14 Diagram Alir Proses Pembuatan Arang Aktif

Proses aplikasi arang aktif tunggak bambu petung sebagai media penjernih air disajikan pada gambar 4.15 berikut :



Gambar 4.15 Diagram Alir Proses Penjernihan Air dengan Arang Aktif

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

Hasil penelitian arang aktif tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) dengan perlakuan suhu aktivasi secara berturut-turut sebesar 600 °C; 700 °C; dan 800 °C; dan waktu aktivasi berturut-turut selama 60 menit; 80 menit; dan 100 menit; dengan parameter pengujian kualitas arang aktif meliputi: rendemen arang aktif, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, daya serap terhadap uap benzena, daya serap terhadap iodium dan daya serap terhadap biru metilen. Hasil penelitian yang didapat berupa data nilai rata-rata, hasil analisis keragaman dan hasil uji lanjut HSD. Arang aktif tunggak bambu petung yang digunakan untuk aplikasi penjernihan air tercemar limbah pabrik gula didapat dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 80 menit. Parameter yang diamati dalam peningkatan kualitas air tercemar limbah pabrik gula meliputi: warna, pH, kekeruhan, kesadahan, Fe, dan Mn.

5.1 Rendemen Arang Tunggak Bambu Petung

Hasil pengujian rendemen arang tunggak bambu petung menunjukkan nilai rata-rata rendemen arang berkisar antara 28,39 % sampai 34,7 %. Proses karbonisasi arang dilakukan dengan suhu 400 °C selama 3 jam. Nilai rata-rata rendemen arang dari tunggak bambu petung disajikan pada Tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Rendemen Arang Tunggak Bambu Petung

Berat Awal (g)	Berat Arang (g)	Rendemen (%)
1001	313	31,27
1004	285	28,39
1006	328	32,60
1003	323	32,20
1003	348	34,70
1005	320	31,83
Rata-Rata (%)		31,83

5.2 Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Hasil pengujian rendemen arang aktif dari tunggak bambu menunjukkan nilai rata-rata rendemen arang aktif berkisar antara 80,12 % sampai 85,30 %. Rendemen merupakan persentase perbandingan antara *output* dan *input*. Nilai rata-rata rendemen arang aktif dari tunggak bambu disajikan pada Tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Nilai Rata-Rata Rendemen (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-Rata Rendemen (%)
	60	80	100	
600	85,30	85,13	84,34	84,93
700	83,35	85,24	82,48	83,69
800	82,87	80,53	80,11	81,17
Rata-Rata Rendemen (%)	83,84	83,63	82,31	83,26

Hasil nilai rata-rata pengujian rendemen arang aktif tunggak bambu petung tersebut kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap rendemen arang aktif tunggak bambu petung. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.3 berikut:

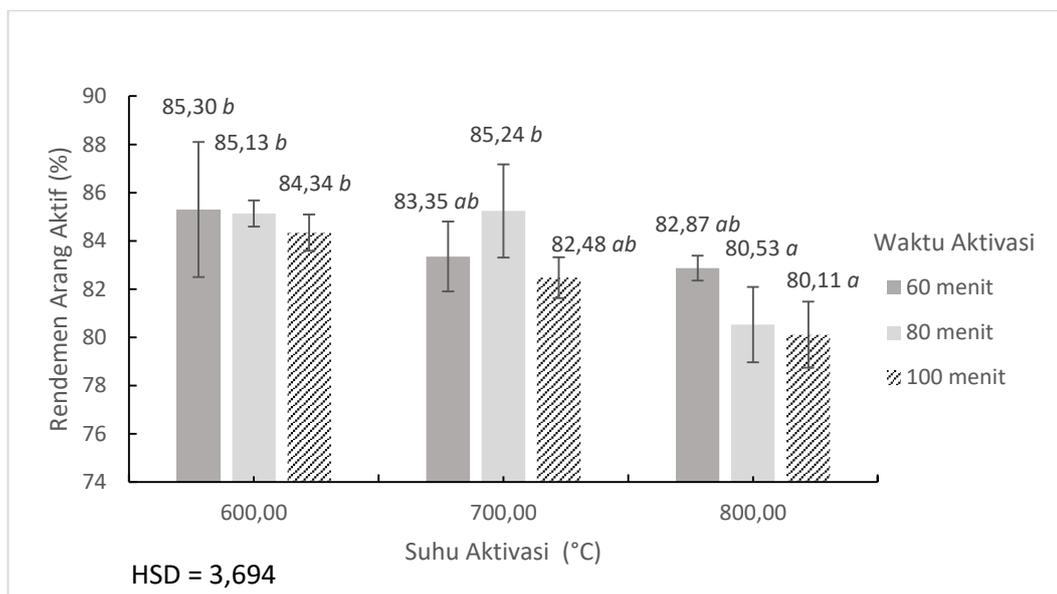
Tabel 5.3 Analisis Keragaman Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	109,97	2	54,99	24,92	0,00 **
Waktu Aktivasi (B)	20,74	2	10,37	4,70	0,02 *
A*B	23,99	4	5,99	2,72	0,05 *
Eror	79,44	36	2,21		
Total	234,14	44			

*: signifikan pada taraf uji 5 %.

** : signifikan pada taraf uji 1 %.

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5.3 menunjukkan bahwa faktor suhu aktivasi berpengaruh signifikan pada taraf uji 1 %. Faktor waktu aktivasi dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi berpengaruh signifikan pada rendemen arang aktif tunggal bambu petung pada taraf uji 5%. Setelah itu dilakukan uji HSD untuk mengetahui sumber keragaman pada interaksi suhu dan lama waktu aktivasi. Pengaruh interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap rendemen arang aktif tunggal bambu petung disajikan pada Gambar 5.1 berikut:



Gambar 5.1 Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Rendemen Arang Aktif Tunggal Bambu Petung

5.3 Kadar Air Arang Aktif Tunggal Bambu Petung

Hasil pengujian kadar air arang aktif tunggal bambu petung menunjukkan nilai rata-rata kadar air arang aktif berkisar antar 5,20 % hingga 11,01 %. Nilai rata-rata kadar air arang aktif dari tunggal bambu petung disajikan pada Tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4 Nilai Rata-Rata Kadar Air (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-Rata
	60	80	100	
600	5,20	7,53	8,02	6,92
700	6,37	8,41	9,71	7,94
800	8,10	9,03	11,01	9,60
Rata-Rata (%)	6,56	8,55	9,58	8,15

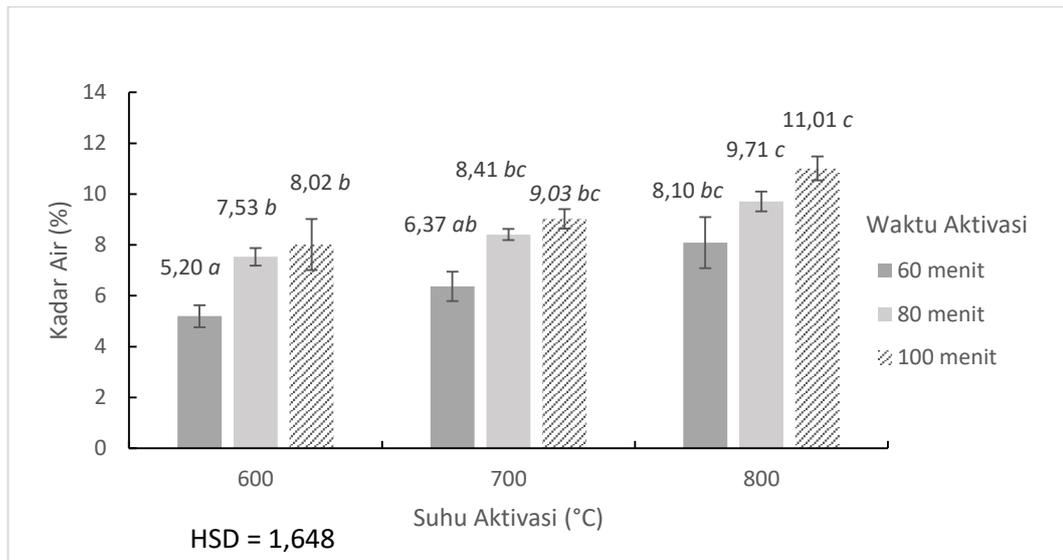
Hasil rata-rata pengujian kadar air arang aktif tunggak bambu petung tersebut kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap kadar air arang aktif tunggak bambu petung. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5 Analisis Keragaman Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	54,24	2	27,12	61,70	0,00 **
Waktu Aktivasi (B)	70,89	2	35,44	80,64	0,00 **
A*B	1,43	4	0,36	0,81	0,00 **
Eror	15,82	36	0,44		
Total	142,37	44			

** : signifikan pada taraf uji 1 %

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5.5 menunjukkan bahwa faktor suhu aktivasi, waktu aktivasi, dan interaksi dari kedua faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap kadar air arang aktif tunggak bambu petung pada taraf uji 1 %. Setelah itu dilakukan uji HSD untuk mengetahui sumber keragaman pada interaksi suhu dan lama waktu aktivasi. Pengaruh interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap rata-rata kadar air arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 5.2 berikut:



Gambar 5.2 Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi Terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

5.4 Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Hasil pengujian kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung menunjukkan nilai rata-rata kadar zat mudah menguap arang aktif berkisar 16,359 % hingga 30,150 %. Nilai rata-rata kadar air zat mudah menguap arang aktif dari tunggak bambu petung disajikan pada Tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6 Nilai Rata-Rata Kadar Zat Mudah Menguap (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-Rata (%)
	60	80	100	
600	21,92	18,57	21,49	20,66
700	17,87	17,94	18,98	18,26
800	16,36	20,17	18,97	18,50
Rata-Rata (%)	18,72	18,90	19,81	19,14

Hasil nilai rata-rata pengujian kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.7:

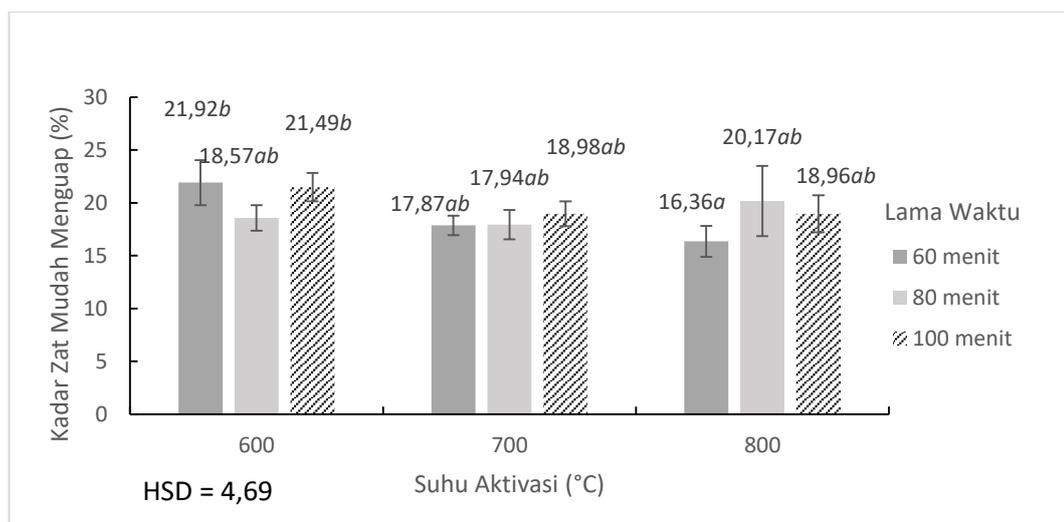
Tabel 5.7 Analisis Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	52,31	2	26,15	7,34	0,01 **
Waktu Aktivasi (B)	10,37	2	5,18	1,46	0,25 ts
A*B	64,72	4	16,18	4,54	0,00 **
Eror	128,25	36	3,56		
Total	255,65	44			

ts : tidak signifikan pada taraf uji 5 %.

** : signifikan pada taraf uji 1 %.

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5.7 menunjukkan bahwa faktor suhu aktivasi dan interaksi dari kedua faktor tersebut menghasilkan perbedaan signifikan terhadap kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung pada taraf uji 1 %. Pada faktor waktu aktivasi tidak berpengaruh signifikan pada nilai kadar zat mudah menguap. Setelah itu dilakukan uji HSD untuk mengetahui sumber keragaman pada interaksi suhu dan lama waktu aktivasi. Interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 5.3 berikut:



Gambar 5.3 Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

5.5 Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Hasil pengujian kadar abu arang aktif tunggak bambu petung menunjukkan nilai kadar abu arang aktif berkisar antara 11,83 % hingga 14,45 %. Nilai rata-rata kadar abu tunggak bambu petung disajikan pada Tabel 5.8:

Tabel 5.8 Nilai Rata-Rata Kadar Abu (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-Rata Rendemen (%)
	60	80	100	
600	11,83	12,27	14,45	12,85
700	12,69	12,93	12,48	12,70
800	13,27	13,73	12,80	13,27
Rata-Rata (%)	12,60	12,98	13,25	12,94

Hasil rata-rata pengujian kadar abu arang aktif batang jagung tersebut kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap kadar abu arang aktif tunggak bambu petung. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.9 berikut:

Tabel 5.9 Analisis Keragaman Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	2,61	2	1,31	2,81	0,07 ts
Waktu Aktivasi (B)	3,17	2	1,59	3,41	0,04 *
A*B	19,20	4	4,80	10,33	0,00 **
Eror	16,73	36	0,47		
Total	41,72	44			

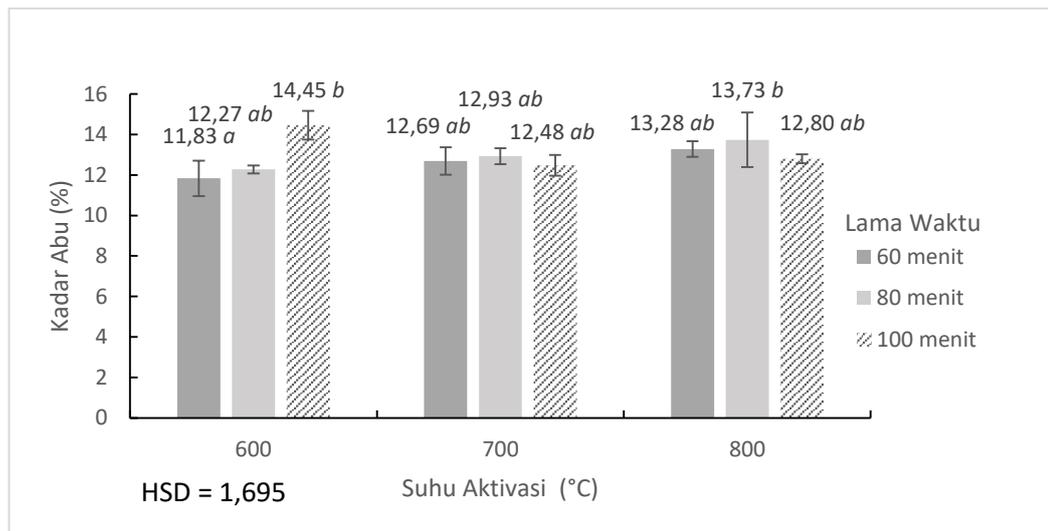
ts : tidak signifikan pada taraf uji 5 %.

*: signifikan pada taraf uji 5 %.

** : signifikan pada taraf uji 1 %.

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5.9 menunjukkan bahwa faktor suhu aktivasi tidak berpengaruh signifikan. Faktor waktu aktivasi berpengaruh signifikan terhadap kadar abu arang aktif tunggak bambu petung pada taraf uji 5 %. Interaksi antara suhu dan lama waktu aktivasi memberikan pengaruh secara signifikan pada

taraf uji 1 %. Setelah itu dilakukan uji HSD untuk mengetahui sumber keragaman pada interaksi suhu dan lama waktu aktivasi. Pengaruh interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap rata-rata kadar abu arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 5.4:



Gambar 5.4 Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

5.6 Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Hasil pengujian kadar karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung menunjukkan nilai rata-rata karbon berikisar antara 69,45 % hingga 74,99 %. Nilai rata-rata kadar karbon terikat arang aktif dari tunggak bambu petung disajikan pada Tabel 5.10 berikut:

Tabel 5.10 Nilai Rata-Rata Kadar Karbon Terikat (%) Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-Rata (%)
	60	80	100	
600	66,25	69,16	64,06	66,49
700	69,45	69,13	68,54	69,04
800	70,36	66,09	68,24	68,21
Rata-Rata (%)	68,69	68,13	66,95	67,92

Hasil nilai rata-rata pengujian kadar karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung tersebut kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.11 berikut:

Tabel 5.11 Analisis Keragaman Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

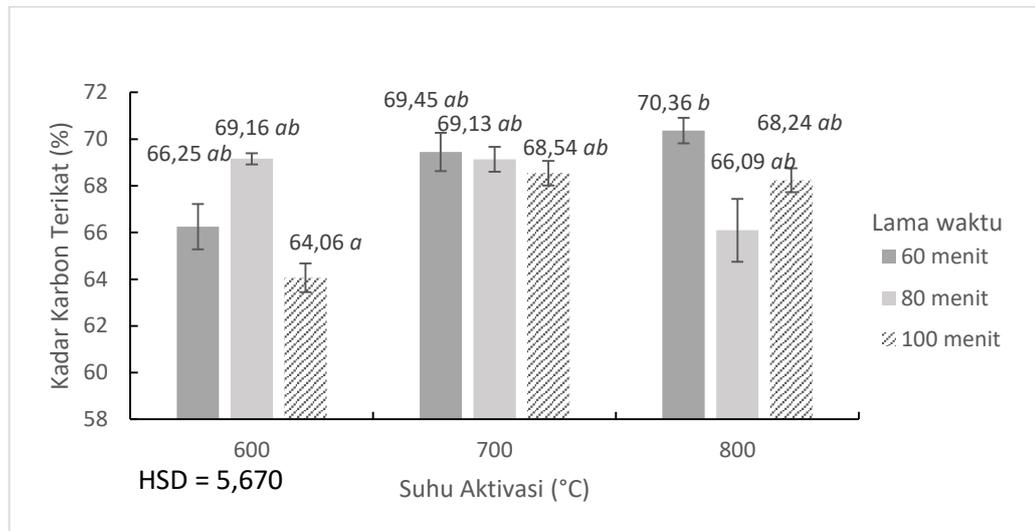
Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	50,89	2	25,44	4,89	0,01 *
Waktu Aktivasi (B)	23,75	2	11,87	2,29	0,12 ts
A*B	89,41	4	22,35	4,30	0,00 **
Eror	187,21	36	5,20		
Total	351,25	44			

ts : tidak signifikan pada taraf uji 5 %.

*: signifikan pada taraf uji 5 %.

** : signifikan pada taraf uji 1 %.

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5.11 menunjukkan bahwa faktor suhu aktivasi berpengaruh signifikan pada taraf 5 %. Faktor waktu aktivasi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kadar karbon terikat arang aktif. Interaksi dari kedua faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap kadar karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung pada taraf uji 1 %. Setelah itu dilakukan uji HSD untuk mengetahui sumber keragaman pada interaksi suhu dan lama waktu aktivasi. Pengaruh interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap rata-rata kadar karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 5.5 berikut:



Gambar 5.5 Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

5.7 Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena

Hasil pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzena menunjukkan nilai rata-rata daya serap terhadap benzena arang aktif tunggak bambu petung berkisar antara 4,55 % hingga 8,35 %. Nilai rata-rata daya serap arang aktif tunggak bambu petung disajikan pada Tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.12 Nilai Rata-Rata Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-Rata (%)
	60	80	100	
600	5,65	4,55	6,71	5,64
700	5,37	5,15	6,12	5,55
800	8,35	8,16	7,57	8,03
Rata-Rata (%)	6,46	5,95	6,80	6,40

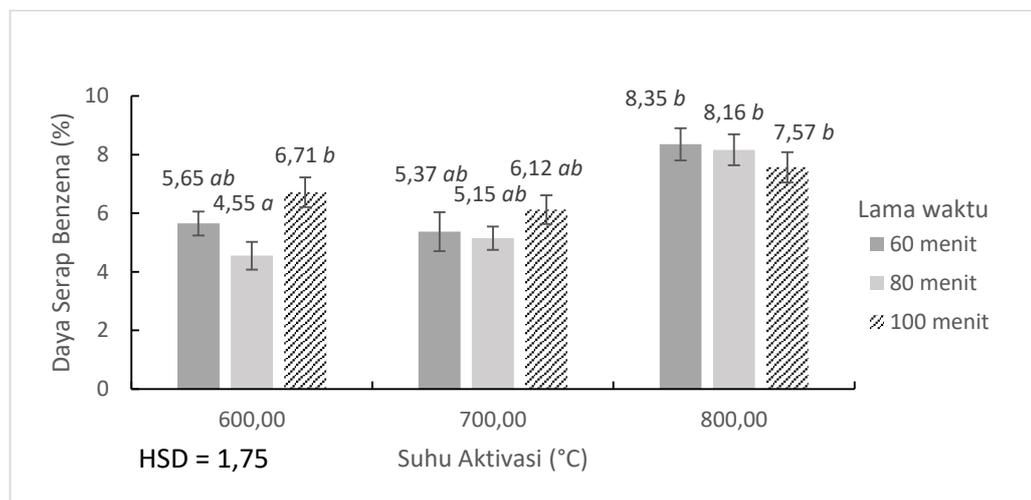
Hasil nilai rata-rata pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzena tersebut kemudian dilakukan analisis keragaman. Tujuan dari analisis ini untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzena. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.13 berikut:

Tabel 5.13 Analisis Keragaman Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung Terhadap Benzena

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	50,12	2	25,06	50,58	0,00 **
Waktu Aktivasi (B)	4,78	2	2,39	4,83	0,00 **
A*B	12,48	4	3,12	6,3	0,00 **
Eror	17,84	36	0,50		
Total	85,22	44			

** : signifikan pada taraf uji 1 %.

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5.13 menunjukkan bahwa faktor suhu aktivasi, faktor waktu aktivasi, dan interaksi dari kedua faktor tersebut menghasilkan perbedaan signifikan terhadap daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzena pada taraf uji 1 %. Setelah itu dilakukan uji HSD untuk mengetahui sumber keragaman pada interaksi suhu dan lama waktu aktivasi. Pengaruh interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi pada daya serap arang aktif terhadap benzena tunggak bambu petung disajikan pada Gambar 5.6 berikut:



Gambar 5.6 Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dengan Waktu Aktivasi terhadap Nilai Rata-Rata Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena

5.8 Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen

Hasil pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen menunjukkan nilai rata-rata daya serap terhadap biru metilen arang aktif tunggak bambu petung berkisar antara 116,01 mg/g hingga 125,34 mg/g. Nilai rata-rata daya serap terhadap biru metilen arang aktif dari tunggak bambu petung disajikan pada Tabel 5.14 berikut:

Tabel 5.14 Nilai Rata-Rata Daya Serap terhadap Biru Metilen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-Rata (mg/g)
	60	80	100	
600	118,78	117,73	117,30	117,94
700	120,27	117,12	116,01	117,80
800	120,13	120,51	125,34	121,99
Rata-Rata (mg/g)	119,73	118,45	119,55	119,24

Hasil nilai rata-rata pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen tersebut kemudian dilakukan analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.15 berikut:

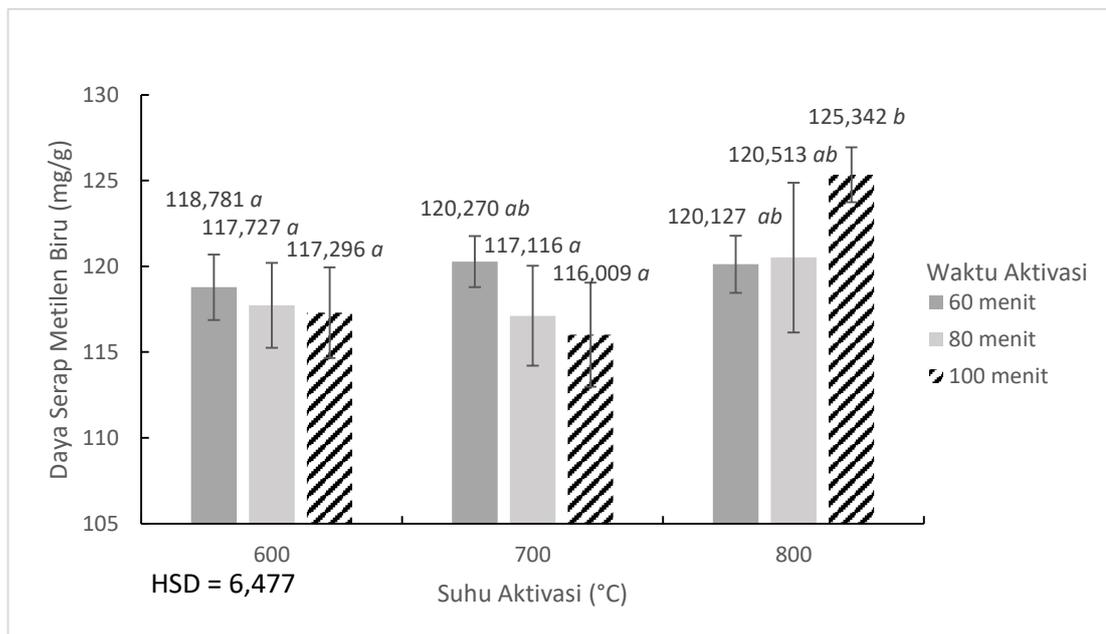
Tabel 5.15 Analisis Keragaman Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	159,60	2	79,80	11,76	0,00 **
Waktu Aktivasi (B)	8,65	2	4,33	0,64	0,53 ts
A*B	127,19	4	31,80	4,69	0,00 **
Eror	244,30	36	6,79		
Total	539,74	44			

ts: tidak signifikan pada taraf uji 5 %.

** : signifikan pada taraf uji 1 %.

Hasil analisis keragaman pada Tabel 5.15 menunjukkan bahwa faktor waktu aktivasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan, sedangkan faktor suhu aktivasi dan interaksi antara suhu dengan waktu aktivasi berpengaruh secara signifikan pada taraf uji 1 %. Setelah itu dilakukan uji HSD untuk mengetahui sumber keragaman pada interaksi suhu dan lama waktu aktivasi. Pengaruh interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi pada daya serap arang aktif tunggal bambu petung terhadap biru metilen disajikan pada Gambar 5.7:



Gambar 5.7 Pengaruh Interaksi Suhu Aktivasi dan Lama Waktu Aktivasi terhadap Rata-Rata Nilai Daya Serap Biru Metilen Arang Aktif Tunggal Bambu Petung

5.9 Daya Serap Arang Aktif Tunggal Bambu Petung terhadap Iodium

Hasil pengujian daya serap arang aktif tunggal bambu petung terhadap iodium menunjukkan nilai rata-rata daya serap berkisar 571,79 mg/g hingga 636,27 mg/g. Nilai rata-rata daya serap arang aktif tunggal bambu petung terhadap iodium disajikan pada Tabel 5.16 berikut:

Tabel 5.16 Nilai Rata-Rata Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium

Suhu Aktivasi (°C)	Waktu Aktivasi (menit)			Rata-rata (mg/g)
	60	80	100	
600	606,68	602,66	595,22	601,52
700	636,27	571,79	609,18	605,75
800	615,36	632,01	601,81	616,39
Rata-Rata (mg/g)	619,44	602,16	602,07	607,89

Hasil nilai rata-rata pengujian daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium tersebut kemudian dilakukan analisis keragaman. Tujuan analisis ini untuk mengetahui pengaruh dan interaksi antara suhu aktivasi dan waktu aktivasi terhadap daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium. Hasil analisis keragaman tersebut disajikan dalam Tabel 5.17 berikut:

Tabel 5.17 Analisis Keragaman Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	Sig
Suhu (A)	1761,99	2	880,99	0,54	0,59 ts
Waktu (B)	3000,71	2	1500,35	0,92	0,41 ts
A*B	10108,93	4	2527,23	1,55	0,21 ts
Error	58811,03	36	1633,64		
Total	73682,66	44			

ts: tidak signifikan pada taraf uji 5 %.

Berdasarkan hasil analisis, diketahui faktor dan interaksi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap daya serap iodium.

5.10 Perbandingan Kualitas Arang Aktif Tunggak Bambu Petung dengan Standar National Indonesia (SNI 06-3730-1995)

Kualitas arang aktif tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) hasil dari penelitian ini lalu dibandingkan dengan standar kualitas arang aktif SNI 06-3730-1995. Hasil perbandingan kualitas arang aktif dengan standar SNI ini disajikan pada Tabel 5.18 berikut:

Tabel 5.18 Perbandingan Kualitas Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) dengan SNI 06-3730-1995

Perlakuan	Rendemen (%)	Kadar Air (%)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Daya Serap Benzena (%)	Daya Serap Biru metilen (mg/g)	Daya Serap Iodium (mg/g)
SNI	-	≤15	≤25	≤10	≥65	≥25	≥120	≥750
A1B1	83,30	5,20	21,92	11,83	66,25	5,65	118,78	606,68
A1B2	85,13	7,53	18,57	12,27	69,16	4,55	117,73	602,66
A1B3	84,34	8,02	21,49	14,45	64,06	6,71	117,30	595,22
A2B1	83,35	6,37	17,87	12,69	69,45	5,37	120,27	636,27
A2B2	85,24	8,41	17,94	12,93	69,13	5,15	117,12	571,79
A2B3	82,48	9,71	18,98	12,48	68,54	6,12	116,01	609,18
A3B1	82,87	8,10	16,36	13,28	70,36	8,35	120,13	615,36
A3B2	80,53	9,03	20,18	13,73	66,09	8,16	120,52	632,02
A3B3	80,11	11,01	18,96	12,80	68,24	7,57	125,34	601,81

Keterangan:

- A1 : Suhu aktivasi 600 °C.
A2 : Suhu aktivasi 700 °C.
A3 : Suhu aktivasi 800 °C.
B1 : Waktu aktivasi 60 menit.
B2 : Waktu aktivasi 80 menit.
B3 : Waktu aktivasi 100 menit.
 : Nilai yang memenuhi standar SNI.
Cetak Tebal : Nilai terbaik.

5.11 Aplikasi Arang Aktif Tunggak Bambu Petung untuk Peningkatan Kualitas Air Tercemar Limbah Pabrik Gula

Arang aktif yang digunakan untuk peningkatan kualitas air tercemar limbah pabrik gula adalah aktif yang diperoleh dari perlakuan suhu 800 °C dengan lama aktivasi 80 menit (A3B2) dengan nilai daya serap terhadap iodium sebesar 632,01 mg/g, daya serap biru metilen sebesar 120,51 mg/g, dan daya serap terhadap benzena sebesar 8,163 %. Air tercemar limbah pabrik gula yang dijernihkan diambil dari sumur milik warga setempat dengan jarak terdekat dengan pabrik gula di Rogocolo RT 10, Tirtonimolo, Kasihan, Bantul. Analisis yang dilakukan meliputi pH, warna, kekeruhan, kesadahan, besi (Fe), dan mangan (Mn). Analisis dilakukan terhadap air tercemar limbah pabrik gula sebelum dan sesudah perlakuan dengan ulangan sebanyak tiga kali. Perbandingan kualitas air tercemar limbah pabrik gula sebelum dan sesudah perlakuan ditunjukkan ada Tabel 5.19 berikut:

Tabel 5.19 Rekapitulasi Data Hasil Uji Penjernihan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula dengan Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Parameter	Satuan	Standar *	Sebelum Perlakuan	Hasil Uji Setelah Perlakuan			Rata-rata	Penurunan (%)
				1	2	3		
pH	-	6,5-8,5	7,1	8,70	8,70	8,70	8,70	(-) 22,54
Warna	Pt-Co	≤15	15	2,50	2,50	4,10	3,03	79,80
Kekeruhan	NTU	≤5	12,45	5,78	6,02	6,26	6,02	51,65
Kesadahan	mg/l CaCO ₃	≤500	223,66	193,84	178,93	186,38	186,38	16,67
Besi	mg/l	≤0,3	0,80	0,05	0,05	0,05	0,05	99,38
Mangan	mg/l	≤0,4	0,25	0,12	0,1	0,1	0,1	60

*Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Rendemen Arang Tunggak Bambu Petung

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rendemen arang tunggak bambu petung yang dihasilkan dari suhu 400 °C selama 3 jam sebesar 28,39 % sampai 34,7 % dengan nilai rata-rata rendemen sebesar 31,83. Nilai rata-rata rendemen dari penelitian kali ini lebih tinggi dari hasil penelitian Manurung dkk (2019) mengenai arang bambu apus (*Gigantochloa apus*) pada suhu optimum 600 °C selama 1 jam senilai 20,46 %. Hasil penelitian ini juga tidak berbeda jauh dari hasil penelitian Salim dkk. (2019) dengan nilai rendemen arang bambu petung sebesar 31,95 % dan jika dibandingkan dengan arang bambu ater dengan rendemen 29,14 %, hasil penelitian ini lebih besar. Perbedaan nilai rendemen ini disebabkan akibat berat jenis bambu petung senilai 0,83 lebih tinggi dari berat jenis bambu ater senilai 0,62. Menurut Komaryati dkk. (2001), bahan dengan berat jenis lebih tinggi lebih padat sehingga lebih tahan terdegradasi oleh panas sehingga rendemen arang lebih tinggi.

6.2 Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Hasil penelitian menunjukkan nilai rendemen arang aktif tunggak bambu petung sebesar 80,11 % - 85,3 %, dengan nilai rata-rata rendemen arang aktif sebesar 83,26 %. Berdasarkan hasil analisis keragaman yang disajikan pada Tabel 5.3 diketahui bahwa interaksi suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi memberikan pengaruh signifikan terhadap rendemen arang aktif tunggak bambu petung pada taraf uji 5 %. Hasil tersebut didukung uji lanjut HSD yang disajikan pada Gambar 5.1 yang menunjukkan perbedaan nyata pada nilai rendemen arang aktif tunggak bambu petung. Kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit dengan nilai 85,24 % berbeda nyata dengan nilai rendemen arang aktif dari interaksi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu 100 menit dengan nilai 80,11 %. Nilai rendemen arang aktif tunggak bambu petung pada kombinasi suhu aktivasi 600 °C tidak berbeda nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, 100 menit dengan nilai secara urut 85,3 %, 85,13 %, dan 84,34 %. Pada kombinasi suhu aktivasi 700 °C tidak memiliki perbedaan nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit,

dan 100 menit dengan nilai 83,35 %, 85,24 %, dan 82,48 %. Hal serupa juga terjadi pada nilai rendemen arang aktif tunggak bambu petung pada kombinasi suhu 800 °C. Pada kombinasi suhu aktivasi 800 °C tidak terdapat perbedaan yang nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai rendemen 82,87 %, 80,53 %, dan 80,11 %. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penurunan nilai rata-rata rendemen seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi. Penurunan nilai rendemen ini diakibatkan adanya percepatan laju reaksi seiring dengan bertambahnya suhu aktivasi, semakin tinggi suhu aktivasi maka semakin cepat laju reaksinya (Padil dkk., 2010).

Nilai rendemen arang aktif tunggak bambu petung sebesar 80,11 % - 85,3 %, dengan rendemen terbaik sebesar 85,3 % (82,381 % - 87,226 %) didapat dari kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit. Penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih besar dari pada hasil penelitian Rijali (2015) mengenai arang aktif bambu petung dengan rendemen tertinggi sebesar 31,16 % yang dihasilkan pada suhu aktivasi 900 °C selama 20 menit, nilai rendemen penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Hendra (2004) mengenai arang aktif tempurung kelapa sawit suhu aktivasi 750 °C dengan konsentrasi H₃PO₄ 10 % yang menghasilkan nilai 86,7 %.

6.3 Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kadar air arang aktif tunggak bambu sebesar 5,2 % - 11,01 %, dengan nilai kadar air rata-rata 8,15 %. Berdasarkan hasil analisis keragaman yang disajikan pada Tabel 5.5 menunjukkan interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kadar air arang aktif tunggak bambu petung pada taraf uji 1 %. Hasil tersebut didukung dengan data uji lanjut HSD yang disajikan pada Gambar 5.2. Nilai kadar air dari kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit dengan nilai 5,2 % berbeda nyata dengan nilai kadar air dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan waktu aktivasi 100 menit dengan nilai 11,01 %. Kombinasi suhu aktivasi 600 °C dengan lama waktu aktivasi 60 menit senilai 5,2 % berbeda nyata terhadap lama waktu aktivasi 80 menit dan 100 menit dengan nilai kadar air 7,53 % dan 8,020 %. Berdasarkan hasil kombinasi suhu aktivasi 700 °C pada lama

waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit diketahui bahwa tidak terjadi perbedaan yang nyata dengan nilai 6,37 %, 8,41 %, dan 9,03 %. Pada kombinasi suhu aktivasi 800 °C, tidak terjadi perbedaan nilai kadar air yang nyata diseluruh lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai 8,1 %, 9,71 %, dan 11,01 %. Nilai kadar air pada penelitian ini cenderung mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi. Pada umumnya semakin tinggi suhu dan lama waktu aktivasi maka semakin rendah suhu nilai kadar air. Terjadinya peningkatan kadar air ini diduga karena meningkatnya luas permukaan arang aktif yang menyebabkan semakin banyaknya pori-pori yang terbuka sehingga adanya kemungkinan zat-zat disekitar seperti air terserap oleh arang aktif (Jamilatun dan Setyawan, 2014). Akibat dari peningkatan luas permukaan arang aktif, kemungkinan terjadinya penyerapan uap air dari udara sekitar pada proses pendinginan semakin besar (Hendra, 2004). Hal ini juga terjadi pada penelitian milik Iddrus dkk. (2013) mengenai arang aktif dari tempurung kelapa yang mengalami peningkatan nilai kadar air dari 3,4 % - 7,3 % seiring peningkatan suhu dari 600 °C – 1000 °C.

Nilai kadar air arang aktif tunggak bambu petung yang didapat sebesar 5,2 % - 11,01 % dengan nilai kadar air terbaik dihasilkan dari kombinasi suhu 600 °C dengan lama waktu aktivasi 60 menit sebesar 5,2 % (4,50 % - 5,64 %). Arang dengan kadar air terbaik pada penelitian ini memiliki nilai kadar air lebih tinggi dari penelitian Sumanatrakul dkk. (2015) mengenai arang aktif bambu petung aktivasi kimia dan gelombang mikro dengan nilai kadar air terbaik sebesar 1,9 % dihasilkan pada waktu radiasi selama 20 menit. Nilai kadar air penelitian ini lebih tinggi dari hasil penelitian Rijali (2015) mengenai arang aktif bambu petung dengan aktivasi 600 °C pada waktu aktivasi 60 menit dengan nilai kadar air 3,8 %. Nilai kadar air yang didapat telah memenuhi standard SNI 06-3730-95 dengan nilai kadar air maksimal sebesar 15 %.

6.4 Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui nilai kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung sebesar 16,35 % - 21,92 %, dengan nilai rata-rata 19,14%. Hasil penelitian menunjukkan interaksi suhu aktivasi dan waktu aktivasi kadar memberikan pengaruh signifikan pada taraf uji 1 % terhadap kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung yang disajikan pada Tabel 5.7. Berdasarkan hasil uji lanjut HSD yang disajikan pada Gambar 5.3, diketahui nilai kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung pada kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit senilai 16,36 % berbeda nyata dengan nilai kadar zat mudah menguap pada kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit senilai 21,92 %. Pada kombinasi suhu 600 °C tidak terjadi perbedaan yang nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai 21,92 %, 18,57 %, dan 21,49 %. Nilai kadar zat mudah menguap pada kombinasi suhu aktivasi 700 °C tidak mengalami perbedaan nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit sebesar 17,87 %, 17,94 %, dan 18,98 %. Nilai kadar zat mudah menguap pada kombinasi suhu 800 °C tidak mengalami perbedaan nyata pada semua lama waktu aktivasi yaitu 60 menit, 80 menit dan 100 menit dengan nilai 16,36 %, 24,72 %, dan 18,96 %. Faktor yang mempengaruhi nilai zat mudah menguap pada arang aktif menurut Polii (2017) adalah adanya senyawa kompleks yang berada dalam arang yang tidak terurai secara sempurna pada aktivasi dengan suhu rendah. Sedangkan pada aktivasi dengan suhu tinggi terjadi peningkatan diameter pori sehingga senyawa kompleks yang menutupi pori hilang. Konsentrasi kadar zat menguap yang ada pada arang aktif menunjukkan masih adanya senyawa yang menutupi pori-pori arang aktif sehingga dapat mempengaruhi daya serapnya (Lempang, 2014).

Nilai kadar zat mudah menguap arang aktif tunggak bambu petung sebesar 16,36 % - 21,98 %, dengan nilai terbaik didapatkan dari interaksi suhu 800 °C dengan lama waktu 60 menit sebesar 16,36 % (14,07 % - 17,9 %). Nilai hasil pengujian kadar zat mudah menguap tunggak bambu petung pada penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan hasil penelitian Sumanatrakul dkk. (2015) mengenai arang aktif dari bambu petung dengan aktivasi kimia dilanjutkan radiasi

gelombang mikro selama 15 menit menghasilkan kadar zat mudah menguap terbaik sebesar 35,2 %, namun hasil penelitian ini tidak lebih baik dibandingkan dari penelitian Surest dkk. (2010) mengenai arang aktif cangkang biji ketapang dengan aktivator HCl selama 22 jam menghasilkan nilai zat mudah menguap sebesar 7,0 %. Berdasarkan SNI 06-3730-95 hasil nilai kadar zat mudah menguap maksimal sebesar 25 %. Hasil penelitian ini menunjukkan seluruh kombinasi telah memenuhi persyaratan kadar zat mudah menguap SNI 06-3730-95.

6.5 Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai kadar abu arang aktif tunggak bambu petung sebesar 11,83 % - 14,45 %, dengan nilai rata-rata 12,94 %. Hasil analisis keragaman menunjukkan interaksi antara faktor suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi memberikan pengaruh yang nyata pada taraf uji 1 % yang disajikan dalam Tabel 5.9. Setelah itu dilakukan uji lanjut HSD untuk mengetahui perbedaan yang lebih lanjut yang disajikan pada Gambar 5.4. Berdasarkan hasil uji lanjut HSD, didapatkan bahwa nilai kadar abu arang aktif tunggak bambu petung pada kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit senilai 11,83 % berbeda nyata dengan hasil kombinasi suhu aktivasi 600 °C dengan lama waktu aktivasi 100 menit senilai 14,45 %. Nilai kadar abu pada kombinasi suhu 700 °C dengan lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit tidak berbeda nyata dengan nilai 12,69 %, 12,93 %, dan 12,48 %. Kadar abu kombinasi suhu aktivasi 800 °C tidak berbeda nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai 13,28 %, 12,73 %, dan 12,80 %. Penelitian ini menunjukkan nilai kadar abu dari tunggak bambu petung cenderung mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi. Keragaman nilai kadar abu arang aktif diduga dipengaruhi adanya reaksi oksidasi selama proses aktivasi sehingga kemungkinan terjadinya abu semakin tinggi (Lempang dkk., 2012).

Nilai kadar abu arang aktif tunggak bambu petung yang didapatkan senilai 11,83 % - 14,45 % dengan nilai terbaik didapatkan dari kombinasi suhu aktivasi 600 °C dengan waktu aktivasi 60 menit dengan nilai 11,83 % (10,68% - 12,57 %). Nilai kadar abu terbaik pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil

penelitian Sumanatrakul dkk. (2015) mengenai arang aktif bambu petung menggunakan aktivator H_3PO_4 dan radiasi gelombang mikro selama 15 menit yang menghasilkan nilai kadar abu sebesar 2,4 %, nilai kadar abu pada penelitian ini juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Surest dkk. (2010) mengenai arang aktif cangkang biji ketapang dengan aktivator $CaCl_2$ selama 20 jam menghasilkan nilai kadar abu terbaik sebesar 3,50 %. Nilai kadar abu arang aktif dari tunggak bambu petung tidak memenuhi standar SNI 06-3730-1995 karena persyaratan nilai kadar abu maksimal sebesar 10 %. Tingginya nilai kadar abu pada penelitian ini dapat disebabkan oleh adanya kandungan mineral yang tidak terdestruksi secara sempurna saat proses pengarangan (Sahara dkk., 2017). Kandungan mineral seperti silika pada bambu yang tidak menguap pada proses pengabuan menyebabkan tingginya kadar abu (Saleh dkk., 2017).

6.6 Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Nilai kadar karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung sebesar 64,06 % - 70,36 %, dengan nilai rata-rata 67,92 % . Berdasarkan hasil uji analisis keragaman diketahui bahwa interaksi suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kadar karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung pada taraf uji 1 % yang disajikan dalam Tabel 5.11. Uji lanjut HSD dilakukan untuk mengetahui perbedaan nyata yang terjadi pada nilai kadar karbon terikat yang disajikan pada Gambar 5.5. Pada penelitian ini didapatkan bahwa nilai kadar karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung pada kombinasi suhu 600 °C dan lama waktu aktivasi 100 menit senilai 64,06 % berbeda nyata dengan nilai kadar karbon terikat arang aktif kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit dengan nilai 70,36 %. Kadar karbon terikat kombinasi suhu 600 °C tidak mengalami perbedaan nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai 66,25 %, 69,16 %, dan 64,06 %. Nilai kadar karbon terikat kombinasi suhu aktivasi 700 °C tidak mengalami perbedaan nyata pada lama aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai 69,45 %, 69,13 %, dan 68,54 %. Nilai karbon terikat pada kombinasi suhu 800 °C tidak terjadi perbedaan yang nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai yang dihasilkan 70,36 %, 66,09 %, dan 68,24 %.

Menurut Pari (1995) dalam Hendra (2006), tinggi rendahnya karbon terikat dipengaruhi oleh kadar abu, kadar zat mudah menguap dan lama waktu reaksi yang menyebabkan zat kimia yang bereaksi semakin banyak sehingga menyebabkan jumlah karbon terikat semakin sedikit.

Nilai karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung sebesar 64,06 % - 70,36 % dengan nilai terbaik didapat dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dengan lama aktivasi 60 menit yang menghasilkan nilai sebesar 70,36 % (68,64 % - 73,26 %). Nilai karbon terikat terbaik dari arang aktif tunggak bambu petung pada penelitian kali ini lebih rendah dari hasil penelitian Manurung dkk. (2019) mengenai arang aktif bambu apus dengan aktivator H₃PO₄ sebesar 83,40 %. Nilai karbon terikat penelitian ini lebih tinggi dari hasil penelitian Sumanatrakul dkk. (2015) mengenai arang aktif bambu petung dengan aktivator H₃PO₄ dan radiasi gelombang mikro selama 15 menit yang menghasilkan nilai karbon terikat sebesar 60,4 %. Nilai karbon terikat arang aktif tunggak bambu petung pada penelitian ini memenuhi kriteria SNI 06-3730-1995 dengan nilai kadar karbon terikat lebih dari 65 %, kecuali nilai karbon terikat dari kombinasi suhu aktivasi 600 °C dengan lama waktu aktivasi 100 menit dengan nilai 64,06 %.

6.7 Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena

Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzena pada penelitian ini sebesar 4,55 % - 6,35 %, dengan nilai rata-rata 6,4 %. Pada penelitian ini, didapatkan hasil analisis keragaman yang menunjukkan interaksi suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi memberikan pengaruh nyata pada daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzena (taraf uji 1 %) yang disajikan dalam Tabel 5.13. Hal ini didukung dengan hasil uji lanjut HSD yang menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang nyata antar kombinasi daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzena. Berdasarkan hasil uji lanjut HSD yang disajikan pada Gambar 5.6, didapatkan bahwa nilai daya serap arang aktif tunggak bambu terhadap benzena pada kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 80 menit senilai 4,55 % berbeda nyata dengan kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit senilai 8,35 %. Pada kombinasi suhu aktivasi 600 °C dengan lama waktu aktivasi 80 menit senilai 4,55 % berbeda nyata terhadap lama

waktu aktivasi 100 menit dengan nilai 6,71 %. Nilai daya serap arang aktif terhadap benzene pada kombinasi suhu aktivasi 700 °C tidak berbeda nyata pada setiap lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai 5,37 %, 5,15 %, dan 6,12 %. Kombinasi suhu aktivasi 800 °C tidak berbeda nyata pada lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai 8,35 %, 8,16 %, dan 7,57 %. Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzene cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan lama waktu aktivasi. Peningkatan ini juga terjadi pada penelitian Hendra dan Darmawan tahun 2007 mengenai arang aktif dari tempurung kemiri yang mengalami peningkatan nilai daya serap terhadap benzene dari 14,01 % menjadi 15,95 % untuk suhu aktivasi 750 menjadi 800, dan 13,77 % menjadi 16,19 % untuk peningkatan lama waktu aktivasi 60 menit menjadi 90 menit. Peningkatan kemampuan daya serap arang aktif terhadap benzene diduga terjadi akibat terbukanya pori-pori arang aktif seiring dengan peningkatan suhu dan lama waktu aktivasi. Tinggi rendahnya daya serap arang aktif terhadap benzene dipengaruhi oleh ukuran partikel arang aktif, semakin besar ukuran partikel maka daya serap arang aktif terhadap uap benzene semakin rendah (Akpa dan Nmegbu, 2014).

Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzene sebesar 4,55 % - 8,35 % dengan nilai terbaik 8,35 % (7,65 % - 8,96 %) yang dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dengan lama waktu 60 menit. Nilai daya serap arang aktif terhadap benzene pada penelitian ini lebih rendah dari hasil penelitian (Pujiarti dan Sutapa, 2005) mengenai arang aktif dari limbah kayu mahoni dengan nilai daya serap arang aktif terhadap benzene terbaik sebesar 14,48 % dari perlakuan Na_2CO_3 1,5 % dan juga lebih rendah dari hasil penelitian Pari dkk. (2005) mengenai arang aktif serbuk gergaji sengon dengan suhu aktivasi 850 °C dan lama aktivasi 90 menit yang menghasilkan nilai daya serap benzene tertinggi 19,10 %. Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap uap benzene tidak memenuhi SNI 06-3830-1995 dengan nilai daya serap terhadap benzene yang didapat dibawah 25 %. Rendahnya nilai daya serap arang aktif terhadap benzene diduga disebabkan oleh banyaknya senyawa non karbon yang terbentuk didalam pori-pori arang aktif sehingga penyerapan gas menjadi lebih sedikit (Pari, 1995).

Selain itu, senyawa polar yang tersisa dari proses karbonisasi yang kurang sempurna seperti fenol, aldehid, dan karboksilan menutupi permukaan arang aktif (Pujiarti dan Sutapa, 2005).

6.8 Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen

Hasil penelitian menunjukkan nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen sebesar 116,01 mg/g – 125,34 mg/g, dengan nilai rata-rata 119,24 mg/g. Berdasarkan hasil analisis keragaman diketahui interaksi suhu aktivasi dengan lama waktu aktivasi memberikan pengaruh nyata (taraf uji 1 %) pada daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen. Hal tersebut disajikan pada Tabel 5.15 mengenai analisis keragaman daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap benzene. Setelah dilakukan uji analisis keragaman, dilanjutkan dengan uji lanjut HSD untuk mengetahui perbedaan hasil yang disajikan pada Gambar 5.7. Pada kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 100 menit sebesar 117,3 % mengalami perbedaan yang nyata dengan interaksi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 100 menit sebesar 125,34 %. Pada kombinasi suhu 600 °C, tidak terjadi perbedaan pada setiap lama waktu aktivasinya dengan nilai secara urut 60 menit, 80 menit, dan 100 menit, sebesar 118,78 mg/g, 117,73 mg/g, dan 117,3 mg/g. Kombinasi pada suhu aktivasi 700 °C tidak mengalami perbedaan nyata pada setiap lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit dengan nilai secara urut sebesar 120,27 mg/g, 117,12 mg/g, dan 116,01 mg/g. Nilai daya serap biru metilen hasil interaksi suhu aktivasi 800 °C dengan lama waktu aktivasi 60 menit, 80 menit, dan 100 menit tidak berbeda nyata dengan perbandingan nilai 120,13 mg/g, 120,51 mg/g, dan 125,34 mg/g. Terdapat kecenderungan peningkatan nilai daya serap arang aktif terhadap biru metilen seiring dengan peningkatan suhu dan lama waktu aktivasi. Peningkatan ini diduga terjadi akibat adanya perubahan struktur pori yang menyebabkan struktur makropori semakin banyak terbentuk seiring dengan pertambahan lama waktu aktivasi (Pari dkk., 2005). Meski terjadi peningkatan nilai daya serap arang aktif terhadap biru metilen, tetapi nilai tersebut terbilang rendah dikarenakan beberapa nilai interaksi suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi tidak memenuhi SNI 06-3730-

1995. Menurut Pujiarti dan Sutapa (2005) rendahnya daya serap arang aktif terhadap biru metilen dapat disebabkan karena terdapatnya senyawa hidrokarbon yang tidak keluar pada saat proses aktivasi sehingga menghambat proses penyerapan arang aktif. Pendapat tersebut didukung oleh Pari dkk. (2000) yang menyatakan bahwa rendahnya daya serap biru metilen disebabkan akibat tidak terjadinya proses pergeseran pelat kristal yang dapat membuka pori baru akibat belum terlepasnya ikatan antara C dan H. Rendahnya daya serap arang aktif terhadap biru metilen diduga akibat tingginya kadar abu pada arang aktif yang menghambat porositas arang aktif. (Ahiduzzaman dan Islam, 2016).

Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen sebesar 116,01 mg/g – 125,34 mg/g, dengan nilai terbaik sebesar 125,34 mg/g (123,76 mg/g – 127,68 mg/g) yang dihasilkan dari kombinasi suhu 800 °C dan lama waktu 100 menit. Nilai tersebut jika dibandingkan dengan hasil penelitian Pari dkk. (2005) mengenai arang aktif serbuk gergaji sengon dengan suhu aktivasi 850 °C dan lama waktu aktivasi 90 menit sebesar 282,19 mg/g memiliki hasil yang lebih rendah. Beberapa nilai dari interaksi suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap biru metilen tidak memenuhi SNI 06-3730-1995 dengan nilai minimal 120 mg/g.

6.9 Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium

Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium sebesar 571,79 mg/g – 636,27 mg/g, dengan nilai rata-rata 607,89 mg/g. Hasil analisis keragaman daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium disajikan pada Tabel. 5.17. Hasil menunjukkan bahwa semua faktor dan interaksi antar faktor tidak menghasilkan perbedaan yang nyata pada taraf uji 5 % oleh karena itu tidak dilakukan pengujian lanjut berupa uji HSD. Hasil analisis keragaman yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan menandakan bahwa faktor tunggal ataupun interaksi antar faktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan daya serap arang aktif terhadap iodium.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodin sebesar 571,79 mg/g – 636,27 mg/g dengan nilai terbaik sebesar 632,01 mg/g (579,11 % - 671,23 %) yang dihasilkan dari kombinasi suhu

aktivasi 800 °C dengan lama waktu aktivasi 80 menit. Nilai terendah sebesar 571,79 mg/g yang dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dengan lama waktu 80 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium rendah dikarenakan tidak memenuhi SNI 06-3730-1995 dan memiliki kecenderungan penurunan nilai. Penurunan nilai daya serap iodium terjadi seiring dengan meningkatnya suhu dan lama waktu aktivasi. Kondisi ini diduga terjadi akibat hancurnya mikropori menjadi mesopori dan makropori akibat adanya peningkatan suhu aktivasi (Jutakridsada, 2016). Pernyataan ini didukung dengan hasil penelitian Azam dkk. (2020) mengenai arang aktif dengan aktivator K_2SiO_3 pada suhu aktivasi lebih dari 700 °C mengalami penurunan daya serap terhadap iodium yang diakibatkan terjadinya pelebaran pori arang aktif akibat peningkatan suhu aktivasi. Pelebaran tersebut menyebabkan molekul iodium yang berukuran kecil terlepas dari arang aktif yang memiliki pori lebar. Selain itu, arang aktif dengan suhu aktivasi lebih dari 700 °C mengalami kerusakan pada dinding pori dan menimbulkan oksidasi logam sehingga permukaan pori arang aktif tersumbat yang menyebabkan daya serapnya menurun. Rendahnya nilai daya serap terhadap iodium diduga akibat adanya zat pengotor pada pori-pori yang menghambat proses penyerapan serta kecilnya luas permukaan arang aktif (Aisyah dkk., 2019). Selain itu, rendahnya nilai daya serap iodium pada penelitian ini diduga akibat tingginya kadar abu yang dihasilkan dari arang aktif tunggak bambu petung. Tingginya kadar abu dilihat berdasarkan perbandingan nilai kadar abu dengan SNI 06-3730-1995 yang disajikan pada Tabel 30. Tingginya kadar abu menyebabkan penyumbatan pori-pori arang aktif sehingga luas permukaan arang aktif semakin berkurang (Laos dan Selan., 2016).

Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium yang terbaik pada penelitian ini menghasilkan nilai lebih rendah dari hasil penelitian Sumanatrakul dkk (2015) mengenai arang aktif bambu petung dengan aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4 dan radiasi gelombang mikro selama 15 menit menghasilkan daya serap arang aktif terhadap iodium sebesar 1398 mg/g. Selain itu, nilai daya serap iodium pada penelitian ini juga lebih rendah dari penelitian Pari dkk. (2005) mengenai arang aktif serbuk gergaji sengon dengan suhu aktivasi 850

°C dan lama waktu aktivasi 90 menit dengan nilai daya serap terhadap iodium sebesar 1003,9 mg/g. Nilai daya serap arang aktif tunggak bambu petung terhadap iodium pada penelitian ini tidak memenuhi standar SNI 06-3730-1995 karena persyaratan nilai daya serap arang aktif terhadap iodium minimal sebesar 750 mg/g.

6.10 Perbandingan Hasil Penelitian Arang Aktif Tunggak Bambu Petung dengan Arang Aktif Standar Nasional Indonesia

Menurut Itodo dkk. (2010) daya serap terhadap iodium merupakan parameter fundamental mengenai kemampuan daya serap arang aktif. Nilai ini menggambarkan jumlah mikropori yang ada pada arang aktif (nilai 0 – 20 Å atau mencapai 2 nm). Semakin tinggi daya serap arang aktif semakin baik kualitas arang aktif yang ditunjukkan dengan luas permukaan pori yang terbentuk (Aissyah dkk., 2019). Penentuan arang aktif tunggak bambu petung dengan kualitas yang baik ditentukan berdasarkan kemampuan daya sarap arang aktif terhadap benzena, daya serap arang aktif terhadap biru metilen, dan daya serap terhadap iodium sebagai pertimbangan fundamental.

Tabel 5.18 menunjukkan perbandingan kualitas arang aktif tunggak bambu petung dengan SNI 06-3730-1995. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai rendemen aktivasi sebesar 80,18 % - 85,24 %, dengan nilai terbaik 85,24 % yang dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit. Nilai kadar air arang aktif tunggak bambu petung sebesar 5,2 % - 11,01 % dan telah memenuhi standar dengan nilai dibawah 15 %. Nilai kadar air terbaik dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit dengan nilai 5,2 %. Nilai kadar zat mudah menguap yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 16,36 % - 21,92 % dengan nilai terbaik 16,36 % yang dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit. Pada nilai kadar abu arang aktif tunggak bambu petung tidak memenuhi standar karena melebihi 10 % dengan nilai 11,83 % - 14,45 %. Nilai kadar abu terbaik dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit dengan nilai 11,83 %. Pada nilai kadar karbon terikat, hampir semua nilai kombinasi memenuhi standar dengan nilai lebih dari 65 % kecuali kombinasi suhu aktivasi 600 °C dan waktu aktivasi 100 menit. Nilai kadar karbon terikat yang

didapat sebesar 64,06 % - 70,36 %, dengan nilai terbaik dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit sebesar 70,36 %. Nilai daya serap benzene arang aktif tunggak bambu petung tidak memenuhi standar dengan nilai dibawah 25 %. Nilai yang didapat sebesar 4,55 % - 8,35 %, dengan hasil terbaik sebesar 8,35 % yang dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan waktu aktivasi 60 menit. Pada daya serap arang aktif terhadap biru metilen dengan nilai 116,01 mg/g - 118,78 mg/g tidak memenuhi standar dengan nilai minimal 120 mg/g, untuk nilai daya serap arang aktif terhadap biru metilen dengan nilai 120,13 mg/g – 125,34 mg/g telah memenuhi standar dengan nilai terbaik 125,34 mg/g yang dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi suhu aktivasi 800 °C dan waktu aktivasi 100 menit. Nilai daya serap arang aktif terhadap iodium pada penelitian ini tidak memenuhi standar dimana nilai yang didapat dibawah 750 mg/g, yaitu sebesar 571,79 mg/g – 636,29 mg/g. Nilai daya serap terhadap iodium terbaik didapatkan dari kombinasi suhu aktivasi 700 °C dan lama waktu aktivasi 60 menit dengan nilai 636,27 mg/g.

6.11 Aplikasi Arang Aktif Tunggak Bambu Petung sebagai Penjernih Air Tercemar Limbah Pabrik Gula

Aplikasi penjernihan air dilakukan dengan arang aktif tunggak bambu petung A3B2. Arang tersebut dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dan lama waktu aktivasi 80 menit. Arang aktif A3B2 bukan arang aktif dengan kualitas terbaik. Pemilihan arang aktif A3B2 didasarkan oleh kemampuan daya serap yang baik dengan nilai daya serap terhadap iodium sebesar 632,01 mg/g, daya serap biru metilen sebesar 120,51 mg/g, dan daya serap terhadap benzene sebesar 8,16 %. Arang aktif dengan nilai daya serap iodium tinggi mampu menyerap kation seperti Fe, Mn, dan Zn secara baik pada air (Pujiarti dan Sutapa, 2005).

6.11.1 pH Air

Hasil penelitian dari kualitas air tercemar limbah pabrik gula setelah dilakukan pencampuran arang aktif tunggak bambu petung menunjukkan bahwa ada peningkatan nilai pH. Sebelum diberi perlakuan, air tercemar limbah memiliki pH 7,1 dan setelah diberi perlakuan nilai pH air menjadi 8,7. Peningkatan pH air juga terjadi pada penelitian Hendra dkk. (2015) mengenai pemanfaatan arang aktif cangkang bintaro sebagai adsorben dari nilai pH 6,00 menjadi 7,58. Terjadinya peningkatan pH bisa terjadi akibat adanya interaksi antara sisi aktif arang dengan ion logam yang ada pada air (Hendra dkk., 2015). Proses filtrasi terjadi karena adanya proses pengikatan ion-ion logam yang ditarik arang aktif dengan gaya Van der Waals sehingga yang tertinggal adalah ion OH^- . Pada proses pengikatan ion-ion logam oleh arang aktif, terjadi proses pertukaran antara ion logam dengan gugus fungsi asam yang ada di permukaan arang aktif sehingga keberadaan ion H^+ berkurang. Penurunan ion yang bersifat asam (H^+) menyebabkan persentase ion basa (OH^-) menjadi lebih tinggi sehingga pH air meningkat menjadi lebih basa (Heriyani dan Mugisidi, 2016). Nilai pH air setelah aplikasi arang aktif tidak memenuhi PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010 dengan nilai pH diluar dari ketentuan yang ada yaitu sebesar 6,5-8,5. Tingginya nilai pH penelitian ini melewati batas pH yang ditentukan tetapi masih bisa digunakan untuk keperluan mandi dan luar dikarenakan masih memenuhi standar kualitas air bersih dengan pH 6,5 – 9. Air dengan pH 7,6 – 8,8 dapat menetralkan asam pada lambung pada saat proses pencernaan (Schwaffenberg, 2012). Tingginya pH akan menyebabkan rasa air cenderung pahit dari air dengan pH normal.

6.11.2 Kekeruhan

Tingkat kekeruhan air sumur tercemar limbah pabrik gula berada pada nilai 12,45 NTU. Setelah dilakukan treatment dengan arang aktif tunggak bambu petung kadar kekeruhan mengalami penurunan sebesar 51,647 % menjadi 6,02 NTU. Hasil penelitian ini memiliki nilai lebih rendah dibandingkan penelitian Sulastri dan Nurhayati (2014) mengenai media filtrasi arang aktif terhadap karakteristik air menghasilkan penurunan tingkat kekeruhan sebesar 89,41 %. Nilai

kekeruhan air tercemar limbah pabrik gula belum memenuhi standar PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010 dengan nilai kekeruhan maksimal 5 NTU.

6.11.3 Kesadahan (CaCO_3)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai kesadahan air sumur yang tercemar limbah pabrik gula sebelum perlakuan arang aktif sebesar 223,600 mg/l. Setelah diberikan perlakuan dengan arang aktif tunggak bambu petung terpilih sebagai adsorban, terjadi penurunan nilai kesadahan sebesar 16,667 % menjadi 186,383 mg/l. Hasil penelitian ini memiliki nilai lebih rendah dari penelitian Budiman dkk. (2018) mengenai arang aktif kulit buah durian dengan activator NaOH yang dapat menurunkan kesadahan senilai 71,8 %. Nilai kesadahan air atau kandungan kapur (CaCO_3) pada air sumur yang tercemar ini semakin baik setelah diproses dengan arang aktif sehingga memenuhi standar PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2020 dengan nilai maksimal kesadahan sebesar 500 mg/l kapur. Semakin tingginya tingkat kesadahan pada suatu air maka dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan darah dan batu ginjal serta penyumbatan pipa akibat adanya kerak kapur (Hapsari, 2015).

6.11.4 Besi (Fe)

Kandungan besi (Fe) yang pada air sumur tercemar limbah pabrik gula bernilai 0,8 mg/l. Setelah diberikan perlakuan dengan arang aktif tunggak bambu terpilih menjadi adsorban, nilai tersebut turun sebesar 99,375 % menjadi 0,05 mg/l. Penurunan nilai kandungan besi (Fe) dalam air sumur juga terjadi pada penelitian Hendra dkk. (2015) mengenai arang aktif cangkang bintaro sebagai adsorben air sumur dengan penurunan nilai besi (Fe) dari 0,67 mg/l menjadi 0 (100 % terserap). Banyaknya persentase penyerapan zat besi dipengaruhi oleh jumlah pori dan luas permukaannya, semakin banyak pori dan semakin luas permukaan arang maka penyerapan ion logam akan semakin tinggi (Jubilate dkk., 2016). Kandungan zat besi (Fe) pada air setelah diberikan perlakuan arang aktif tunggak bambu petung mengalami peningkatan kualitas sehingga memenuhi standar PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010 dengan batas maksimum kandungan besi (Fe) pada air maksimal 0,3 mg/l.

6.11.5 Mangan

Nilai kandungan mangan (Mn) yang didapat dari air sumur tercemar limbah pabrik gula sebesar 0,25 mg/l. Setelah diberikan perlakuan dengan arang aktif tunggak bambu petung terpilih menjadi media penjernih, konsentrasi mangan (Mn) pada air sumur tercemar tunggak bambu petung turun sebanyak 60 % hingga menjadi 0,1 mg/l. Hasil penelitian ini lebih rendah dari penelitian Pujiarti dan Sutapa (2005) mengenai arang aktif limbah kayu mahoni sebagai penjernih air dari 0,32 mg/l menjadi 0,08 mg/l (75 %). Kadar mangan (Mn) pada air tercemar yang telah diberikan perlakuan mengalami peningkatan kualitas dan memenuhi standar PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010 dengan nilai konsentrasi mangan maksimal untuk kualitas air minum sebesar 0,4 mg/l.

6.11.6 Warna

Hasil penelitian menunjukkan kualitas air sumur tercemar limbah pabrik gula didaerah Madukismo memiliki nilai sebesar 15 Pt-Co dengan warna air cenderung kekuningan. Nilai ini berada diambang batas dari standar kualitas air minum PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010 batas yang diperbolehkan untuk kualitas warna sebesar 15 Pt-Co. Setelah diberikan perlakuan dengan arang aktif tunggak bambu petung kualitas warna mengalami penurunan sebesar 79,8 % menjadi 3,03 Pt-Co sehingga parameter ini telah memenuhi kualitas air minum berdasarkan PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010. Hasil penelitian ini memiliki daya serap terhadap warna lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Sari dkk. (2017) mengenai penggunaan karbon aktif dari ampas tebu sebagai adsorben zat warna dengan hasil penurunan warna sebesar 69 %.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis mengenai arang aktif dari tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) dapat digunakan dalam bentuk arang aktif. Karakteristik arang aktif tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) yang memenuhi SNI 06-3730-1995 meliputi: rendemen arang aktif (80,107 % - 85,299 %), kadar air arang aktif (5,198 % - 11,007 %), kadar zat mudah menguap (16,359 % - 21,917 %), kadar karbon terikat (66,253 % - 70,364 %), dan sebagian nilai daya serap terhadap biru metilen (120,126 mg/g - 125,342 mg/g). Karakteristik arang aktif tunggak bambu petung yang tidak memenuhi SNI 06-74730-1995 meliputi: kadar abu (11,830 % - 14,452 %), kadar karbon terikat (65,059 %), daya serap terhadap uap benzene (4,548 % - 8,350 %), sebagian nilai daya serap terhadap biru metilen (116,009 mg/g - 118,781 mg/g) dan daya serap terhadap iodium (571,788 mg/g - 636,268 mg/g).
2. Interaksi suhu aktivasi dan lama waktu aktivasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat, daya serap terhadap benzene, dan daya serap terhadap biru metilen. Kadar air terbaik sebesar 5,198 %, nilai kadar zat mudah menguap terbaik sebesar 16,359 %, nilai kadar abu terbaik sebesar 11,830 %, nilai kadar karbon terikat terbaik sebesar 70,364 %, nilai daya serap terhadap benzene terbaik sebesar 8,350 %, daya serap terhadap biru metilen terbaik sebesar 125,342 mg/g. Pada daya serap arang aktif terhadap iodium, faktor suhu aktivasi, lama waktu aktivasi, dan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Nilai daya serap terhadap iodium terbaik sebesar 636,268 mg/g.
3. Arang aktif tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) yang digunakan untuk aplikasi peningkatkan kualitas air sumur yang tercemar

limbah pabrik gula Madukismo dihasilkan dari kombinasi suhu aktivasi 800 °C dengan lama waktu aktivasi 80 menit (A3B2). Kualitas air sumur yang tercemar mengalami peningkatan nilai derajat keasamaan (pH) dari 7,5 menjadi 8,7 (22,54 %), penurunan warna dari 15 Pt-Co menjadi 3.03 Pt-Co (79,8 %), penurunan tingkat kekeruhan dari 12,5 NTU menjadi 6,02 NTU (51,65 %), penurunan tingkat kesadahan (CaCO_3) dari 223,660 mg/l menjadi 186,383 mg/l (16,67 %), penurunan kadar zat besi (Fe) dari 0,8 mg/l menjadi 0,05 (99,38 %), dan penurunan kadar mangan (Mn) dari 0,25 mg/l menjadi 0,1 mg/l (60 %). Berdasarkan hasil penelitian, kualitas air sumur tercemar limbah pabrik gula setelah diberikan perlakuan arang aktif (A3B2) pada parameter warna, kesadahan, besi (Fe), dan mangan (Mn) telah memenuhi standar PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010.

7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dari pembuatan arang aktif tunggak bambu petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f)) sebagai bahan penjernih air tercemar limbah pabrik gula maka saran yang dapat diberikan berupa:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai arang aktif tunggak bambu petung dengan menggunakan suhu aktivasi yang lebih tinggi untuk meningkatkan kualitas arang aktif karena menurut Aissyah dkk. (2019) semakin tinggi daya serap arang aktif maka kualitas arang aktif yang dihasilkan semakin baik.
2. Pengambilan sampel air tercemar akibat pabrik gula disarankan dilakukan pada saat musim giling (produksi) agar kualitas air yang digunakan sebagai sampel uji peningkatan kualitas berada pada kondisi yang sebenarnya saat pencemaran terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori R. 2016. Eksplorasi dan Karakterisasi Bambu (*Poaceae-Bambusoideae*) di Kecamatan Tirtoyudo Kabupaten Malang. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Ahiduzzaman MD, Islam AKMS. 2016. Preparation of Porous Bio – Char and Activated Carbon from Rice Husk by Leaching Ash and Chemical Activation. SpringerPlus **5(1)**: 12-48.
- Aisyah S, Alimuddin, Sitorus S. 2019. Pengaruh Variasi Waktu pada Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif dari Limbah Batang Pisang (*Musa aradisiaca L.*) Terhadap Benzena. Jurnal Atomik **4(2)**: 90-95.
- Akpa J, Nmegbu GCJ. 2014. Adsorption of Benzene on Activated Carbon from Agricultural Waste Material. Research Journal of Chemical Sciences **4(9)**: 33-40.
- Anonim. 2020. Panduan Skripsi Fakultas Kehutanan. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Awasthi AK, Pandey AK, Rashmi D. 2011. Diversity of Fungi Effluents of Sugar Industries of Madhya Pradesh. International Journal of Environmental Science **1(5)**: 834-838.
- Azam M, Anas M, Erniwati. 2020. Analisis Variasi Temperatur Aktivasi terhadap Daya Serap Arang Aktif Tandan Aren (*Arenga Pinnata Merr*) dengan Agen Aktivasi K_2SiO_3 . Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika **5(3)**: 221-226.
- Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta. 2016. Analisis Informasi Statistik Pembangunan Daerah. Badan Pusat Statistik. Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Statistik Produksi Kehutanan. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Boyd CE, Tucker CS, Somridhivej B. 2016. Alkalinity and Hardness Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. Journal of World Aquaculture. Soc **47(1)**:36-41.
- Budiman A, Daniyanto, Yano SP, *et al.* 2018. Biomassa: Anugerah dan Berkah yang Belum Terjamah. UGM Press. Yogyakarta.

- Budiman JAP, Yulianti IM, Jati WN. Potensi Arang Aktif dari Kulit Buah Durian (*Durio Zibethinus* Murr.) dengan Aktivator NaOH sebagai Penjernih Air Sumur. *Biota* **3(3)**:117-124.
- Burhanuddin V. 2006. Sifat Fisika dan Kimia Briket Arang Tunggak Bambu Betung (*Dendrocalamus asper* Schult) dari Desa Loksado Kabupaten Hulu Sungai Selatan. Prosiding Seminar Nasional Mapeki IX. Kalimaantan Selatan.
- Dransfield S, Widjaja EA. 1995. Plant Resources of Southeast Asia No.7: Bamboos. PROSEA, Bogor.
- Effendi H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- Gunawan IL. 2017. Karakteristik Arang Lima Jenis Bambu dari Jawa Barat. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hadjar N, Niken P, Eko F. 2017. Keragaman Jenis Bambu (*Bambusa* sp.) di Kawasan Tahura Nipa-Nipa Kelurahan Mangga Dua. *Ecogreen* **3(1)**: 9-16.
- Hapsari D. 2015. Kajian Kualitas Air Sumur Gali dan Perilaku Masyarakat di Sekitar Pabrik Semen Kelurahan Karangtalun Kecamatan Cilacap Utara Kabupaten Cilacap. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* **7(1)**: 01-17.
- Hendaway A. 2003. Influence of HNO₃ Oxidation on the Structure and Adsorptive Properties of Corncob-based Activated Carbon. Elsevier, *Carbon* **31(1)**:713-722.
- Hendra D. 2006. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dan Serbuk Kayu Gergajian Campuran. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **24(2)**: 117-132.
- Hendra D, Darmawan S. 2007. Sifat Arang Aktif dari Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **25(24)**: 291-302.
- Hendra D, Wulanawati A, Gustina K, Wibisono SH. 2015. Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Buah Bintaro (*Carbera manghas*) sebagai Adsorben pada Peningkatan Kualitas Air Minum. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **33(3)**: 181-191.

- Heriyani O, Mugisidi D. 2016. Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada pH Hasil Filtrasi Air Banjir. Seminar Nasional TEKNOKA. Fakultas Teknik. UHAMKA.
- Heyne. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia. Jakarta: Badan Penelitian Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan **1**: 322-346.
- Himawanto AD. 2010. Pengaruh Heating Rate pada Proses Slow Pyrolysis Sampah Bambu dan Sampah Daun Pisang. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Iddrus R, Lapanoro BP, Putra YS. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. Prisma Fisika **1(1)**: 50-55.
- Irawati D, Sutapa JPG. 2004. Arang Aktif Buah Mahoni sebagai Bahan Penyaring Minyak Goreng Bekas Pakai (Jelantah). Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Itodo AU, Abdulrahman FW, Hassan LG, *et al.* 2010. Application of Methylene Blue and Iodine Adsorption in the Measurement of Specific Surface Area by four Acid and Salt treated Activated Carbons. New York Science Journal **3(5)**: 25-33.
- Jamilatun S, Setyawan M. 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. Jurnal Spektrum Industri **12(1)**: 1-12.
- Jubilate F, Zaharah TA, Syahbanu I. 2016. Pengaruh Aktivasi Arang dari Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Adsorben Besi (II) pada Air Tanah. JKK **5(4)**:14-21.
- Jutakridsada P, Prajaksud C, Aruk LK, Theerakulpisut S, Kamwilaisak K. 2016. Adsorption Characteristics of Activated Carbon Prepared From Spent Ground Coffee. Clean Techn Environ Policy **18**:639-645.
- Khoram MR, Mahdi S, Seyed MK. 2013. Review of Hasein Aabad Sugar Factory (HASF) Wastewater and Assesment of its Polution Load. Journal of Application Science and Environmental Management **17(3)**: 395-400.

- Kienle HV. 1986. Carbon di dalam: F.T. Campbell, R. Pefferkom and J.F. Rounsaville (Penyunting). *Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 5th Completely Revised Edition. Cancer Chemotherapy to Ceramics Colorants. VCH, Weinheim.
- Krisdianto G, Sumarni A, Ismanto. 2000. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Kristanto P. 2013. *Ekologi Industri*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Komarayati S, Gusmailina, Pari G. 2011. Produksi Cuka Hasil Modifikasi Tungku Arang Terpadu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **29(3)**: 234-247.
- Kumar A, Sastry, CB. 1999. *The International Network for Bamboo and Rattan*. Unasylva 198: Non-wood Forest Products and Income Generation. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Kurniati E. 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik* **8(2)**: 96-103.
- Laos EL, Selan A. 2016. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika* **1**: 32-46.
- Lempang M. 2014. Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknis Eboni* **11(2)**: 65 – 80.
- Lempang M, Syafii W, Pari G. 2012. Sifat dan Mutu Arang Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **30(2)**: 100-113.
- Manurung M, Sahara E, Sihombing PS. 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Bambu Apus (*Gigantochloa apus*) dengan Aktivator H₃PO₄. *Jurnal Kimia* **13(1)**: 16 – 21.
- McGillicuddy E, Morrison L, Cormican M, *et al.* 2018. Activated Charcoal as a Capture Material for Silver Nanoparticles in Environmental Water Samples. *Science of the Total Environment* **645**: 356-362.
- Miranti TS. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu Dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H₃PO₄ dan KOH*. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta.
- NCBI. 2019. ncbi.nlm.nih.gov. Diakses tanggal 15 Oktober 2019.

- Padil K, Sunarno. 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Arang sisa Pembuatan Asap Cair. *Jurnal Sains dan Teknologi* **9(1)**: 14-18.
- Pari G, Nurhayati T, Hartono. 2000. Kemungkinan Pemanfaatan *Acacia mangium* Willd. untuk Permurnian Minyak Kelapa Sawit. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* **18(1)**: 40-53.
- Pari G, Sofyan K, Syafii W, Buchari. 2005. Pengaruh Lama Aktivasi terhadap Struktur Kimia dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Sengon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **23(3)**: 207-218.
- Pari G, Widayati TD, Mashato Y. 2009, Mutu Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **27(4)**: 1-17.
- Patel N, Ruparelia J, Barve J. 2020. Prediction of Total Suspended Solids Present in Effluent of Primary Clarifier of Industrial Common Effluent Treatment Plant: Mechanistic and fuzzy approach. *Journal of Water Process Engineering: Elsevier* **34**: 1-10.
- Pembayun GS, Remigius YE, Yulianto M, *et al.* 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik POMITS* **2(1)**: 116-120.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 Tahun 1990 Tentang Syarat – Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Permadi LM, Widyastuti M. 2016. Studi Kualitas Air di Sungai Donan Sekitar Area Pembuangan Limbah Industri Pertamina RU IV Cilacap. *Jurnal Bumi Indonesia* **5(3)**: 1-10.
- Polii FF. 2017. Pengaruh Suhu dan Lama Aktivasi terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa. *Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado. Manado.*
- Pujiarti R, Sutapa JPG. 2005. Mutu Arang Aktif dari Limbah Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla King*) sebagai Bahan Penjernih Air. *Jurnal Ilmu & Teknologi Kayu Tropis* **3(2)**: 33-38.

- Putra YP, Yulis PAR. 2019. Kajian Kualitas Air Tanah Ditinjau dari Parameter pH, Nilai COD dan BOD pada Desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Riset Kimia* **10(2)**: 103-109.
- Rijali A, Malik U, Zulkarnain. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Betung dengan Aktivasi Menggunakan Activating Agent H₂O. *JOM FMIPA* **2(1)**: 102-107.
- Rusyani E. 2012. Molase sebagai Sumber Mikro Nutrien pada Budidaya Phytoplankton (*Nannochloropsis* sp.) Salah Satu Alternatif Pemanfaatan Hasil Samping Pabrik Gula . Tesis. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sahara E. Sulihingtyas WD, Mahardika IPAS. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gunitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H₃PO₄. *Jurnal Kimia* **11(1)**: 1-9.
- Said NI. 2005. Metoda Penghilangan Zat Besi dan Mangan di dalam Penyediaan Air Minum Domestik. *JAI* **1(3)**: 239-250.
- Saleh AI, Novianty S, Murni A, Nurrahma. 2017. Analisis Kualita Briket Serbuk Gergaji Kayu dengan Penambahan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Al-Kimia* **5(1)**: 21-30.
- Salim R, Cahyana BT, Prabawa IDGP, Hamidi S. 2019. Potensi Bambu untuk Pemanfaatan sebagai Bahan Bakar Arang dengan Metode Pengarangan Retort Tungku Drum. *Jurnal Riset Teknologi Industri* **13(2)**: 230-241.
- Sari MFP, Loekitowati P, Mohadi R. 2017. Penggunaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* **7(1)**: 37-40.
- Schwaffenberg GK. 2012. The Alkaline Die: Is there Evidence that an Alkaline pH diet Benefits Health?. *Journal of Environmental and Public Health* **1(1)**: 1-7.
- Singh V, Masabni J, Baumann P, *et al.* 2018. Activated Charcoal Reduces Pasture Herbicide Injury in Vegetable Crops. *Crop Protection* **117(1)**: 1-6.
- Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis.

- Sudrajat R, Pari G. 2011. Arang Aktif: Teknologi Pengolahan dan Masa depannya. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- Sulastri, Nurahayati I. 2014. Pengaruh Media Filtrasi Arang Aktif terhadap Kekeruhan Warna dan TDS pada Air Telaga di Desa Balongpanggung. *Jurnal Teknik Waktu* **12 (1)**: 43-47.
- Sumanatrakul P, Chotitham L, Kongsune P, Sukto U. 2015. Utilization of *Dendrocalamus asper* Backer Bamboo Charcoal and Pyrolygneous Acid. *Energy Procedia* **79(1)**: 691 – 696.
- Surest AH, Permana I, Wibisono RG. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Biji Ketapang. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Sutiyono, Wardani M. 2011. Karakteristik Tanaman Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* Back.) di Dataran Rendah di Daerah Subang, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Biologi* **8(1)**: 51-62.
- Syauqiah I, Amalia M, Kartini HA. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik* **12(1)**: 11-20.
- Vinsiah R, Suharman A, Desi. 2014. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*). *Prodi Pendidikan Kimia FKIP UNSRI* **3(1)**: 189–199.
- Wardhana W. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit ANDI. Yogyakarta
- Widjaja EA. 2001. Identikit Jenis-jenis Bambu di Jawa. Puslitbang Biologi-LIPI. Bogor.
- Widjaja EA, Astuti IP, Arinassa IBK, Sumantera IW. 2005. Identikit Bambu di Bali. Puslitbang Biologi-LIPI. Bogor.
- Wong KM. 2004. Bamboo The Amazing Grass a Guide to The Diversity and Study of Bamboos In Southeast Asia. Kuala Lumpur: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) and University of Malaya. Malaysia.

Yuliusman. 2016. Pembuatan Karbon Aktif dari tempurung Kelapa melalui Aktivasi Kimia dengan KOH dan Fisika dengan CO₂. Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono **12(1)**: 1-6.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sampel	Ulangan	B.Cawan (g)	B.Sampel (g)	Berat Setelah Aktivasi (g)	Berat Arang Aktif (g)	Rendemen (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A1B1	1	93,90	20,06	111,15	17,25	85,98	85,30	2,81	3,29
	2	104,96	20,02	121,07	16,11	80,46			
	3	86,54	20,05	103,91	17,37	86,65			
	4	94,23	20,07	111,83	17,60	87,66			
	5	86,51	20,07	103,72	17,21	85,75			
A1B2	1	86,49	20,00	103,45	16,96	84,79	85,13	0,54	0,63
	2	94,40	20,01	111,55	17,15	85,71			
	3	94,13	20,01	111,19	17,06	85,27			
	4	99,54	20,01	116,65	17,11	85,50			
	5	86,50	20,01	103,39	16,89	84,40			
A1B3	1	86,50	20,00	103,34	16,84	84,21	84,34	0,76	0,90
	2	94,43	20,02	111,50	17,07	85,29			
	3	94,28	20,01	111,07	16,79	83,89			
	4	99,59	20,01	116,58	16,99	84,91			
	5	86,51	20,03	103,21	16,71	83,41			
A2B1	1	94,23	20,01	110,80	16,57	82,82	83,35	1,45	1,74
	2	93,86	20,03	110,48	16,63	83,02			
	3	86,51	20,04	103,35	16,83	83,99			
	4	94,25	20,01	111,34	17,09	85,41			
	5	93,80	20,03	110,13	16,33	81,52			
A2B2	1	86,49	20,00	103,85	17,36	86,79	85,24	1,94	2,27
	2	94,39	20,01	111,84	17,45	87,23			
	3	94,11	20,02	111,03	16,93	84,57			
	4	99,53	20,00	116,58	17,05	85,22			
	5	94,50	20,01	110,99	16,49	82,38			
A2B3	1	86,49	20,02	102,83	16,34	81,63	82,47	0,84	1,02
	2	94,43	20,00	110,92	16,49	82,44			
	3	94,27	20,00	110,99	16,72	83,57			
	4	99,59	20,00	116,20	16,61	83,04			
	5	94,48	20,03	110,85	16,36	81,69			

Lampiran 1. Tabel Rendemen Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (lanjutan)

A3B1	1	94,26	20,01	110,85	16,59	82,92	82,87	0,52	0,62
	2	86,53	20,01	102,94	16,42	82,04			
	3	99,34	20,01	115,91	16,57	82,78			
	4	94,02	20,02	110,68	16,66	83,24			
	5	99,83	20,05	116,54	16,71	83,36			
A3B2	1	86,50	20,02	102,49	15,99	79,90	80,53	1,56	1,94
	2	94,39	20,01	110,75	16,37	81,81			
	3	94,13	20,01	109,75	15,62	78,10			
	4	99,54	20,00	115,89	16,35	81,74			
	5	94,53	20,02	110,77	16,24	81,10			
A3B3	1	93,74	20,01	109,31	15,57	77,79	80,11	1,37	1,71
	2	94,44	20,02	110,51	16,08	80,29			
	3	94,43	20,04	110,61	16,17	80,71			
	4	99,59	20,03	115,90	16,31	81,41			
	5	99,66	20,02	115,74	16,08	80,33			

Lampiran 2. Tabel Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sampel	Ulangan	B.Awal (g)	BKT (g)	KA (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A1B1	1	2,01	1,90	5,38	5,20	0,43	8,28
	2	2,00	1,91	4,50			
	3	2,01	1,89	5,64			
	4	2,01	1,90	5,13			
	5	2,00	1,90	5,34			
A1B2	1	2,00	1,85	7,50	7,53	0,34	4,53
	2	2,00	1,84	8,00			
	3	2,01	1,86	7,48			
	4	2,00	1,86	7,05			
	5	2,00	1,85	7,65			
A1B3	1	2,00	1,85	7,74	8,02	1,00	12,52
	2	2,00	1,86	7,34			
	3	2,00	1,85	7,54			
	4	2,00	1,85	7,68			
	5	2,00	1,81	9,80			
A2B1	1	2,01	1,86	7,48	6,37	0,58	9,11
	2	2,00	1,88	6,24			
	3	2,00	1,87	6,70			
	4	2,00	1,88	6,25			
	5	2,00	1,90	5,19			
A2B2	1	2,00	1,84	8,20	8,41	0,22	2,56
	2	2,00	1,83	8,70			
	3	2,01	1,84	8,43			
	4	2,00	1,84	8,20			
	5	2,01	1,83	8,53			

Lampiran 2. Tabel Kadar Air Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (lanjutan)

Sampel	Ulangan	B.Awal (g)	BKT (g)	KA (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A2B3	1	2,00	1,80	10,14	9,71	0,39	3,99
	2	2,00	1,82	9,43			
	3	2,00	1,80	9,85			
	4	2,00	1,82	9,19			
	5	2,00	1,80	9,94			
A3B1	1	2,00	1,83	8,83	8,10	1,00	12,41
	2	2,01	1,84	8,42			
	3	2,01	1,83	8,87			
	4	2,01	1,84	8,33			
	5	2,01	1,89	6,03			
A3B2	1	2,00	1,81	9,55	9,03	1,06	11,73
	2	2,00	1,82	8,98			
	3	2,00	1,80	10,09			
	4	2,01	1,82	9,22			
	5	2,00	1,86	7,29			
A3B3	1	2,00	1,77	11,48	11,01	0,47	4,27
	2	2,00	1,79	10,83			
	3	2,00	1,79	10,73			
	4	2,01	1,80	10,47			
	5	2,01	1,77	11,52			

Lampiran 3. Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sampel	Ulangan	Berat Cawan (g)	Berat Awal Sampel (g)	Berat Cawan+Sampel Setelah Pemanasan (g)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A1B1	1	11,77	1,85	13,16	25,04	21,92	2,14	9,74
	2	12,03	1,86	13,47	22,85			
	3	11,99	1,86	13,48	19,61			
	4	11,28	1,87	12,74	21,66			
	5	11,57	1,86	13,05	20,42			
A1B2	1	12,06	1,84	13,56	18,69	18,57	1,21	6,50
	2	12,13	1,85	13,64	18,46			
	3	11,88	1,85	13,35	20,49			
	4	12,39	1,84	13,91	17,24			
	5	11,53	1,85	13,05	17,97			
A1B3	1	12,10	1,71	13,48	19,51	21,49	2,12	9,89
	2	11,54	1,75	12,93	20,30			
	3	11,67	1,79	13,01	25,04			
	4	12,02	1,74	13,38	21,20			
	5	11,25	1,72	12,60	21,40			
A2B1	1	11,97	1,83	13,47	17,84	17,87	0,93	5,20
	2	11,69	1,84	13,20	18,08			
	3	12,35	1,84	13,88	16,89			
	4	12,39	1,82	13,86	19,30			
	5	11,52	1,81	13,02	17,23			
A2B2	1	11,97	1,83	13,47	17,84	17,94	1,38	7,71
	2	11,69	1,84	13,20	18,08			
	3	12,35	1,84	13,88	16,89			
	4	12,00	1,84	13,47	20,17			
	5	11,86	1,84	13,40	16,70			

Lampiran 3. Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung(lanjutan)

Sampel	Ulangan	Berat Cawan (g)	Berat Awal Sampel (g)	Berat Cawan+Sampel Setelah Pemanasan (g)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A2B3	1	11,57	1,81	13,03	19,01	18,98	1,17	6,19
	2	12,14	1,83	13,62	18,85			
	3	11,88	1,82	13,32	20,51			
	4	12,39	1,82	13,86	19,30			
	5	11,52	1,81	13,02	17,23			
A3B1	1	12,02	1,81	13,53	16,45	16,36	1,46	8,90
	2	11,25	1,82	12,75	17,26			
	3	12,01	1,82	13,58	14,07			
	4	11,55	1,83	13,05	17,90			
	5	12,11	1,82	13,63	16,12			
A3B2	1	11,49	1,85	12,98	19,20	20,17	3,49	17,31
	2	12,35	1,82	13,80	20,08			
	3	11,96	1,81	13,31	25,48			
	4	11,85	1,81	13,29	20,35			
	5	12,00	1,82	13,53	15,75			
A3B3	1	11,30	1,79	12,75	18,37	18,96	1,75	9,24
	2	12,06	1,80	13,51	18,89			
	3	11,71	1,89	13,18	21,96			
	4	12,03	1,81	13,50	18,17			
	5	12,00	1,79	13,47	17,44			

Lampiran 4. Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sampel	Ulangan	Berat Cawan (g)	Berat Sampel (g)	Berat Cawan+Abu (g)	Kadar Abu (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A1B1	1	11,77	1,39	11,93	11,11	11,83	0,87	7,38
	2	12,03	1,44	12,21	12,26			
	3	11,99	1,50	12,18	12,57			
	4	11,28	1,46	11,46	12,53			
	5	11,57	1,51	11,73	10,68			
A1B2	1	12,06	1,50	12,24	12,22	12,27	0,19	1,57
	2	12,13	1,51	12,31	12,44			
	3	11,88	1,47	12,06	12,37			
	4	12,39	1,52	12,57	11,96			
	5	11,53	1,52	11,72	12,37			
A1B3	1	12,10	1,38	12,29	14,01	14,45	0,70	4,88
	2	11,54	1,40	11,73	14,09			
	3	11,67	1,34	11,88	15,59			
	4	12,02	1,37	12,21	13,89			
	5	11,25	1,35	11,45	14,69			
A2B1	1	11,97	1,51	12,17	13,41	12,69	0,68	5,34
	2	11,69	1,51	11,89	12,92			
	3	12,35	1,53	12,56	13,14			
	4	12,39	1,47	12,56	11,82			
	5	11,52	1,50	11,71	12,14			
A2B2	1	11,97	1,51	12,17	13,41	12,93	0,40	3,06
	2	11,69	1,51	11,89	12,92			
	3	12,35	1,53	12,56	13,14			
	4	12,00	1,47	12,19	12,84			
	5	11,86	1,53	12,05	12,34			

Lampiran 4. Kadar Abu Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (lanjutan)

Sampel	Ulangan	Berat Cawan (g)	Berat Sampel (g)	Berat Cawan+Abu (g)	Kadar Abu (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A2B3	1	11,57	1,47	11,75	12,62	12,48	0,51	4,10
	2	12,14	1,48	12,32	12,69			
	3	11,88	1,45	12,07	13,14			
	4	12,39	1,47	12,56	11,82			
	5	11,52	1,50	11,71	12,14			
A3B1	1	12,02	1,51	12,23	13,65	13,28	0,38	2,89
	2	11,25	1,51	11,45	13,16			
	3	12,01	1,56	12,21	12,67			
	4	11,55	1,50	11,75	13,47			
	5	12,11	1,53	12,31	13,44			
A3B2	1	11,49	1,49	11,70	14,32	13,73	1,35	9,82
	2	12,35	1,45	12,53	12,46			
	3	11,96	1,35	12,17	15,32			
	4	11,85	1,44	12,05	14,38			
	5	12,00	0,93	12,11	12,19			
A3B3	1	11,30	1,46	11,48	12,48	12,80	0,22	1,68
	2	12,06	1,46	12,25	12,84			
	3	11,71	1,48	11,90	12,88			
	4	12,03	1,48	12,22	13,07			
	5	12,00	1,48	12,18	12,73			

Lampiran 5. Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung

Sampel	Ulangan	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Karbon Terikat (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A1B1	1	5,38	25,04	11,11	63,85	66,25	2,08	3,14
	2	4,50	22,85	12,26	64,89			
	3	5,64	19,61	12,57	67,82			
	4	5,13	21,66	12,53	65,81			
	5	5,34	20,42	10,68	68,90			
A1B2	1	7,50	18,69	12,22	69,09	69,16	1,33	1,92
	2	8,00	18,46	12,44	69,10			
	3	7,48	20,49	12,37	67,14			
	4	7,05	17,24	11,96	70,80			
	5	7,65	17,97	12,37	69,66			
A1B3	1	7,74	19,51	14,01	66,48	64,06	2,78	4,35
	2	7,34	20,30	14,09	65,61			
	3	7,54	25,04	15,59	59,37			
	4	7,68	21,20	13,89	64,91			
	5	9,80	21,40	14,69	63,91			
A2B1	1	7,48	17,84	13,41	68,75	69,45	0,82	1,18
	2	6,24	18,08	12,92	69,00			
	3	6,70	16,89	13,14	69,97			
	4	6,25	19,30	11,82	68,88			
	5	5,19	17,23	12,14	70,63			
A2B2	1	8,20	17,84	13,41	68,75	69,13	1,48	2,14
	2	8,70	18,08	12,92	69,00			
	3	8,43	16,89	13,14	69,97			
	4	8,20	20,17	12,84	66,99			
	5	8,53	16,70	12,34	70,95			

Lampiran 5. Kadar Karbon Terikat Arang Aktif Tunggak Bambu Petung (lanjutan)

Sampel	Ulangan	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Karbon Terikat (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A2B3	1	10,14	19,01	12,62	68,38	68,54	1,52	2,22
	2	9,43	18,85	12,69	68,46			
	3	9,85	20,51	13,14	66,35			
	4	9,19	19,30	11,82	68,88			
	5	9,94	17,23	12,14	70,63			
A3B1	1	8,83	16,45	13,65	69,90	70,36	1,75	2,48
	2	8,42	17,26	13,16	69,58			
	3	8,87	14,07	12,67	73,26			
	4	8,33	17,90	13,47	68,64			
	5	6,03	16,12	13,44	70,44			
A3B2	1	10,14	19,20	14,32	66,48	66,09	4,63	7,01
	2	9,43	20,08	12,46	67,47			
	3	9,85	25,48	15,32	59,20			
	4	9,19	20,35	14,38	65,27			
	5	9,94	15,75	12,19	72,06			
A3B3	1	11,48	18,37	12,48	69,15	68,24	1,81	2,65
	2	10,83	18,89	12,84	68,27			
	3	10,73	21,96	12,88	65,16			
	4	10,47	18,17	13,07	68,76			
	5	11,52	17,44	12,73	69,83			

Lampiran 6. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena

Sampel	Ulangan	b.cawan (g)	b.sampel awal (g)	b sampel setelah oven (g)	b sampel setelah penguapan (g)	Kadar Benzena (%)	Rata- rata	STDEV	CV
A1B1	1	39,40	1,00	0,97	1,03	6,31	5,65	0,41	7,27
	2	35,90	1,01	0,95	1,01	5,45			
	3	39,95	1,00	0,95	1,01	5,56			
	4	37,68	1,00	0,96	1,01	5,22			
	5	41,80	1,00	0,95	1,00	5,70			
A1B2	1	39,34	1,00	0,96	1,00	4,28	4,55	0,48	10,45
	2	49,87	1,01	0,97	1,02	4,31			
	3	39,19	1,00	0,96	1,00	4,07			
	4	48,02	1,01	0,96	1,01	4,89			
	5	49,93	1,00	0,94	0,99	5,20			
A1B3	1	39,41	1,00	0,93	0,99	7,24	6,71	0,51	7,53
	2	40,19	1,00	0,92	0,98	6,63			
	3	39,58	1,00	0,94	1,01	6,46			
	4	42,34	1,00	0,95	1,01	7,20			
	5	43,08	1,01	0,94	1,00	6,04			
A2B1	1	39,34	1,00	0,94	1,00	5,83	5,37	0,66	12,32
	2	41,80	1,01	0,93	0,99	5,89			
	3	40,19	1,00	0,94	0,99	5,43			
	4	48,03	1,00	0,94	0,99	5,44			
	5	39,41	1,00	0,94	0,98	4,25			
A2B2	1	43,08	1,00	0,94	0,99	5,19	5,15	0,40	7,69
	2	49,87	1,00	0,94	0,99	5,44			
	3	39,41	1,00	0,94	0,98	5,24			
	4	42,34	1,01	0,94	0,99	5,41			
	5	36,26	1,00	0,94	0,98	4,47			
A2B3	1	37,68	1,01	0,93	1,00	6,64	6,12	0,49	8,01
	2	49,93	1,00	0,93	1,00	6,63			
	3	35,90	1,00	0,93	0,99	6,00			
	4	37,91	1,00	0,93	0,99	5,78			
	5	39,29	1,01	0,84	0,89	5,57			
A3B1	1	39,95	1,00	1,00	1,09	8,96	8,35	0,55	6,54
	2	36,29	1,01	1,01	1,10	8,85			
	3	39,28	1,01	1,01	1,09	8,14			
	4	39,58	1,01	1,01	1,08	7,65			
	5	47,64	1,01	1,01	1,09	8,14			

Lampiran 6. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Benzena (lanjutan)

Sampel	Ulangan	b.cawan (g)	b.sampel awal (g)	b sampel setelah oven (g)	b sampel setelah penguapan (g)	Kadar Benzena (%)	Rata- rata	STDEV	CV
A3B2	1	39,00	1,01	1,01	1,09	8,43	8,16	0,53	6,43
	2	37,63	1,01	1,01	1,09	8,43			
	3	52,12	1,01	1,01	1,09	8,26			
	4	36,82	1,01	1,01	1,09	8,46			
	5	37,64	1,01	1,01	1,08	7,23			
A3B3	1	52,75	1,00	1,00	1,08	7,37	7,57	0,52	6,83
	2	42,93	1,01	1,01	1,09	8,35			
	3	39,59	1,00	1,00	1,07	6,97			
	4	51,74	1,00	1,00	1,07	7,40			
	5	39,32	1,01	1,01	1,08	7,75			

Lampiran 7. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen

Sampel	Ulangan	Berat Sampel	Fp	s1	C1	DSBM (mg/g)	rata-rata	SD	CV
blanko			800	0,541	3,20	0,00			
A1B1	1	0,20	175,00	0,69	5,12	117,04	118,78	1,91	1,61
	2	0,20	175,00	0,63	4,68	122,01			
	3	0,20	175,00	0,68	5,04	118,85			
	4	0,20	175,00	0,68	5,01	117,97			
	5	0,20	175,00	0,68	5,00	118,03			
A1B2	1	0,20	175,00	0,70	5,16	117,27	117,73	2,48	2,11
	2	0,20	175,00	0,65	4,81	119,71			
	3	0,20	175,00	0,72	5,31	115,37			
	4	0,20	175,00	0,75	5,50	115,45			
	5	0,20	175,00	0,65	4,81	120,84			
A1B3	1	0,20	175,00	0,74	5,42	114,44	117,30	2,65	2,26
	2	0,20	175,00	0,68	5,05	117,05			
	3	0,20	175,00	0,74	5,43	115,52			
	4	0,20	175,00	0,62	4,63	121,27			
	5	0,20	175,00	0,68	5,05	118,21			
A2B1	1	0,20	175,00	0,61	4,53	121,48	120,27	1,49	1,24
	2	0,20	175,00	0,68	5,00	118,03			
	3	0,20	175,00	0,66	4,91	120,02			
	4	0,20	175,00	0,63	4,71	121,78			
	5	0,20	175,00	0,63	4,70	120,04			
A2B2	1	0,20	175,00	0,68	5,05	117,05	117,92	2,91	2,47
	2	0,20	175,00	0,66	4,88	119,72			
	3	0,20	175,00	0,63	4,69	121,95			
	4	0,20	175,00	0,74	5,41	116,27			
	5	0,20	175,00	0,74	5,40	114,61			
A2B3	1	0,20	175,00	0,71	5,21	117,98	116,01	3,03	2,62
	2	0,20	175,00	0,77	5,63	113,76			
	3	0,20	175,00	0,70	5,14	117,39			
	4	0,20	175,00	0,67	4,96	119,02			
	5	0,20	175,00	0,80	5,84	111,89			

Lampiran 7. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Biru Metilen (lanjutan)

Sampel	Ulangan	Berat Sampel	Fp	s1	C1	DSBM (mg/g)	rata-rata	SD	CV
blanko			800	0,541	3,20	0,00			
A3B1	1	0,20	175,00	0,66	4,86	120,43	120,13	1,66	1,39
	2	0,20	175,00	0,68	5,00	119,26			
	3	0,20	175,00	0,62	4,62	122,54			
	4	0,20	175,00	0,66	4,87	120,37			
	5	0,20	175,00	0,70	5,14	118,03			
A3B2	1	0,20	175,00	0,70	5,15	117,92	120,51	4,36	3,62
	2	0,20	175,00	0,52	3,96	128,27			
	3	0,20	175,00	0,68	5,00	119,20			
	4	0,20	175,00	0,68	5,04	118,91			
	5	0,20	175,00	0,69	5,11	118,27			
A3B3	1	0,20	175,00	0,56	4,24	125,81	125,34	1,60	1,27
	2	0,20	175,00	0,53	4,03	127,68			
	3	0,20	175,00	0,57	4,28	125,52			
	4	0,20	175,00	0,60	4,46	123,94			
	5	0,20	175,00	0,60	4,48	123,76			

Lampiran 8. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium

Sampel	Ulangan	b,sampel (g)	V,Titrasi (ml)	Daya Serap Iodium (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A1B1	1	0,50	5,30	594,05	606,68	23,16	3,82
	2	0,50	5,40	581,41			
	3	0,50	5,00	630,72			
	4	0,50	5,00	631,97			
	5	0,50	5,30	595,24			
A1B2	1	0,50	5,70	543,50	602,66	39,11	6,49
	2	0,50	5,40	581,41			
	3	0,50	5,00	630,72			
	4	0,50	5,00	630,72			
	5	0,51	5,00	626,98			
A1B3	1	0,51	5,90	515,14	595,22	73,73	12,39
	2	0,50	5,80	529,80			
	3	0,50	5,20	607,90			
	4	0,50	4,50	693,79			
	5	0,50	5,00	629,46			
A2B1	1	0,50	4,70	667,23	636,27	30,32	4,77
	2	0,50	4,80	655,94			
	3	0,50	5,30	592,87			
	4	0,50	5,10	618,10			
	5	0,50	4,90	647,19			
A2B2	1	0,50	5,30	592,87	571,79	22,96	4,02
	2	0,50	5,60	557,25			
	3	0,50	5,30	592,87			
	4	0,51	5,40	575,68			
	5	0,51	5,70	540,27			
A2B3	1	0,50	5,00	630,72	609,18	38,64	6,34
	2	0,50	5,70	544,58			
	3	0,50	5,10	618,10			
	4	0,50	5,20	607,90			
	5	0,50	4,90	644,61			
A3B1	1	0,50	5,00	630,72	615,36	38,65	6,28
	2	0,51	4,80	652,06			
	3	0,51	4,90	637,00			
	4	0,51	5,20	603,09			
	5	0,50	5,60	553,93			

Lampiran 8. Daya Serap Arang Aktif Tunggak Bambu Petung terhadap Iodium (lanjutan)

Sampel	Ulangan	b.sampel (g)	V.Titrasi (ml)	Daya Serap Iodium (%)	Rata-rata	STDEV	CV
A3B2	1	0,51	4,80	649,49	632,01	34,23	5,42
	2	0,51	5,00	625,74			
	3	0,50	4,70	671,23			
	4	0,50	5,40	579,11			
	5	0,50	5,00	634,50			
A3B3	1	0,51	5,50	563,17	601,81	39,94	6,64
	2	0,50	5,30	591,70			
	3	0,50	4,80	655,94			
	4	0,50	5,00	629,46			
	5	0,50	5,50	568,77			

Lampiran 9, Hasil Pengujian Air Sumur Tercemar Limbah Pabrik Gula*

Parameter	Satuan	Sebelum Perlakuan	Hasil Uji Setelah Perlakuan			Rata-rata
			1	2	3	
pH	-	7,1	8,7	8,7	8,7	8,7
Warna	Pt-Co	15	2,5	2,5	4,1	3,03
Kekeruhan	NTU	12,45	5,78	6,02	6,26	6,02
Kesadahan	mg/L CaCO ₃	223,660	193,839	178,928	186,383	186,383
Besi	mg/L	0,80	0,05	0,05	0,05	0,05
Mangan	mg/L	0,25	0,12	0,1	0,1	0,1

*Pengujian dilakukan di laboratorium teknik lingkungan Institut Teknologi Yogyakarta (STTL "YLH) pada tanggal 18 November 2020.