

ADSORPSI METILEN BIRU DENGAN KARBON TANPA AKTIVASI DAN TERAKTIVASI LARUTAN KOH

Rahmiah Sjafruddin¹), Fajar¹), Lasire¹), Rosalin¹), Zul Fitri²), Nur Aisyah²)

¹)Dosen Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang

²)Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

This study was intended to characterize activated carbon from bagasse raw materials obtained from the chemical activation (with KOH 5M) and without activation process. The test parameters were based on water content, ash content, volatile meter content, and the adsorption capacity of activated carbon to methylene blue (MB) dye. The adsorption process was reviewed on the relationship of MB concentration variation with adsorption contact time. Characteristics of activated carbon without activation contained water content of 7.44%, ash content of 4.65%, volatile meter content of 26.88%, and adsorption capacity of MB dye in the range of 64 to 86 mg adsorbate/g adsorbent, percentage of MB removal with a range of 32 to 54% and Langmuir isotherm constants (Qm) of 36.37 mg/g, KL of 0.016 L/mg and R² of 0.99. On the other hand, activated carbon with 5M KOH solution contained 4.47% of water content, 5.30% of ash content, 20.14% of volatile meter content, and adsorption ability to MB with a range of 169.91 to 198.22 mg adsorbate/g adsorbent, percentage of removal MB of 96 to 99% with Lagmuir isotherm constant (Qm) of 100 mg/g, KL of 33.3 L/mg and R² of 0.97.

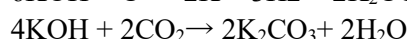
Keywords: bagasse, adsorption, activated carbon, methylene blue.

1. PENDAHULUAN

Tebu sebagai bahan baku industri gula mempunyai peran yang sangat strategis dalam perekonomian di Indonesia. Prediksi produksi tebu menurut status perusahaan pada tahun 2019 berkisar 2.450.000 ton/tahun, [1]. Tebu merupakan bahan baku industri gula dengan memanfaatkan tetes tebu, di mana proses ini menghasilkan sisa ampas tebu sekitar 33,2%, artinya limbah ampas tebu yang dihasilkan sekitar 813,4 ribu ton/tahun. Limbah ampas tebu memiliki kandungan selulosa 52,7%, lignin 24,2%, hemiselulosa 17,5% dan lain-lain 5,6% (SiO₂, abu, sari tebu), [2]. Biomassa dengan kandungan bahan organik yang tinggi dengan jumlah presentase kandungan inorganik rendah memberikan gambaran potensi pemanfaatannya sebagai bahan pembuatan karbon aktif [3]. Pemanfaatan ampas tebu menjadi karbon aktif akan memberikan efek besar terhadap pengendalian pencemaran lingkungan serta memberikan nilai ekonomis bagi masyarakat.

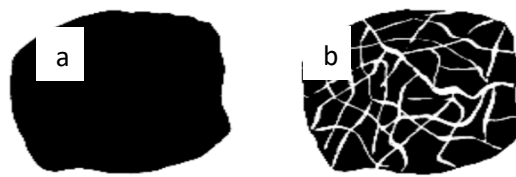
Kajian penelitian untuk proses pembuatan karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam biomassa, diantara pelepah aren dengan aktivator KOH, ZnCl₂, dan H₃PO₄, [4], ampas tebu teraktivasi asam klorida [5], Ampas tebu dengan karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia asam fosfat, [6], kulit kemiri teraktivasi larutan KOH yang diaplikasikan untuk menyerap zat warna metilen biru, [7].

Pembuatan karbon aktif dari bahan biomassa dapat dilakukan dengan tahapan proses utama yakni karbonisasi, dan aktivasi. Proses aktivasi karbon aktif bertujuan untuk membuka pori-pori karbon aktif sehingga diperoleh luas permukaan pori yang lebih besar. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Aktivasi kimia pada umumnya menggunakan agen aktivasi diantaranya KOH, H₃PO₄, KOH, ZnCl₂. Mekanisme aktivasi dipengaruhi oleh agen activator yang akan menghasilkan karakteristik karbon aktif yang berbeda [8]. Aktivator larutan KOH merupakan activator yang sangat cocok dengan bahan baku dengan kandungan karbon yang tinggi, hal ini disebabkan larutan KOH memiliki kemampuan kuat untuk bereaksi dengan unsur karbon, [4]. Reaksi kimia yang terjadi pada proses aktivasi antara larutan KOH dengan karbon dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :



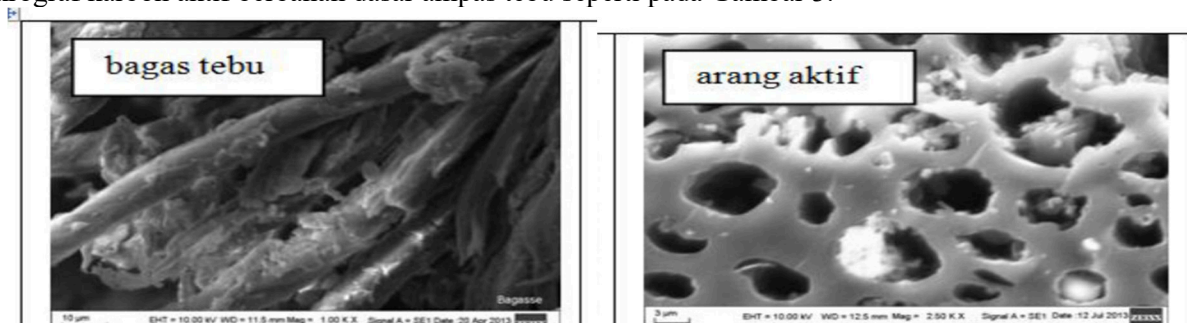
Bahan biomass dengan kandungan karbon yang tinggi salah satunya ampas tebu. Pembuatan karbon berbahan dasar ampas tebu dilakukan dengan melakukan proses karbonisasi dan aktivasi. Gambaran karbon yang dihasilkan dengan perlakuan tanpa aktivasi dan yang teraktivasi akan berpengaruh pada morfologi dan luas pori karbon yang terbentuk. Adapun Gambar antara karbon tanpa aktivasi dan karbon aktif teraktivasi seperti Gambar 1.

¹ Korespondensi penulis: Rahmiah Sjafruddin, Telp 081355467803, rahmiah.sjafruddin@gmail.com



Gambar 1. Karbon aktif tanpa aktivasi (a) dan karbon aktif teraktivasi (b)

Penelitian tentang sintesis biomassa untuk menghasilkan karbon aktif lebih tertuju pada optimasi struktur, morfologi dan ukuran pori. Penelitian dengan menggunakan bahan ampas tebu dengan proses karbonisasi hidrotermal (750°C, 90 menit) dan aktivasi kimia dengan larutan asam Pospat 10% (H₃PO₄) dengan hasil karbon aktif luas permukaan sebesar 903,47 m²/g, volume pori 0,597 cm³/g (mikropori 63,32% dan meso-makropori 36,68%) dengan daya penjerapan terhadap metilen biru sebesar 170,40 mg/g dan hasil analisis SEM memperlihatkan topografi permukaan karbon aktif dengan diameter pori berkisar antara 3 -10 µm., [6]. Adapun mikrofotograf karbon aktif berbahan dasar ampas tebu seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Struktur bagas tebu dan arang aktif teraktivasi dengan morfologi SEM (pembesaran 2500 kali) : [6]

Sementara hasil penelitian Jaguaribe, dengan karbon aktif berbahan dasar ampas tebu dengan aktivasi secara fisika diperoleh uji BET dengan luas permukaan berkisar 806 m²/g dengan kemampuan daya jerap terhadap metilen biru yang sangat tinggi dan mampu menghilangkan 100% sisa klorin. Kemampuan daya jerap karbon aktif berbahan dasar ampas tebu terhadap metilen biru dan clorin jauh lebih efisien dibandingkan karbon aktif dari tempurung kelapa dan babassu, [9] Persamaan untuk menentukan daya jerap karbon aktif terhadap adsorbat dapat menggunakan persamaan :

$$Q_e = \frac{C_o - C_e}{\text{massa karbon}} \times \text{volume}$$

Proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif terhadap zat warna metilen biru diuji dengan menggunakan model isotherm Langmuir. Penentuan kesesuaian model isotherm ditentukan pada korelasi nilai *correlation factor* (R²), dimana nilai R² semakin mendekati 1 maka hasil penelitian dapat diasumsikan mengikuti model isotherm tersebut. Proses adsorpsi dengan Isotherm Langmuir merupakan proses kimia yang didasarkan pada lapisan tunggal (*monolayer*). Adapun persamaan pada proses adsorpsi dapat dinyatakan dengan persamaan [3]:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} C_e + \frac{1}{Q_m \cdot KL}$$

Persamaan Langmuir di plot sebagai persamaan linear hubungan antara C_e/Q_e terhadap C_e, sehingga akan diperoleh nilai slope (1/Q_m) dan nilai intersep (1/Q_m.KL), di mana C_e adalah konsentrasi zat warna MB pada kesetimbangan (mg/L), Q_e adalah jumlah adsorbat terjerap terhadap adsorben (mg/g), Q_m adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg / g) dan KL adalah konstanta Langmuir (L/mg). [4]

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan baku yakni ampas tebu, larutan KOH 5N, dan Metilen Biru (MB). Proses pembuatan karbon aktif berbahan baku Ampas tebu dipreparasi dengan tahapan yakni karbonisasi, penghalusan, pengayakan (120 mesh) dan aktivasi secara kimia. Proses aktivasi karbon ampas tebu menggunakan larutan KOH 5N dengan perbandingan 1 : 4 b/v,yang direfluks selama 1 jam pada suhu 150°C. Karbon aktif tanpa aktivasi dan dengan aktivasi dikarakterisasi dengan parameter kadar air, kadar abu, dan daya jerap terhadap zat warna larutan metilen Biru. Proses adsorpsi untuk menjerap zat warna larutan metilen biru dilakukan dengan variasi konsentrasi Metilen biru (1000, 950, 900, 850) mg/L dengan

waktu kontak dimulai dari (20, 40, 60, 80) menit. Karakteristik karbon aktif berupa kadar air, kadar abu, kadar volatile meter dianalisis secara gravimetri dan konsentrasi zat warna larutan metilen Biru dianalisis dengan alat Spektrovotometer UV-VIS pada Panjang gelombang 650 nm. Kadar air dan kadar abu karbon aktif dianalisis dengan metode gravimetri. Penentuan kadar air dengan memanaskan karbon aktif dengan menggunakan oven pada temperature 105°C sampai diperoleh bobot konstan. Kadar air akan dihitung dengan persamaan (1) dan kadar abu dengan persamaan (2) :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat karbon aktif (110}^{\circ}\text{C)}}{\text{Berat karbon aktif (30}^{\circ}\text{C)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu (650}^{\circ}\text{C)}}{\text{Berat karbon aktif (30}^{\circ}\text{C)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan karbon aktif dengan tahapan yakni mengeluarkan air (dehidrasi), pemecahan kandungan senyawa organik menjadi karbon (karbonisasi), dan dekomposisi tar dan pembukaan pori (aktivasi). Kualitas karbon aktif berbahan dasar ampas tebu dikarakterisasi berdasarkan parameter kadar air, kadar abu, kadar volatile meter dan daya jerap terhadap zat warna metilen biru. Adapun hasil karakterisasi karbon tanpa aktivasi dan karbon aktif teraktivasi larutan KOH 5N dapat dilihat pada Table 1.

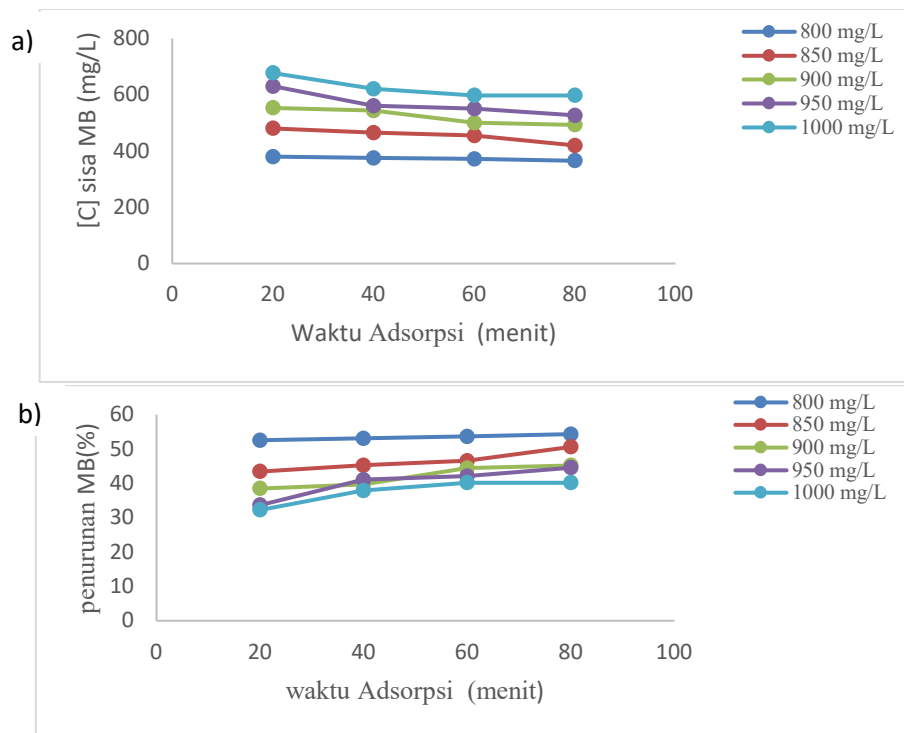
Tabel 1. Karakteristik parameter karbon tanpa aktivasi dan karbon aktif teraktivasi

No.	Parameter	Hasil		Keterangan
		Karbon tanpa aktivasi	Karbon Aktif teraktivasi KOH 5N	
1	Kadar air, %	7,44	4,47	Gravimetri (110°C)
2	Kadar abu, %	4,65	5,30	Gravimetri (650°C)
3	Kadar volatile meter, %	26,88	20,14	Gravimetri (650°C)
4	Daya jerap terhadap MB, mg/g % Removal MB	64 – 86 32-54%	169,91-198,22 96-99%	Spektrovotometer UV-VIS

Hasil karakterisasi karbon aktif memperlihatkan kadar air dan kadar volatile meter pada karbon tanpa aktivasi lebih tinggi (7,44%) dan (26,88%) dibandingkan dengan karbon aktif teraktivasi (4,47%) dan (20,14%). Hal ini disebabkan karena larutan KOH memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi (higroskopis), sementara untuk kadar volatile meter yang merupakan kandungan bahan organik yang mudah menguap pada karbon akan beraksi kuat dengan larutan KOH sebagai activator. Kadar abu untuk karbon tanpa aktivasi lebih kecil dibandingkan karbon aktif yang teraktivasi larutan KOH. Kadar abu merupakan gambaran kandungan anorganik di dalam karbon, misalnya kandungan SiO₂ dalam ampas tebu. Hasil karakteristik dari karbon tanpa aktivasi dan karbon aktif teraktivasi KOH dapat diuji kemampuan penjerapannya dengan menggunakan zat warna dalam hal ini menggunakan larutan metilen biru (MB). Daya jerap karbon tanpa aktivasi terhadap zat warna MB berada pada kisaran 64 – 86 mg adsorbat/g adsorben, dengan % removal MB berkisar 32-54% sedangkan karbon aktif teraktivasi larutan KOH 5N daya jerap terhadap MB dengan kisaran 169,91 - 198,22 mg adsorbat/g adsorben, dan % removal MB 96 -99%.

3.1 Proses Adsorpsi Metilen Biru dengan Karbon Tanpa Aktivasi

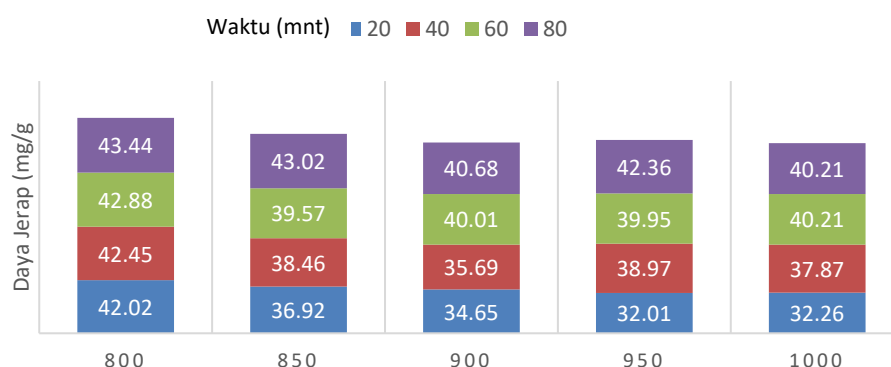
Proses adsorpsi menggunakan karbon tanpa aktivasi dari ampas tebu dengan ukuran 120 mesh. Uji daya jerap karbon terhadap zat warna MB bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon untuk menjerap zat berwarna MB dalam larutan. Uji efektivitas penjerapan karbon tanpa aktivasi terhadap larutan MB dengan konsentrasi awal (800, 850, 900, 950, dan 1000) ppm, dengan waktu adsorpsi 20, 40, 60, dan 80 menit. Hasil proses adsorpsi karbon tanpa aktivasi terhadap larutan metilen biru dengan konsentrasi akhir MB dan persen penurunan (removal) MB dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara waktu adsorpsi dengan konsentrasi sisa MB (a) dan Persen Penurunan MB (b) dengan karbon tanpa aktivasi

Gambar 3 (a) memperlihatkan kemampuan karbon tanpa aktivasi dalam menjerap zat warna pada setiap waktu adsorpsi, dimana proses penjerapan zat warna disepanjang waktu adsorpsi cenderung mengalami penurunan untuk setiap variasi konsentrasi awal MB. Besarnya kemampuan karbon tanpa aktivasi untuk menurunkan zat warna MB dapat dilihat pada Gambar 3 (b), dimana persen penurunan zat warna MB dengan konsentrasi awal 800, 850, 900, 950, 1000 mg/L pada waktu adsorpsi 80 menit berturut-turut sebesar 54,3%, 50,6%, 45,2%, 44,58%, 40,2%. Semakin kecil konsentrasi awal MB maka Kemampuan karbon tanpa aktivasi untuk menurunkan zat warna MB semakin besar (54,3%). Pada konsentrasi awal zat warna MB 1000 mg/L, kemampuan karbon tanpa aktivasi untuk menurunkan zat warna MB sebesar (40,3%) dengan penurunan cenderung mencapai titik jenuh.

Besarnya kemampuan daya jerap karbon (adsorben) terhadap zat warna MB sebagai adsorbat dengan menggunakan karbon tanpa aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.



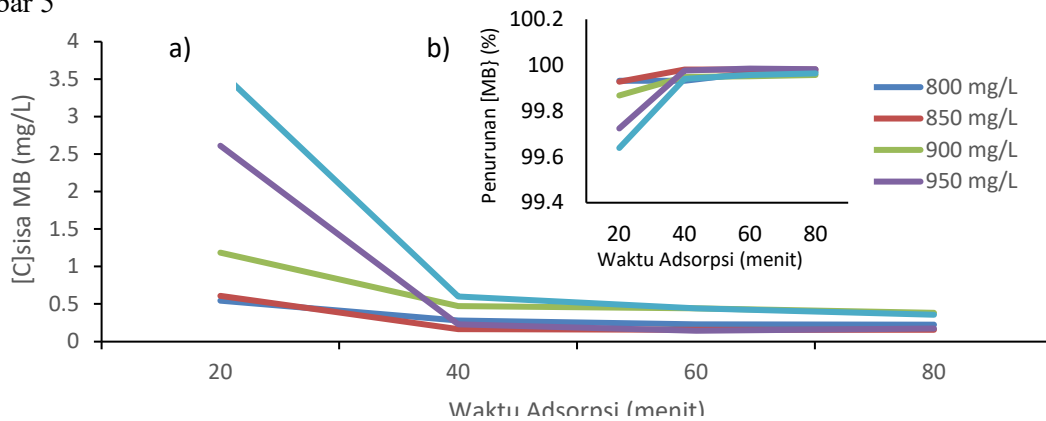
Gambar 4. Hubungan antara waktu adsorpsi dengan daya jerap karbon (adsorben) terhadap zat warna MB (adsorbat) dengan karbon tanpa aktivasi

Kemampuan daya jerap karbon (adsorben) tanpa aktivasi, pada Gambar 4 terlihat bahwa konsentrasi awal zat warna MB yang diproses dari 800 – 950 mg/L untuk waktu adsorpsi dari 20 sampai 80 menit memperlihatkan kecenderungan daya jerap karbon (adsorben) terhadap zat warna (adsorbat) mengalami peningkatan (karbon

belum jenuh) dengan kisaran 32 - 43,4 mg/g. Namun untuk konsentrasi awal metilen biru 1000 mg/L daya jerap adsorben pada jangka waktu adsorpsi 20 sampai 60 menit mengalami peningkatan dari 32,3 – 40,2 mg/g , kemudian pada waktu 60 - 80 menit daya jerap adsorben terhadap adsorbat sudah konstan (40,2 mg/g) ini artinya karbon sudah dalam kondisi jenuh.

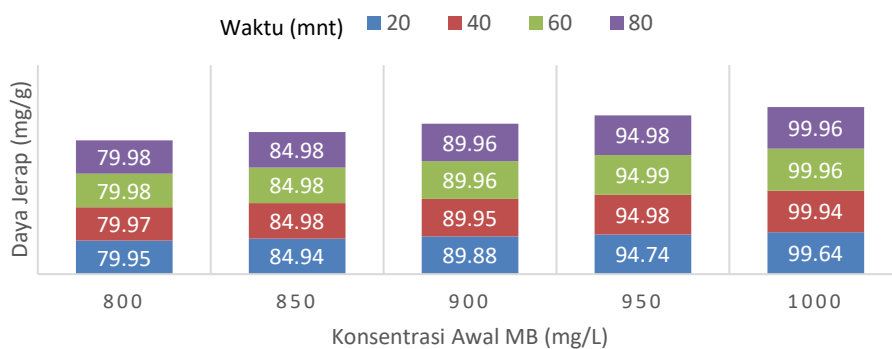
3.2 Proses Adsorpsi Metilen Biru dengan Karbon Teraktivasi KOH

Proses adsorpsi untuk menjerap zat warna MB dilakukan dengan menggunakan karbon aktif teraktivasi larutan KOH 5N. Proses aktivasi karbon bertujuan untuk membuka pori-pori karbon aktif sehingga diperoleh luas permukaan pori dan volume pori yang lebih besar sehingga kemampuan penyerapan semakin besar. Hasil penyerapan karbon aktif untuk mengurangi zat warna MB dalam larutan dan besarnya penurunan zat warna MB dengan konsentrasi awal mulai dari 800 – 1000 mg/L dengan waktu adsorpsi selama 80 menit dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Hubungan antara waktu adsorpsi dengan konsentrasi sisa MB (a) dan Persen Penurunan MB (b) dengan karbon teraktivasi larutan KOH

Kemampuan adsorpsi karbon aktif teraktivasi untuk menjerap zat warna pada waktu kontak 20 sampai 40 menit dengan sisa zat warna MB mengalami penurunan dengan persen penurunan MB mencapai 99,96%. terjadi peningkatan sangat besar (99,96%) dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi (54,29%). Waktu adsorpsi pada waktu 60 – 80 menit cenderung konstan. Semakin besar konsentrasi awal MB maka Kemampuan karbon aktif teraktivasi untuk menurunkan zat warna MB semakin besar (99,96%). Kondisi ini berbanding terbalik dengan kemampuan karbon tanpa aktivasi. Sementara kemampuan daya jerap karbon aktif teraktivasi (adsorben) terhadap zat warna MB (adsorbat) dapat dilihat pada Gambar 6.



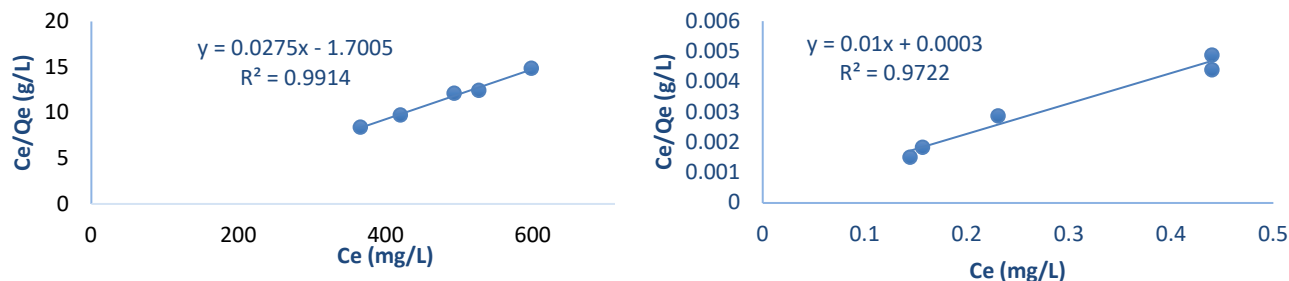
Gambar 6. Hubungan antara Konsentrasi MB awal (adsorbat) dengan daya jerap karbon (adsorben) pada variasi waktu adsorpsi dengan karbon aktif teraktivasi

Kemampuan adsorpsi karbon aktif teraktivasi KOH 5N (adsorben), pada Gambar 6 terlihat bahwa konsentrasi awal zat warna MB yang diproses dari 800 – 1000 mg/L untuk waktu adsorpsi dari 20 sampai 40 menit memperlihatkan daya jerap karbon aktif (adsorben) terhadap zat warna (adsorbat) mengalami peningkatan, kemudian pada waktu kontak 60 – 80 menit cenderung konstan. Daya jerap terbesar diperoleh pada konsentrasi zat warna MB paling tinggi (1000 mg/L) dengan besaran daya jerap sebesar 99,96 mg/g. Kemampuan daya jerap ini, memperlihatkan hasil yang berlawanan dengan kemampuan daya jerap untuk

karbon tanpa aktivasi, di mana pada karbon tanpa aktivasi daya jerap karbon untuk konsentrasi awal MB 1000 mg/L semakin kecil (32,6 mg/g).

3.3 Isoterm Adsorpsi pada Karbon tanpa Aktivasi dan karbon aktif teraktivasi

Menggunakan model isotherm Langmuir dengan model hubungan persamaan garis lurus antara C_e vs C_e/Q_e . Adapun hasil diperoleh seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Hubungan antara C_e terhadap C_e/Q_e dengan karbon tanpa aktivasi (a) dan Karbon aktif teraktivasi KOH (b)

untuk karbon tanpa aktivasi dan karbon aktif teraktivasi KOH 5N seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Konstanta isotherm Langmuir

Konstanta	Karbon Tanpa Aktivasi	Karbon aktif Teraktivasi KOH
	Nilai	Nilai
KL, (L/mg)	-0,016	33,3
Qm, (mg/g)	36,37	100
R ²	0,99	0,97

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Karakteristik karbon tanpa aktivasi dengan kadar air 7,44% kadar abu 4,65%, kadar volatile matter 26,88% dan daya jerap terhadap zat warna MB berada pada kisaran 64 – 86 mg adsorbat/g adsorben, dengan % removal MB berkisar 32-54% dan konstanta isotherm Langmuir Qm 36,37 mg/g, KL -0,016 L/mg dan R² 0,99. Sementara karbon aktif teraktivasi larutan KOH 5N kadar air 4,47%, kadar abu 5,30%, kadar volatile matter 20,14% dengan daya jerap terhadap MB dengan kisaran 169,91 - 198,22 mg adsorbat/g adsorben, % removal MB 96 -99% dengan konstanta isotherm Lagmuir Qm 100 mg/g, KL 33,3 L/mg dan R² 0,97.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dirjen Perkebunan., Tree Crop Estate Statistics of Indonesia 2017-2019 Sugar Cane., Jakarta. 2018.,
- [2] Novitasari. C. D., Astri. A, dan Rigandita E., Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (Bagasse) untuk Produksi Bioetanol Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak. Jurnal Pelita Volume VII., ISSN : 1858-4446. Yogyakarta., (2012).
- [3]. Arena, N., Lee, J., & Clift, R., Life Cycle Assessment of activated carbon production from coconut shells. Journal of Cleaner Production, 125, 68–77., (2016).
- [4]. Marina Olivia Esterlita and Netti Herlina, Pengaruh Penambahan Aktivator Zncl2, Koh, Dan H3po4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata),” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 4, no. 1, pp. 47–52, 2015.
- [5]. L. Nurbaeti, A. T. Prasetya, J. Kimia, U. N. Semarang, and I. Artikel, “Arang Ampas Tebu (Bagasse) Teraktivasi Asam Klorida sebagai Penurun Kadar Ion H₂PO₄-,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 132–139, 2018.
- [6]. G. Titi Candra Sunarti, “Kajian Pembuatan Arang Aktif Berbahan Baku Bagas Tebu Melalui Kombinasi Proses Karbonisasi Hidrotermal Dan Aktivasi Kimia,” *J. Agroindustrial Technol.*, vol. 24, no. 2, pp. 157–165, 2014.
- [7]. J. Latupeirissa, M. F. J. D. P. Tanasale, and S. H. Musa., Kinetics of Blue Methylene Dyes Adsorption Substances By Actived Carbon From Hazelnut Shell (*Aleurites moluccana* (L) Willd),” *Chem. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 12–21, 2018.
- [8]. H. Kristianto., Review: Sintesis Karbon Aktif Dengan Menggunakan Aktivasi Kimia ZnCL₂,” *J. Integr. Proses*, vol. 6, no. 3, pp. 104–111, 2017.
- [9]. E. F. Jaguaribe, L. L. Medeiros, M. C. S. Barreto, and L. P. Araujo, “The performance of activated carbons

- from sugarcane bagasse, babassu, and coconut shells in removing residual chlorine,” *Brazilian J. Chem. Eng.*, vol. 22, no. 1, pp. 41–47, 2005.
- [10]. Y. Xiang, M. Gao, T. Shen, G. Cao, B. Zhao, and S. Guo, “Comparative study of three novel organo-clays modified with imidazolium-based gemini surfactant on adsorption for bromophenol blue,” *J. Mol. Liq.*, vol. 286, 2019.
- [11]. M. L. Firdaus, N. Krisnanto, W. Alwi, R. Muhammad, and M. Allan, “Adsorption of Textile Dye by Activated Carbon Made from Rice Straw and Palm Oil Midrib,” vol. 6, no. April, pp. 1–7, 2017.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Direktur dan Ketua Unit Penelitian dan pengabdian kepada masyarakat Politeknik Negeri Ujung Pandang, atas kepercayaannya untuk membiayai kegiatan Penelitian ini, dengan Nomor: Nomor : B/32/PL.10.13/PT.01.05/2021, tanggal 23 April 2021.