

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif berbasis eksperimen pada skala laboratorium. Tahapan penelitian meliputi pembuatan dan aktivasi adsorben ampas tebu, perancangan reaktor *fixed bed column*, serta uji adsorpsi limbah cair. Analisis dilakukan terhadap kadar warna dan *Total Dissolved Solids* (TDS) untuk menentukan efisiensi penurunan konsentrasi pencemar.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Remediasi dan Monitoring Kualitas Air serta Laboratorium Pengolahan Limbah Padat dan B3 Universitas Jember. Kegiatan penelitian ini berlangsung selama periode Januari hingga Juni 2026.

3.3 Alat dan Bahan

Bahan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ampas tebu, limbah cair laboratorium, larutan aktivator (Na_2CO_3 dan H_3PO_4), Kalium heksakloroplatinat (K_2PtCl_6), Kobal klorida ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), Natrium hidroksida (NaOH), aquadest, aluminium foil, *glass wool* dan kertas saring. Sedangkan alat penelitian yang digunakan yaitu erlenmeyer, beaker glass, gelas ukur, pipet volume, pipet mikrometer, corong, cawan petri, ayakan 100 mesh, neraca analitik, oven, *furnace*, *vacuum pump*, *peristaltic pump*, pH meter, desikator, *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) *fixed bed column reactor*, dan Spektrofotometri UV-Vis.

3.4 Pengumpulan Data dan Variabel Penelitian

Data yang diperoleh berupa data kuantitatif hasil pengujian dan pengukuran sampel. Analisis kadar warna dan TDS dilakukan sesuai standar yang berlaku, dengan variabel penelitian tercantum pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Variasi	Referensi
Variabel Bebas	- Ketebalan kolom (5, 7, dan 9 cm) - Aktivator basa (Na_2CO_3) dan asam (H_3PO_4)	(Sylvia <i>et al.</i> , 2025) (Ngapa, 2017) (Asti Rahayu <i>et al.</i> , 2024)
Variabel Terikat	- Konsentrasi warna akhir - Kandungan TDS pada air limbah	
Variabel Kontrol	- Konsentrasi awal limbah laboratorium - Flow rate (9 ml/menit) - Diameter kolom (1 inch)	(Renu <i>et al.</i> , 2020) (Mistar <i>et al.</i> , 2023)

3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian disusun untuk menentukan jumlah sampel dan jenis perlakuan berdasarkan variabel yang telah ditetapkan. Penelitian dilakukan dengan dua kali pengulangan, dengan total 14 variasi pengujian adsorpsi sebagaimana tercantum pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Rancangan Penelitian

Jenis Aktivator	Ketebalan Media Adsorpsi (cm)			
	Kontrol tanpa media 0 cm (H0)	5 cm (H1)	7 cm (H2)	9 cm (H3)
Na_2CO_3 (A1)		A1H1 A	A1H2 A	A1H3 A
	H0 A	A1H1 B	A1H2 B	A1H3 B
H_3PO_4 (A2)	H0 B	A2H1 A	A2H2 A	A2H3 A
		A2H1 B	A2H2 B	A2H3 B

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan tahapan penelitian yang terdiri atas tahap persiapan pembuatan adsorben ampas tebu, uji karakteristik adsorben, pembuatan *fixed bed column* dan analisis data. Diagram alir prosedur penelitian yang dilakukan tertera pada lampiran 1.

3.6.1 Preparasi Ampas Tebu

Limbah ampas tebu yang diperoleh dari penjual es tebu dipotong dengan ukuran seragam, kemudian dicuci menggunakan akuades. Ampas tebu selanjutnya dikeringkan selama ± 3 hari hingga kadar airnya berkurang kemudian dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 500°C selama 1 jam, digerus, dan diayak dengan ayakan 100 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang homogen (Hasanah *et al.*, 2022).

3.6.2 Pembuatan Reaktor

Penelitian ini menggunakan satu unit reaktor dengan variasi tinggi media, sedangkan debit aliran yang keluar dari penampungan awal ditetapkan sebesar 5 mL/menit. Gambar reaktor disajikan pada Lampiran 2.

3.6.3 Aktivasi Adsorben

Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang ampas tebu dalam larutan H_3PO_4 0,51 M (Hasanah *et al.*, 2022) dan Na_2CO_3 0,6 M (Sherendita N, 2025) selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian dicuci hingga pH netral, dikeringkan pada 105 °C selama 2 jam hingga berat konstan, dan digunakan pada tahap adsorpsi.

3.6.4 Karakterisasi Karbon Aktif Ampas Tebu

Karbon aktif ampas tebu yang telah diaktivasi dikarakterisasi melalui pengujian kadar air dan kadar abu mengacu pada SNI 06-3730-1995, serta analisis morfologi dan komposisi unsur menggunakan SEM-EDX untuk mengetahui struktur pori dan unsur penyusunnya (Hasanah *et al.*, 2022).

3.6.5 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan menggunakan kolom tipe *fixed bed* dengan variasi tinggi kolom dan jenis aktivator, di mana limbah cair dialirkan secara kontinu pada laju 9 mL/menit, kemudian dianalisis konsentrasi TDS dan warna sebelum dan sesudah proses untuk menentukan efisiensi penyisihan.

3.6.6 Analisis Kadar TDS

Analisis *Total Dissolved Solids* (TDS) dilakukan untuk menentukan jumlah padatan terlarut dalam sampel dengan metode gravimetri mengacu pada SNI 6989.27:2019 tentang cara uji padatan terlarut total secara gravimetri, yaitu melalui penyaringan, penguapan, dan pemanasan hingga berat konstan, kemudian ditimbang untuk menghitung konsentrasi dalam mg/L. Mekanisme analisis kadar TDS dapat dilihat pada Lampiran 3. Pengujian Kadar *Total Dissolve Solid* (TDS)

3.6.7 Analisis Kadar Warna

Analisis kadar warna diukur menggunakan spektrofotometer sesuai standar SNI 6989.80:2011 Sampel disaring untuk mendapatkan warna sebenarnya, kemudian absorbansinya dibaca pada panjang gelombang antara 450–465 nm. Nilai absorbansi dibandingkan dengan larutan standar Pt-Co untuk menentukan tingkat

warna dalam satuan unit Pt-Co. Mekanisme analisis kadar warna dapat dilihat pada Lampiran 4. Pengukuran Warna Air Berdasarkan SNI 6989.80:2011.

3.6.8 Analisis Efisiensi Penyisihan TDS dan Warna

Efisiensi penyisihan TDS dan warna dihitung dengan membandingkan konsentrasi sebelum dan sesudah adsorpsi untuk menilai kemampuan karbon aktif ampas tebu dalam menurunkan zat terlarut. Perhitungan efisiensi dapat dilihat dari Persamaan 3.1.

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

C_0 : Konsentrasi awal TDS dan warna sebelum adsorpsi (mg/L)

C_t : Konsentrasi TDS dan warna setelah adsorpsi (mg/L)