

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam kehidupan, udara merupakan salah satu faktor utama yang sangat penting bagi semua makhluk hidup termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Tidak ada satupun makhluk hidup yang dapat bertahan tanpa udara. Udara bersih sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia karena berbagai alasan, diantaranya yaitu menyehatkan sistem pernapasan, menurunkan berbagai risiko penyakit kronis, memperpanjang usia, serta meningkatkan suasana hati dan dapat meningkatkan fokus (Nugroho dkk., 2023). Namun saat ini, kualitas udara telah berubah secara drastis seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang industri otomotif (Ismiyati dkk., 2014). Salah satu penyebab pencemaran udara yaitu emisi gas yang berasal dari knalpot kendaraan bermotor (Gunawan dkk., 2020). Umumnya sebanyak 70% polusi udara yang ada di kota besar berasal dari kendaraan bermotor (Ramadhan & Hartono, 2020).

Kendaraan bermotor di Indonesia baik roda dua maupun roda empat diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya (Seprihadaniansyah dkk., 2018). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2020), jumlah kendaraan bermotor di Sumatera Utara yaitu sebanyak 62.296 mobil penumpang, 1.690 bus, 24.755 truk dan 463.305 sepeda motor dengan jumlah keseluruhan yaitu sebesar 552.046 kendaraan bermotor. Dari peningkatan tersebut akan berdampak buruk pada peningkatan emisi gas buang yang berpotensi dalam mencemari udara lingkungan sekitar. Emisi gas buang kendaraan merupakan produk sampingan dari sisa hasil pembakaran yang dihasilkan mesin kendaraan bermotor (Syahruji & Ghofur, 2019).

Kendaraan bermotor menghasilkan polutan berupa gas karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO₂), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida (CO₂) yang merupakan faktor utama yang menyebabkan pencemaran udara. Setiap unsur tersebut memiliki potensi untuk mencemari lingkungan sekitar, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan bagi manusia. Karena sifat fisiknya yang tidak memiliki rasa, warna, atau bau maka dari itu karbon monoksida (CO) merupakan gas yang dihasilkan dari pembakaran yang

tidak sempurna dan dikenal sebagai *silent killer*. Paparan CO dalam jumlah besar dapat dengan cepat mengakibatkan kematian pada manusia. Kemampuan darah untuk membawa oksigen dapat berkurang ketika hemoglobin pada manusia bergabung dengan senyawa kimia yang ditemukan dalam gas CO. Dalam waktu 30 menit, gas CO dapat berakhir dengan kematian jika berada pada konsentrasi 1 bagian gas CO dalam 800 bagian udara (Dewanti, 2018; Rahmah, 2019).

Berbagai pencegahan telah dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi tingkat pencemaran yang ada di udara. Salah satunya yaitu pembuatan katalitik konverter pada kendaraan bermotor (Fiqhi, 2020). Konverter katalitik merupakan sebuah alat berfungsi sebagai pengubah emisi gas buang, berupa gas karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO_x), melalui proses katalitik menjadi senyawa yang tidak berbahaya (Hamid *et al.*, 2022). Sayangnya, biaya teknologi *catalytic converter* yang cukup tinggi membuat penggunaannya pada kendaraan bermotor masih sangat terbatas dan kurang populer. Tingginya biaya dalam pembuatan *catalytic converter* tersebut dikarenakan bahan yang digunakan berupa logam mulia seperti platinum (Pt) dan rhodium (Rh) yang memiliki luas permukaan spesifik sangat besar sehingga dapat berfungsi dalam mengurangi emisi gas buang hingga 98-99% (Sanata, 2016; Budiyo, 2020).

Pada dasarnya, filter gas emisi kendaraan bermotor dibuat dengan bahan yang memiliki sifat katalis dan bahan yang dapat menyerap emisi gas (Merisa *et al.*, 2013). Filter gas emisi buang kendaraan bermotor dapat dibuat dengan zeolit sebagai katalis dalam mengurangi emisi gas CO and SO₂ (Hamid dkk., 2021). Zeolit yang memiliki struktur berongga dan berpori dapat meningkatkan efisiensi konversi, sehingga dapat menjadikannya sebagai katalis yang efektif digunakan dalam konverter katalitik. Zeolit juga memiliki karakteristik yang dapat membantu mempercepat regenerasi katalis dari keracunan sulfur selama pembakaran CH₄ dan meningkatkan toleransi katalis terhadap penghambatan air (Marisa *et al.*, 2013; Ho *et al.*, 2022). Penelitian yang dilakukan Satpute dkk., (2022) mengenai pengurangan emisi gas dengan menggunakan zeolit sebagai katalis, menunjukkan bahwa zeolit pada konverter katalitik dapat mengkonversi gas NO sebesar 100% pada suhu 280°C, 54,8% untuk CO pada suhu 315°C, dan 52% untuk gas HC pada suhu 500°C. Selain itu, penelitian mengenai zeolit sebagai katalis pada konverter

katalitik juga dilakukan oleh hammid (2022) dengan efisiensi reduksi CO sebesar 46,14%, efisiensi reduksi NO_x sebesar 22,77%, dan efisiensi reduksi SO₂ sebesar 22,77%.

Silika dan alumina yang didalamnya meliputi basa organik dan alkali hidroksida dapat digunakan dalam sintesis zeolit (Baidhowi dkk., 2021). Sekam padi yang merupakan salah satu jenis limbah pertanian dapat diekstraksi silikanya untuk digunakan dalam sintesis zeolit (Azlin & Syufiana, 2022). Menurut data Badan Pusat Statistik Kementerian Pertanian Indonesia menunjukkan bahwa produktivitas rata rata padi pada tahun 2018 mencapai angka 53,54 Ku/Ha. Sekam padi merupakan produk samping dari penggilingan padi yang jumlahnya mencapai 20% dari total limbah sekam padi, dengan persentase kandungan silika sebanyak 87%-97% dari berat kering setelah mengalami pembakaran total (Agung, dkk., 2013; Handayani dkk., 2014). Limbah sekam padi dengan kandungan silika yang tinggi dan berlimpah, dapat menjadikannya sebagai bahan baku yang berguna dalam sintesis zeolit (Deviani dkk., 2018). Metode yang biasanya digunakan dalam sintesis zeolit yaitu metode hidrotermal, dikarenakan metode tersebut merupakan suatu proses yang relatif sederhana dan murah untuk dilakukan dan hanya diperlukan suhu yang lebih rendah (Khaleque *et al.*, 2020).

Penelitian mengenai sintesis zeolit X menggunakan metode hidrotermal telah dilakukan oleh Krisnawati dkk., (2018), dimana zeolit X terbentuk sempurna pada temperatur optimal sebesar 160°C dengan struktur tumpukan tetrahedral. Selain itu penelitian mengenai sintesis zeolit X telah dilakukan oleh Jahro *et al.*, (2024) sintesis zeolit dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal dalam keadaan basa alkali, dimana diharapkan dengan menggunakan metode ini dapat dihasilkan zeolit X dengan tingkat kemurnian dan derajat kristalinitas yang memenuhi syarat untuk pembuatan konverter katalitik. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa dengan metode hidrotermal zeolit X berhasil disintesis dengan derajat kristalinitas sebesar 66,75% dan tingkat kemurnian yang tinggi.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja konverter katalitik dalam menurunkan tingkat emisi gas buang yaitu katalis yang digunakan didalamnya. Suatu media yang berperan sebagai katalis, diharapkan dapat mempercepat perubahan reaksi kimia (Irawan, 2013; Oktabri, 2019; Robles-Lorite *et al.*, 2023).

Suatu katalis pada konverter katalitik, dapat meningkatkan laju reaksi kimia dan berperan seperti agen untuk mengurangi energi aktivasi reaksi. Pada konverter katalitik, katalis harus memiliki ketahanan terhadap korosi pada suhu yang sangat tinggi. Semakin besar titik leleh dan konduktivitas termal suatu bahan, maka semakin baik kualitas bahan tersebut digunakan sebagai katalis. Dalam penggunaannya, katalis yang digunakan harus memiliki ketahanan terhadap racun dan penonaktifan yang disebabkan oleh kelembaban, efektivitas biaya, serta kurang stabil (Dhey & Dhay, 2020; Prasetyo & Fahrurrozi, 2020).

Penelitian tentang pembuatan dan karakterisasi konverter katalitik sebagai penyerap gas emisi hasil pembakaran kendaraan bermotor telah dilakukan sebelumnya oleh Kurniawan (2018). Pembuatan konverter katalitik dilakukan dengan variasi pencampuran antara limbah padat pulp dan zeolit X dalam komposisi dan kondisi yang optimal dengan perbandingan 1:1; 1:2; dan 1:3 dan dengan variasi jumlah lubang pada konverter katalitik yaitu 3, 5, dan 7. Hasil karakterisasi konverter katalitik menunjukkan konverter katalitik dengan variasi pencampuran 1:2 dan variasi jumlah lubang 7 (tujuh) memiliki daya serap terhadap CO sebesar 17,18 hingga 28,12%, HC berkisar antara 22,58 hingga 33,17%, CO₂ berkisar antara 7,2 hingga 20,8% dan penambahan oksigen dengan dalam kisaran 84,73 hingga 306,87%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, masih ada peluang atau kemungkinan untuk mengoptimalkan daya kinerja konverter katalitik melalui variasi pencampuran limbah padat pulp dan zeolit X maupun variasi jumlah lubang pada konverter katalitik.

PT. Toba Pulp Lestari, Tbk yang berlokasi di Desa Sosor Ladang, Pangombusan Porsea, Kecamatan Parmaksian, Kabupaten Toba Samosir, Sumatera Utara, merupakan satu-satunya perusahaan pulp yang hanya memproduksi bubur kertas (Pulp) menggunakan bahan baku kayu *eucalyptus*. Industri tersebut menghasilkan limbah cair, padat, maupun gas yang dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Limbah padat pulp yang mengandung lignin yang mengendap di dalam tanah dapat menyebabkan pencemaran tanah sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem (Mandal *et al.*, 2019; Pangaribuan & Freddy, 2021). Kandungan lignoselulosa yang tinggi pada limbah padat pulp dapat memberikan kekuatan mekanik terhadap bahan bangunan seperti semen dan

keramik (Mandal *et al.*, 2023). Maka dari itu, limbah padat pulp yang mengandung lignin dapat dimanfaatkan dalam memberikan kekuatan mekanik pada pembuatan konverter katalitik untuk mengubah gas hasil samping kendaraan bermotor.

Berdasarkan uraian diatas, penulis melakukan penelitian pembuatan dan karakterisasi konverter katalitik dengan perlakuan variasi rasio limbah padat pulp dan zeolit X yaitu 1:5; 2:5; 3:5 dan 4:5 dengan jumlah lubang 7. Konverter katalitik yang dihasilkan diuji kinerjanya berupa daya serap terhadap gas emisi hasil pembakaran kendaraan bermotor dan sifat mekaniknya berupa daya tahan konverter katalitik terhadap tekanan dan suhu. Oleh karena iut penelitian ini diberi judul **“Pengaruh Rasio Zeolit X dengan Limbah Padat Pulp Terhadap Kualitas Konverter Katalitik”**.

1.2. Ruang Lingkup

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang telah dibahas maka ruang lingkup pada penelitian meliputi pembuatan dan karakterisasi konverter katalitik. Pembuatan konverter katalitik dilakukan perlakuan variasi rasio limbah padat pulp dan zeolit X sebesar 1:5; 2:5; 3:5 dan 4:5 dengan jumlah lubang 7. Adapun karakterisasi konverter katalitik mencakup kinerjanya berupa daya serap terhadap gas emisi hasil pembakaran kendaraan bermotor dan sifat mekaniknya berupa daya tahan konverter katalitik terhadap tekanan dan suhu.

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berlangsung dengan efektif dan mencapai sasaran yang diharapkan maka dari itu maka penelitian dibatasi pada :

1. Sintesis zeolit X dari abu hasil pembakaran sekam padi dengan komposisi dan kondisi yang optimum.
2. Konverter katalitik dipreparasi dari limbah padat pulp dan zeolit X.
3. Variasi pencampuran zeolit X dan limbah padat pulp dilakukan dengan rasio yaitu, 1:5; 2:5; 3:5 dan 4:5 (w/w).
4. Karakterisasi zeolit X diukur dengan menggunakan XRD dan FTIR, kemudian konverter katalitik diukur sifat mekanik dan aktifitas kinerjanya menggunakan *gas analyzer*.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kualitas zeolit X hasil sintesis dari abu sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh rasio pencampuran zeolit X dan limbah padat pulp terhadap kinerja konverter katalitik?
3. Bagaimana pengaruh rasio pencampuran zeolit X dan limbah padat pulp terhadap sifat mekanik konverter katalitik?

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Kualitas zeolit X hasil sintesis dari abu sekam padi.
2. Pengaruh rasio pencampuran zeolit X dan limbah padat pulp terhadap kinerja konverter katalitik.
3. Pengaruh rasio pencampuran zeolit X dan limbah padat pulp terhadap sifat mekanik konverter katalitik.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat secara teoritis dan praktis, adapun manfaat penelitian secara teoritis yaitu (1) Memperkaya khazanah ilmu pengetahuan, (2) Memberikan informasi dan masukan khususnya bagi mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA UNIMED mengenai sintesis dan karakterisasi konverter katalitik baik dengan katalis zeolit X dari abu limbah sekam padi ataupun dari bahan lainnya. Sedangkan manfaat secara praktis dari penelitian ini yaitu (1) Didapatkan konverter katalitik yang berkualitas dengan menggunakan bahan yang murah dan terjangkau, (2) Bermanfaat sebagai alternatif untuk mengurangi emisi gas hasil pembakaran kendaraan bermotor.