

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Sektor transportasi Indonesia mengalami pertumbuhan eksponensial dalam dua dekade terakhir. Data BPS tahun 2023 mencatat 152,7 juta kendaraan bermotor, dengan Jakarta menyumbang 23 juta unit - naik hampir 30% sejak 2018. Menurut Kementerian ESDM tahun 2024, 11 juta mobil menghasilkan 35 juta ton emisi CO₂ tahunan, sementara truk 50 juta ton per tahun. Laporan *Systemiq* bersama *ClimateWorks* dan ITB (2025) menunjukkan transportasi berkontribusi 60% polusi udara Jakarta. Gas buang mengandung karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), dan partikulat halus yang berdampak kesehatan manusia dan ekosistem. Studi IESR (2024) menunjukkan tanpa perubahan, beban polusi bisa meningkat berkisar 30-40% pada 2030. Menurut laporan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2024, 11 juta mobil di jalanan Indonesia saat ini menghasilkan lebih dari 35 juta ton emisi CO₂, sementara truk mengeluarkan lebih dari 50 juta ton emisi CO₂ per tahun. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sektor transportasi telah menjadi kontributor emisi terbesar dan memerlukan penanganan yang mendesak.

Catalytic converter merupakan teknologi untuk mengubah CO, HC, dan NO_x menjadi CO₂, H₂O, dan N₂ melalui oksidasi - reduksi gas buang kendaraan bermotor. Teknologi konvensional *catalytic converter* menggunakan logam mulia seperti *platinum*, *palladium*, dan *rhodium*, namun harga sangat mahal dan ketersediaan terbatas di Indonesia. Maka dari itu dibutuhkan material alternatif yang masih tersedia dan dapat dijangkau oleh seluruh kalangan pengguna kendaraan bermotor. Material alternatif yang dimaksud seperti zeolit alam, tembaga, dan kuningan berpotensi menjadi katalis yang terjangkau.

Penelitian Widihati et al. (2021) membuktikan zeolit mangan termodifikasi TiO₂ menurunkan CO 58,14% dan HC 45,81%. Daryono dan Darmanto (2022) menguji pelat tembaga spiral mencapai reduksi CO 29,9%

dan HC 33,9%. Zeolit *clinoptilolite* menarik perhatian karena struktur berpori dan stabilitas termal tinggi. Penelitian Ronaldo (2008) serta Siregar, Syam, and Mustafa (2019) membuktikan zeolit mampu menurunkan CO dan HC melalui adsorpsi dan katalisis oksidatif. Penelitian Widihati et al. (2021) menemukan kombinasi zeolit dengan logam meningkatkan efektivitas oksidasi. Tembaga (Cu) dan kuningan (Cu-Zn) menghantarkan panas baik dan mempercepat reaksi oksidasi.

Penelitian terdahulu fokus satu material katalis tunggal. Penelitian ini menggunakan kombinasi multimaterial berupa zeolit *clinoptilolite* dengan tembaga dan kuningan untuk meningkatkan efisiensi konversi CO, HC, dan NO_x. Desain geometri pelat spiral memperbesar luas permukaan kontak dan waktu tinggal gas buang. Prasetyo et al. (2022) menunjukkan bahan bakar RON tinggi seperti Pertamina (92) dan Pertamina Turbo (98) menghasilkan pembakaran sempurna dan menurunkan CO serta HC. Fenomena ini terkait stoikiometri pembakaran - kondisi ideal di mana bahan bakar terbakar sempurna.

Pengembangan katalis multimaterial berbasis material lokal menjadi kebutuhan mendesak. Penelitian Cholilulloh and Warju (2014) menemukan katalis logam Cu+Cr menurunkan emisi CO dan HC pada mesin bensin, memberikan preseden untuk eksplorasi kombinasi material lainnya. Dengan rancangan multimaterial dan optimasi geometri, penelitian ini menghasilkan catalytic converter alternatif lebih efektif dan ekonomis untuk kendaraan penumpang Indonesia, khususnya armada lama. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menilai kinerja katalis multimaterial berbasis zeolit alam, tembaga, dan kuningan dalam menurunkan kadar emisi gas buang mesin bensin, dengan memperhatikan aspek stoikiometri reaksi katalitik dan kondisi operasi mesin.

Untuk mengetahui perbedaan penggunaan *catalytic converter* pada knalpot kendaraan bermotor, maka penulis menyusun Kertas Kerja Wajib yang berjudul **"STUDI EKSPERIMENTAL REDUKSI EMISI GAS BUANG OLEH KATALIS MULTIMATERIAL BERDASARKAN STOIKIOMETRI REAKSI KATALITIK MESIN BENSIN"**

I.2. Rumusah Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apa pengaruh penggunaan katalis zeolit *clinoptilolite*, tembaga, dan kuningan terhadap penurunan emisi gas buang CO dan HC pada mesin bensin?
2. Bagaimana variasi bentuk dan jumlah pelat katalis memengaruhi efektivitas proses konversi gas buang pada *catalytic converter*?
3. Sejauh mana perbedaan nilai RON bahan bakar memengaruhi efisiensi pembakaran stoikiometrik serta perubahan kadar emisi gas buang mesin bensin?

I.3. Batasan Masalah

Dari ruang lingkup penelitian ini, maka dapat diambil beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas pengaruh penggunaan katalis berbasis zeolit, tembaga, dan kuningan pada *catalytic converter* terhadap kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC).
2. Pengujian dilakukan pada mesin empat langkah menggunakan alat *gas analyzer* dengan kondisi operasi terbatas pada putaran mesin *idle* (800 rpm), 1500 rpm, dan 3000 rpm, tanpa variasi beban tinggi
3. Jenis katalis yang digunakan adalah *clinoptilolite* yang dikombinasikan dengan logam kuningan (Cu-Zn) dan tembaga (Cu).
4. Analisis pembakaran melihat hubungan antara udara dan bahan bakar dengan emisi yang dihasilkan. Hasil ini dikombinasikan dengan data *XRD* dari laboratorium untuk menjelaskan bagaimana struktur material katalis membantu mengurangi polusi.
5. Jenis bahan bakar yang digunakan hanya dibatasi pada bensin dengan nilai RON 90, 92, dan 98, tanpa membahas campuran etanol atau zat aditif lain.
6. Parameter lain seperti temperatur katalis, tekanan gas buang, dan kadar NO_x tidak dianalisis secara detail, tetapi dianggap konstan selama pengujian.

7. Desain *catalytic converter* hanya divariasikan pada jumlah dan bentuk pelat katalis, tanpa perubahan signifikan pada ukuran ruang atau volume knalpot.
8. Kendaraan yang digunakan adalah Suzuki *Carry Pick Up* tahun

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh penggunaan katalis zeolit *clinoptilolite*, tembaga, dan kuningan terhadap penurunan emisi gas buang CO dan HC pada mesin bensin.
2. Mengetahui pengaruh variasi bentuk dan jumlah pelat katalis terhadap efektivitas proses konversi gas buang pada *catalytic converter*.
3. Mengevaluasi sejauh mana perbedaan nilai RON bahan bakar memengaruhi efisiensi pembakaran stoikiometrik dan perubahan kadar emisi gas buang mesin bensin.

I.5. Manfaat Penelitian

Pada kegiatan penelitian ini diharapkan peneliti dapat memberikan manfaat, adapun manfaat yang diberikan antara lain :

1. Manfaat bagi penulis

Penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam menerapkan konsep stoikiometri reaksi katalitik dan proses reduksi emisi gas buang pada mesin bensin. Selain itu, penelitian ini memperluas wawasan penulis tentang penerapan material alternatif seperti zeolit, tembaga, dan kuningan dalam *catalytic converter*, serta meningkatkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah di bidang teknik otomotif.

2. Manfaat bagi masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai alternatif teknologi penurun emisi gas buang yang murah dan mudah diterapkan. Dengan penerapan material katalis lokal dan desain sederhana, masyarakat dapat memahami pentingnya pengendalian emisi kendaraan bermotor untuk menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan sehat.

3. Manfaat bagi civitas akademika

Penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah dan bahan pembelajaran dalam pengembangan inovasi teknologi ramah lingkungan di bidang otomotif. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian lanjutan terkait pengembangan *catalytic converter*, efisiensi pembakaran stoikiometrik, dan pengendalian polusi udara di lingkungan kampus.

I.6. Sistematika Penulisan

Penulisan dari Kertas Kerja Wajib ini disusun menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi mengenai Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi mengenai penelitian relevan dan teori terkait *Catalytic converter*, emisi gas buang kendaraan bermotor, stoikiometri reaksi katalitik pada mesin bensin, Prinsip dasar *catalytic converter*, Material katalis dalam sistem konverter, karakterisasi fisik dan kimia katalis, mekanisme reaksi pada permukaan katalis, desain geometri dan struktur katalis, pengujian kinerja katalis pada mesin, yang menjadi dasar panduan dalam menganalisis permasalahan serta menjelaskan hubungan antarvariabel berdasarkan teori yang relevan.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini berisi mengenai Lokasi dan Waktu Penelitian, Jenis Penelitian, Alat dan Bahan Penelitian, Metode Pengumpulan Data, Metode Pengolahan Data, dan Diagram Alir Penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi mengenai uraian hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi mengenai uraian kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil, pengolahan data dan pembahasan.

Daftar Pustaka

Bab ini berisi seluruh sumber referensi yang digunakan dalam penyusunan penelitian, baik dari buku, jurnal, maupun sumber daring terpercaya. Penulisannya mengikuti format APA edisi ke-7 agar sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah. Bagian ini disusun untuk menunjukkan dasar teori yang mendukung penelitian serta sebagai bentuk penghargaan terhadap karya ilmiah sebelumnya. Dengan demikian, daftar pustaka menjadi bagian penting yang memperkuat landasan dan keabsahan penelitian ini.