

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Data Kementerian ESDM Tahun 2021 bahwa selama 1 dekade terakhir (2011 s.d 2021) produksi minyak bumi mengalami penurunan sebesar 27% (88 Juta Barell), sementara kebutuhan BBM khususnya sektor transportasi diprediksi akan terus meningkat dengan rata-rata peningkatan 5% per tahun (DEN, 2019). Untuk menutupi defisit penyediaan dan permintaan tersebut Pemerintah Indonesia melakukan impor BBM. Data BPS menunjukkan sepanjang periode 2011-2022, volume impor migas nasional telah meningkat 9,18% (4.013 Ribu Ton). Peningkatan impor tersebut menyebabkan ketahanan energi nasional rentan terhadap fluktuasi harga dan pasokan minyak mentah dunia. Selain issue ketahanan energi, pemakaian BBM berbasis fosil menimbulkan issue lingkungan yaitu emisi gas buang kendaraan yang dapat memicu efek gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global. Dalam rangka meningkatkan ketahanan energi dan perbaikan kualitas lingkungan, Pemerintah Indonesia menetapkan target bauran energi pada tahun 2025 sebesar 23% untuk pemakaian Energi Baru Terbarukan (EBT). Salah satu kebijakan Pemerintah untuk meningkatkan pemakaian EBT adalah dengan Program *Mandatory* Biodiesel. Dimulai pada Tahun 2008 Indonesia sudah menerapkan pencampuran Biodiesel sebesar 2,5% dan pada Tahun 2015 melalui dukungan Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain, target minimal pencampuran adalah 30% dan pada awal tahun 2023 sudah ter-implementasi pencampuran Biodiesel sebesar 35% (B35). Sesuai program Pemerintah, rasio pencampuran biodiesel akan terus ditingkatkan tergantung hasil kajian kelayakan teknis, ekonomis dan lingkungan. Rasio pencampuran biodiesel yang semakin tinggi akan berpengaruh terhadap kinerja mesin diesel karena biodiesel memiliki nilai kalori yang rendah, viskositas dan density yang tinggi dibanding minyak diesel (Fareed et.al, 2024). Disisi lain kandungan oksigen yang tinggi dan sulfur yang rendah pada biodiesel akan menyebabkan pembakaran lebih sempurna sehingga menghasilkan emisi gas buang menjadi lebih baik dibanding minyak diesel (Gad et.al, 2020). Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk melihat karakteristik kinerja dan emisi mesin diesel dengan rasio campuran biodiesel yang lebih tinggi.

Penelitian terkait prediksi kinerja dan emisi mesin diesel telah banyak dilakukan. Penelitian dengan percobaan/eksperimen akan banyak menghabiskan waktu dan biaya. Salah satu *tools* yang dapat digunakan untuk memprediksi kinerja dan emisi gas buang mesin diesel adalah dengan *Artificial Neural Network (ANN)*. Para peneliti telah menggunakan teknik ANN ini untuk aplikasi disemua bidang termasuk otomotif. Beberapa penelitian terkait sebelumnya diantaranya dilakukan oleh Santhosh, et.al, 2021, meneliti bahwa pemodelan ANN dengan algoritma *Extreme Learning Machine (ELM)* untuk prediksi kinerja mesin dan emisi cukup akurat. Patnaik et.al, 2024, meneliti kinerja dan emisi mesin pembakaran kompresi berbahan bakar biodiesel *Waste Cooking Oil (WCO)* berbasis ANN dengan algoritma *Levenberg-Marquardt Backpropagation*, hasilnya bahwa tipe model yang paling sesuai untuk masing-masing parameter tergantung jumlah neuron dalam *hidden layer*. Bukkarap et.al, 2023 melakukan optimasi campuran biodiesel untuk meningkatkan kinerja dan menurunkan emisi mesin diesel menggunakan metoda *Support Vector Regression*,

hasilnya bahwa optimasi campuran biodiesel didapatkan kinerja dan emisi yang lebih rendah dibanding minyak diesel.

Dari semua penelitian yang telah dilakukan terdapat *gap* penelitian yaitu penggunaan metode/algoritma dan *tools software* yang digunakan. Pada penelitian ini Penulis akan melakukan prediksi kinerja dan emisi mesin diesel menggunakan ANN algoritma *Resilient Backpropagation (Rprop)* dengan bantuan *software* Rstudio. Algoritma Rprop dikenal memiliki keunggulan dibanding metode *backpropagation* dikarenakan efisien dan akurat serta mudah diimplementasikan. Sumber data dalam penelitian ini adalah data sekunder hasil penelitian sebelumnya milik Santhosh et.al, 2021 dengan Judul *Performance and emission modeling of a 4-stroke diesel engine with biodiesel extracts from waste cooking oil blends with ZnO nanoparticle using ELM*.

1.2 Perumusan Masalah

Dari Latar Belakang yang telah disampaikan maka dapat diambil perumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat/membangun model ANN untuk memprediksi kinerja dan emisi mesin diesel dengan algoritma *Resilient Backpropagation (Rprop)* dengan *tools software* Rstudio dan bagaimana tingkat akurasi;
2. Bagaimana pengaruh kenaikan komposisi Biodiesel dan penambahan *nano particle* ZnO pada biodiesel terhadap kinerja dan emisi berdasarkan model prediksi ANN Rprop.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Membuat model dan mengukur tingkat akurasi model ANN algoritma Rprop untuk memprediksi kinerja dan emisi mesin diesel;
2. Meneliti pengaruh kenaikan komposisi Biodiesel/FAME dan penambahan *nano particle* ZnO pada biodiesel terhadap kinerja dan emisi mesin diesel berdasarkan model prediksi ANN Rprop.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Model yang dihasilkan dapat digunakan sebagai referensi untuk melakukan prediksi kinerja dan emisi;
2. Prediksi kinerja dan emisi berbasis simulasi ANN diharapkan dapat menjadi referensi dalam implementasi kebijakan *mandatory* biodiesel dengan rasio yang lebih tinggi.

1.5 Originalitas Penelitian

Kebaruan dalam penelitian ini adalah metode prediksi kinerja dan emisi mesin diesel menggunakan ANN Algoritma *Resilient Backpropagation (Rprop)* dimana model yang dibangun adalah 1 model dengan Multi Input - Multi Output (MIMO) menggunakan perangkat lunak Rstudio, sedangkan beberapa penelitian terdahulu sebagian besar menggunakan 2 model yaitu model untuk kinerja dan model untuk emisi menggunakan perangkat lunak Matlab.

Penelitian yang dilakukan oleh Santosh et.al, 2021 yaitu memodelkan kinerja dan emisi mesin diesel 4 langkah berbahan bakar biodiesel *waste cooking oil (wco)* dengan campuran *nano particle* ZnO menggunakan Algoritma ELM dimana model ANN dilatih dengan data hasil

eksperimen. Hasil penelitian tersebut mendapatkan bahwa model untuk kinerja dengan jumlah neuron pada *hidden layer* sebanyak 15 neuron memiliki performance terbaik dengan MAPE 7,16% sedangkan model untuk emisi dengan jumlah neuron 25 memiliki performance terbaik dengan MAPE 13,1%. Hasil penelitian juga mendapatkan bahwa penambahan *nano particle* dapat menurunkan emisi dan mengubah kinerja. Perbedaan dengan penelitian ini adalah model ANN dilatih dengan algoritma *Resilient Backpropagation (Rprop)* dan model yang dibuat hanya 1 model MIMO.

Penelitian oleh Bukkaraphu et.al, 2023 melakukan pemodelan komposisi biodiesel untuk mendapatkan performance dan emisi gas buang yang paling optimal menggunakan pendekatan *support vector regression machine* (SVM) mendapatkan hasil bahwa SVM dapat digunakan untuk memodelkan kinerja dan emisi mesin diesel selain ANN, dimana hasil pemodelan mendapatkan bahwa kinerja BSFC lebih tinggi dibanding diesel sedangkan emisi biodiesel lebih rendah dibanding diesel kecuali NO_x dan CO₂. Perbedaan dengan penelitian ini adalah metode/algoritma model ANN menggunakan *Resilient Backpropagation (Rprop)*.

Anh Tuan Hoang et.al, 2023 melakukan studi literatur terhadap penggunaan ANN untuk prediksi karakteristik kinerja dan emisi mesin diesel, hasil penelitian mendapatkan bahwa model ANN dapat digunakan untuk mengatasi berbagai kesulitan dalam sains dan teknik. Perbedaan dengan penelitian ini adalah penelitian berbasis simulasi menggunakan data sekunder penelitian sebelumnya untuk memodelkan kinerja dan emisi mesin diesel dengan algoritma *Resilient Backpropagation (Rprop)*.

Gaur, et.al, 2022 melakukan review pengaruh biodiesel WCO dengan transesterifikasi dua tahap terhadap kinerja dan emisi mesin diesel. Hasil penelitian mendapatkan bahwa peningkatan campuran Biodiesel dapat meningkatkan suhu dari gas buang dan sebagian besar analisis melaporkan bahwa terdapat kenaikan kecil dalam NO_x dan CO₂ jika dibandingkan dengan diesel biasa pada beban normal karena pembakaran yang lebih sempurna dan dikarenakan konsentrasi oksigen yang tinggi maka emisi CO dan HC berkurang. Perbedaan dengan penelitian ini adalah penelitian berbasis simulasi menggunakan data sekunder penelitian sebelumnya untuk memodelkan kinerja dan emisi mesin diesel dengan algoritma *Resilient Backpropagation (Rprop)*.

Patnaik et.al, 2024, meneliti prediksi dan emisi mesin diesel berbahan bakar biodiesel WCO menggunakan ANN algoritma *backpropagation single layer* dengan 6 input dan 1 output. Hasil penelitian mendapatkan bahwa model dengan desain 6-5-1 memiliki keakurasian tinggi dengan R= 0.9988 dan MSE=0.0397. Perbedaan dengan penelitian ini adalah desain model ANN dengan 4 input dan 7 output menggunakan *Resilient Backpropagation (Rprop)*.

Zandie et.al, 2023 melakukan pemodelan ANN multi input dan multi output untuk memprediksi karakteristik kinerja, stabilitas, emisi dan pengapian mesin diesel berbahan bakar diesel, biodiesel dan gasoline. Hasil penelitian mendapatkan Koefisien determinasi 0.9804 – 0.9998. Perbedaan dengan penelitian ini adalah data didapatkan dari mesin diesel berbahan bakar biodiesel WCO dan menggunakan perangkat lunak Rstudio.

Zhang et.al, 2022 melakukan studi literatur terhadap produksi, properti dan karakteristik pembakaran, kinerja dan emisi menggunakan berbagai jenis generasi biodiesel. Hasil penelitian mendapatkan 30% penurunan CO, 50% HC dan 70% Smoke sedangkan secara kinerja mesin terdapat penurunan dikarenakan kenaikan density 3,1%, viskositas 89,5% dan *cetane* 11,9%. Perbedaan dengan penelitian ini adalah penelitian berbasis simulasi dengan menggunakan model ANN untuk memprediksi kinerja dan emisi mesin diesel.

Berikut adalah beberapa penelitian terkait yang sudah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya:

Tabel 1. Originalitas Penelitian

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
1	Santhosh G. et al (2021)	Performance and emission modeling of a 4-stroke diesel engine with biodiesel extracts from waste cooking oil blends with ZnO nanoparticle using ELM	• Penelitian berbasis eksperimen yang akan digunakan sebagai data untuk pemodelan • Pemodelan menggunakan algoritma ELM dengan software matlab • Pemodelan untuk kinerja dan emisi berbeda (2 model) • Parameter input variable komposisi, aditif ZnO dan load	• Penambahan additive meningkatkan performa dan penurunan emisi • Metode ELM cukup akurat dan efisien untuk memodelkan mesin	• Pemodelan menggunakan data sekunder • Software yang digunakan adalah Rstudio • Pemodelan untuk kinerja dan emisi sama (1 model)
2	Bukkarapu, et.al (2023)	Support vector regression approach to optimize the biodiesel composition for improved engine performance and lower exhaust emissions	Pemodelan komposisi biodiesel untuk mendapatkan performance dan emisi gas buang yang paling optimal menggunakan pendekatan vektor regresi	• SVM disarankan untuk pemodelan komposisi biodiesel selain ANN untuk memprediksi karakteristik engine • Hasil optimasi komposisi biodiesel diperoleh BSFC 4% lebih tinggi dibanding diesel daripada sunflower biodiesel yang memiliki BSFC	• Pemodelan menggunakan ANN dengan bantuan software Rstudio • Data yang digunakan adalah data sekunder

				23% lebih tinggi dibanding diesel	
				Emisi gas buang HC dan CO lebih rendah 42% dan 2% dibanding diesel sedangkan CO₂ dan NO_x lebih tinggi 42% dibanding diesel	
3	Anh Tuan Hoang et al (2021)	A review on application of artificial neural network (ANN) for performance and emission characteristics of diesel engine fueled with biodiesel-based fuels	Penelitian berdasarkan literature review	ANN dapat mengatasi berbagai kesulitan dalam sains dan teknik, terutama untuk banyak domain di mana pendekatan tradisional dan numerik tidak mencukupi. Oleh karena itu, lebih baik menggunakan model individual dalam struktur ANN untuk memprediksi kinerja dan emisi mesin daripada menggunakan model gabungan	- Pemodelan ANN menggunakan data sekunder - Variable input adalah komposisi biodiesel, load dan additif ZnO
4	Roopesh Kanwar Gaur et al (2022)	A review: Effect on performance and emission characteristics of waste cooking oil Biodiesel-diesel blends on IC engine	- Review bahan biodiesel yang terbuat dari WCO melalui metode - Two step transesterifikasi on methods - Menilai karakteristik emisi dan performance hasil blending WCO - Membahas faktor yang mempengaruhi produksi Biodiesel WCO	- Nilai FFA dari minyak WCO kurang dari 1 wt%, katalis basa lebih sesuai untuk produksi biodiesel. - Jika kandungan FFA minyak WCO lebih dari 1 wt%, proses transesterifikasi dua langkah yang digunakan untuk meningkatkan hasil biodiesel-WCO - Peningkatan Campuran Biodiesel dapat	- Pemodelan ANN menggunakan data sekunder - Variable input adalah komposisi biodiesel, load dan additif ZnO

				meningkatkan suhu dari gas buang	
				Sebagian besar analisis melaporkan bahwa terdapat kenaikan kecil dalam NO_x dan CO₂ jika dibandingkan dengan diesel biasa pada beban normal karena pembakaran yang lebih sempurna dikarenakan konsentrasi oksigen yang tinggi, maka emisi CO dan HC berkurang	
5	Patnaik, et.al (2024)	Artificial Neural Network Based performance and emission characteristics prediction of comparison ignition engines powered by blends of Biodiesel derived from WCO	- Penelitian berbasis eksperimen - Algoritma Backpropagation - Software matlab - Desain model single layer dengan 6 input dan 1 output variable	Model dengan desain 6-5-1 memiliki keakurasian tinggi dengan R= 0,9988 dan MSE=0,0397	- Pemodelan menggunakan data sekunder - Software yang digunakan adalah Rstudio - Algoritma Rprop
6	Chizoo et.al (2019)	Multi-input multi-output (MIMO) ANN and Nelder-Mead's	- Penelitian berbasis eksperimen - Pemodelan menggunakan MIMO ANN	- Koefisien korelasi 0,90-0,99 - Respon optimal 38,9% BTE, 0,1096 kg/Kwh BSFC, 0,05% CO,	- Pemodelan menggunakan data sekunder - Software yang digunakan

		simplex based modeling of engine performance and combustion emission characteristics of biodiesel-diesel blend in CI diesel engine	• dan Nelder Mead Simplex • Perangkat lunak Matlab • Optimasi kinerja dan emisi berdasar variable speed, load dan komposisi fuel	220,91 NOx dan 20,152 HC	• adalah Rstudio • Algoritma Rprop
7	Zandie et.al (2023)	Multi-input multi-output machine learning predictive model for engine performance and stability, emissions, combustion and ignition characteristics of diesel-biodiesel-gasoline blends	• Penelitian menggunakan data sekunder • Pemodelan menggunakan MIMO ANN • Perangkat lunak Matlab	• Koefisien determinasi 0,9804 – 0,9998	• Pemodelan menggunakan data sekunder • Software yang digunakan adalah Rstudio • Algoritma Rprop
8	Addison et.al (2024)	Comparative analysis of ZnO and CeO2 nanoparticle additives for the improvement of hemp biofuels as a sustainable biodiesel alternative: A	• Penelitian berbasis literatur review • Penelitian terhadap pengaruh additive untuk meningkatkan pembakaran	• Penambahan additive dapat meningkatkan aspek sustainability dan kualitas biodiesel	• Pemodelan menggunakan data sekunder • Software yang digunakan adalah Rstudio • Algoritma Rprop

comprehensive review

9	Modi et.al (2024)	Nanoparticle-enhanced biodiesel blends: A comprehensive review on improving engine performance and emissions	• Penelitian berbasis literatur review • Penelitian terhadap pengaruh komposisi biodiesel dan penambahan nano particle	• Penambahan nano particle meningkatkan BTE dan efisiensi pembakaran	• Pemodelan menggunakan data sekunder • Software yang digunakan adalah Rstudio • Algoritma Rprop
10	Zang et.al (2022)	A Comprehensive Review of the Properties, Performance Combustion, and Emissions of the Diesel Engine Fueled with Different Generations of Biodiesel	• Penelitian berbasis literatur review • Review production, properti dan karakteristik pembakaran, kinerja dan emisi menggunakan berbagai generasi biodiesel	• 30% penurunan CO, 50% HC dan 70% Smoke • Penurunan sedikit kinerja dikarenakan kenaikan density 3,1%, viskositas 89,5% dan cetane 11,9%	• Pemodelan menggunakan data sekunder • Software yang digunakan adalah Rstudio • Algoritma Rprop

