

4. ANALISA DATA

Dalam penelitian ini, analisis data hasil eksperimen dilakukan untuk memahami karakteristik pembakaran dalam mesin menggunakan bahan bakar campuran amonia/bensin. Grafik yang dihasilkan dari eksperimen mencakup berbagai parameter pembakaran yang sudah dibahas sebelumnya. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja pembakaran, efisiensi energi, serta emisi yang dihasilkan. Data yang didapat diolah menggunakan matlab lalu dipindah ke microsoft excel untuk disusun lebih rapi dan dibuatkan grafik. Untuk data penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Sebelum menganalisis data hasil eksperimen, perlu dilakukan verifikasi hitungan AER dari ECU. Hal ini dilakukan dengan cara menggunakan Persamaan 2.1.

$$\begin{aligned}
 AER &= \frac{m_a \cdot HHV_a}{m_a \cdot HHV_a + m_b \cdot HHV_b} \\
 &= \frac{v_a \cdot \rho_a \cdot HHV_a}{(v_a \cdot \rho_a \cdot HHV_a) + (v_b \cdot \rho_b \cdot HHV_b)} \\
 &= \frac{0.042 \cdot 0.6826 \cdot 22.5}{(0.042 \cdot 0.6826 \cdot 22.5) + (0.027 \cdot 0.7489 \cdot 46.4)} \\
 &= \frac{0.645}{(0.645) + (0.938)} \\
 &= 0.407 = 40.7\% \cong 40\%
 \end{aligned}$$

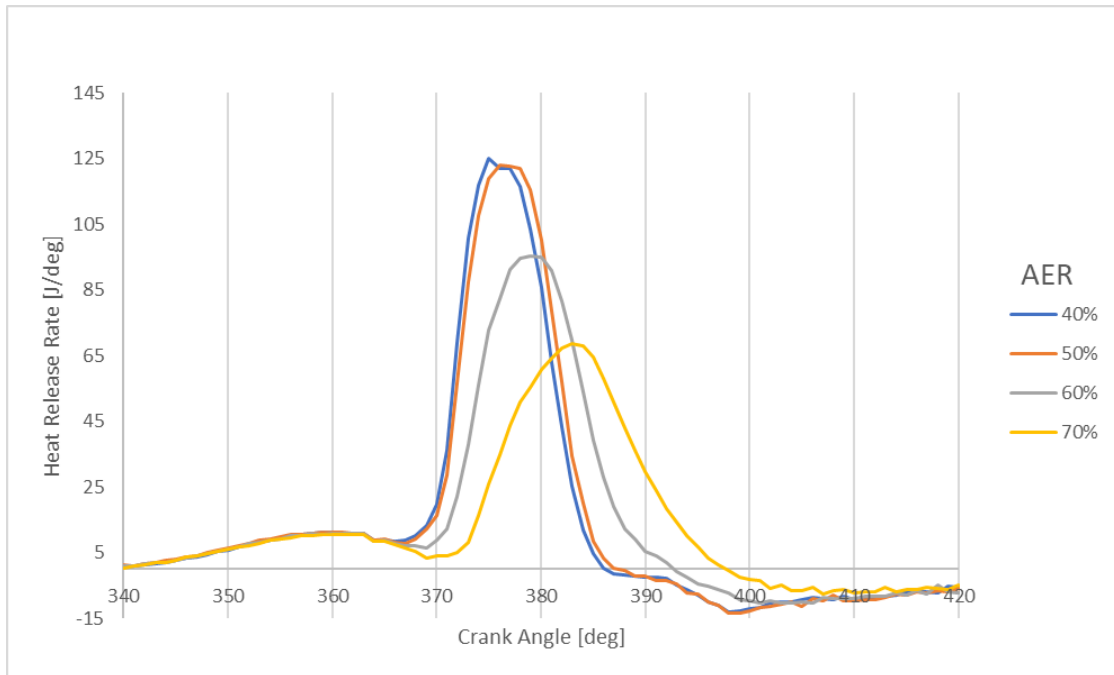
Perhitungan ini membuktikan bahwa dengan ECU mengatur injeksi amonia sebanyak 0.042 cc dan bensin 0.027 cc, kita akan mendapatkan *Ammonia Energy Ratio* sekitar 40%. Hal ini juga terbukti untuk injeksi bahan bakar pada AER lainnya seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Hasil Perhitungan AER

Volume Injeksi Amonia	Volume Injeksi Bensin	AER
0.042 cc	0.027 cc	40.7% $\cong$ 40%
0.052 cc	0.023 cc	49.9% $\cong$ 50%
0.061 cc	0.018 cc	59.9% $\cong$ 60%
0.071 cc	0.013 cc	70.7% $\cong$ 70%

4.1. Laju Perpindahan Panas (*Heat Release Rate*)



Gambar 4.1. Grafik Laju Pelepasan Panas (*Heat Release Rate*) terhadap sudut *crank* dengan AER 40%, 50%, 60%, dan 70%

Gambar 4.1 menunjukkan grafik *Heat Release Rate* (HRR) yang dihitung menggunakan persamaan 2.3. Grafik ini menunjukkan bagaimana energi panas dilepaskan selama siklus pembakaran, yang dapat memberikan wawasan tentang berbagai aspek operasional mesin. Sumbu horizontal mewakili sudut *crank*, yang menunjukkan bagaimana HRR berubah seiring waktu sejak awal pembakaran. Sedangkan sumbu vertikal menunjukkan laju pelepasan panas yang diukur dalam jumlah energi (Joule) per derajat *crank*. Contoh perhitungan HRR menggunakan Persamaan 2.3 ini dapat dilihat sebagai berikut (untuk AER 40%, θ 340°):

$$Q_{HRR(\theta)} = \frac{1}{\kappa-1} (V_{(\theta)} \frac{dP}{d\theta} + \kappa P_{(\theta)} \frac{dV}{d\theta}) + Q_{ht}$$

Untuk campuran amonia dan bensin, κ memiliki nilai sekitar 1.3.

$$\begin{aligned} Q_{HRR(340)} [40\%] &= \frac{1}{1.3-1} (V_{(340)} \frac{dP}{d\theta} + \kappa P_{(340)} \frac{dV}{d\theta}) + Q_{ht} \\ &= \frac{1}{1.3-1} (52.54 \frac{0.11}{1} + 1.3(2.39) \frac{-1.84}{1}) - 0.003 \\ &= 0.208 - 0.003 \\ &= 0.205 \text{ J/deg} \end{aligned}$$

Dengan melanjutkan perhitungan ini untuk setiap sudut *crank*, data lengkap HRR untuk tiap sudut dapat dilihat pada Lampiran 5.

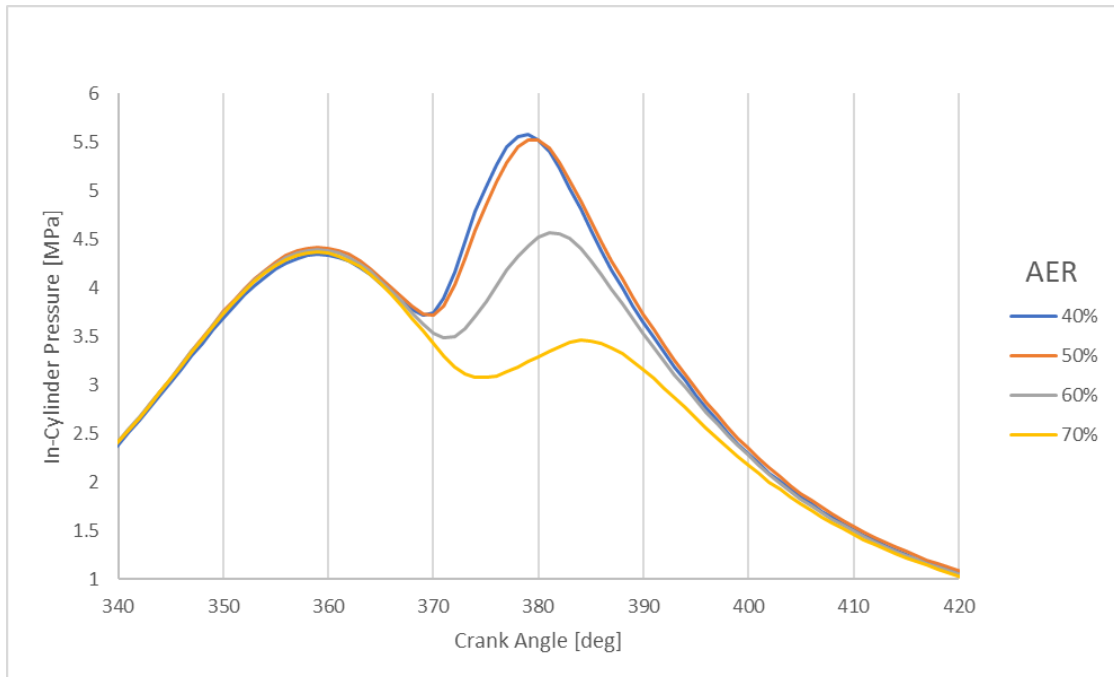
Pada tahap awal siklus pembakaran, HRR mengalami peningkatan yang perlahan. Ini disebabkan oleh fase kompresi, di mana campuran bahan bakar dan udara dikompresi oleh piston, meningkatkan tekanannya tetapi belum memulai proses pembakaran secara signifikan. Namun, ketika sudut crank mencapai sekitar 370° derajat, terjadi kenaikan tajam dalam HRR. Kenaikan ini menandakan dimulainya pembakaran di main-chamber, di mana bahan bakar mulai terbakar dengan cepat, melepaskan sejumlah besar energi panas.

Seiring berjalannya waktu, setelah sebagian besar bahan bakar telah terbakar, grafik HRR menunjukkan penurunan yang signifikan. Penurunan ini menunjukkan bahwa laju pelepasan panas mulai berkurang karena bahan bakar yang tersedia untuk pembakaran semakin sedikit. Namun, penting untuk dicatat bahwa meskipun grafik HRR mulai menurun, ini tidak berarti bahwa mesin mengalami pendinginan pada saat itu. Selama nilai HRR masih positif, mesin masih menghasilkan panas, meskipun dengan laju pelepasan yang lebih lambat dibandingkan dengan puncak pembakaran. *Cooling loss* atau kehilangan panas mulai terjadi ketika grafik HRR menyentuh angka negatif. Ini menunjukkan bahwa pada titik ini, energi yang hilang melalui pendinginan lebih besar daripada energi yang dihasilkan melalui pembakaran. Kondisi ini menunjukkan bahwa *cooling loss* terjadi pada seluruh rasio energi amonia (AER) yang diuji dalam penelitian ini.

Selain itu, seiring dengan peningkatan AER dalam campuran bahan bakar, grafik HRR menunjukkan tren penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh sifat pembakaran amonia yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar lain, yang menghasilkan jumlah panas yang lebih sedikit selama proses pembakaran. Amonia memiliki nilai kalor pembakaran yang lebih rendah dan memerlukan lebih banyak energi untuk mencapai suhu pembakaran yang optimal, sehingga HRR-nya lebih rendah.

Meskipun demikian, mesin masih mampu menghasilkan daya yang cukup untuk menjalankan operasi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun amonia memiliki keterbatasan dalam hal combustibility, penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif tetap memungkinkan untuk menghasilkan daya yang cukup, dengan penyesuaian tertentu pada desain dan operasional mesin. Ini membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut mengenai penggunaan amonia sebagai bahan bakar ramah lingkungan dalam aplikasi mesin pembakaran.

4.2. Tekanan dalam Silinder (*In-Cylinder Pressure*) dan IMEP



Gambar 4.2. Grafik Tekanan dalam Silinder (*In-Cylinder Pressure*) terhadap sudut *crank* dengan AER 40%, 50%, 60%, dan 70%

Grafik *in-cylinder pressure* dapat dilihat dari Gambar 4.2. Grafik ini menampilkan perubahan tekanan di dalam silinder selama siklus operasi mesin, yang mencakup langkah-langkah dari motor bakar. Sumbu horizontal mewakili sudut *crank*, yang menunjukkan bagaimana tekanan dalam silinder berubah seiring waktu sejak awal pembakaran. Sedangkan sumbu vertikal menunjukkan besaran tekanan yang diukur dalam *Mega Pascal* (MPa).

Dua puncak tekanan terlihat jelas pada grafik, yang masing-masing terjadi pada sudut crank 360° di *sub-chamber* dan 380° di *main-chamber*. Kehadiran *sub-chamber* menyebabkan perpindahan gas selama fase ekspansi setelah terjadinya *ignition*, yang terlihat dalam grafik sebagai perubahan tajam pada tekanan karena gas pada *main-chamber* mengalami kompresi. Namun, perlu diperhatikan bahwa tekanan yang dicapai saat menggunakan AER yang lebih tinggi, cenderung lebih rendah. Hal ini terkait dengan laju pergerakan api dari amonia yang lebih lambat, yang mengakibatkan peningkatan tekanan berkurang.

Pada akhir grafik, tekanan dalam silinder mendekati tekanan atmosfer. Jika tekanan dalam silinder tidak mendekati tekanan atmosfer pada akhir siklus, hal ini bisa menunjukkan adanya masalah dengan katup buang atau adanya hambatan dalam sistem exhaust.

Ketidakmampuan untuk mencapai tekanan atmosfer pada akhir siklus dapat menyebabkan efisiensi mesin yang lebih rendah dan potensi kerusakan komponen mesin.

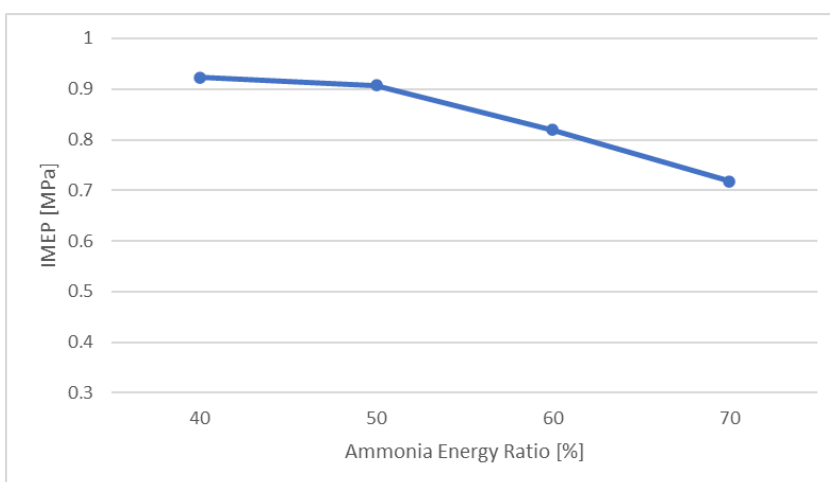
Indicated Mean Effective Pressure (IMEP), yang merepresentasikan tekanan rata-rata efektif yang dihasilkan dalam silinder mesin, dihitung menggunakan Persamaan 2.2 seperti berikut: (contoh perhitungan untuk IMEP pada AER 40%)

$$\begin{aligned} IMEP[40\%] &= \frac{1}{V_s} \cdot \sum_{\theta=0}^{a-1} \frac{P_{(\theta+1)} + P_{(\theta)}}{2} \cdot (V_{(\theta+1)} - V_{(\theta)}) \\ &= \frac{1}{638} \cdot 589.15 \\ &= 0.9234 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Nilai untuk V_s dapat dilihat pada Tabel 3.3, dan data untuk volume dan tekanan pada tiap sudut *crank* terdapat pada Lampiran 5

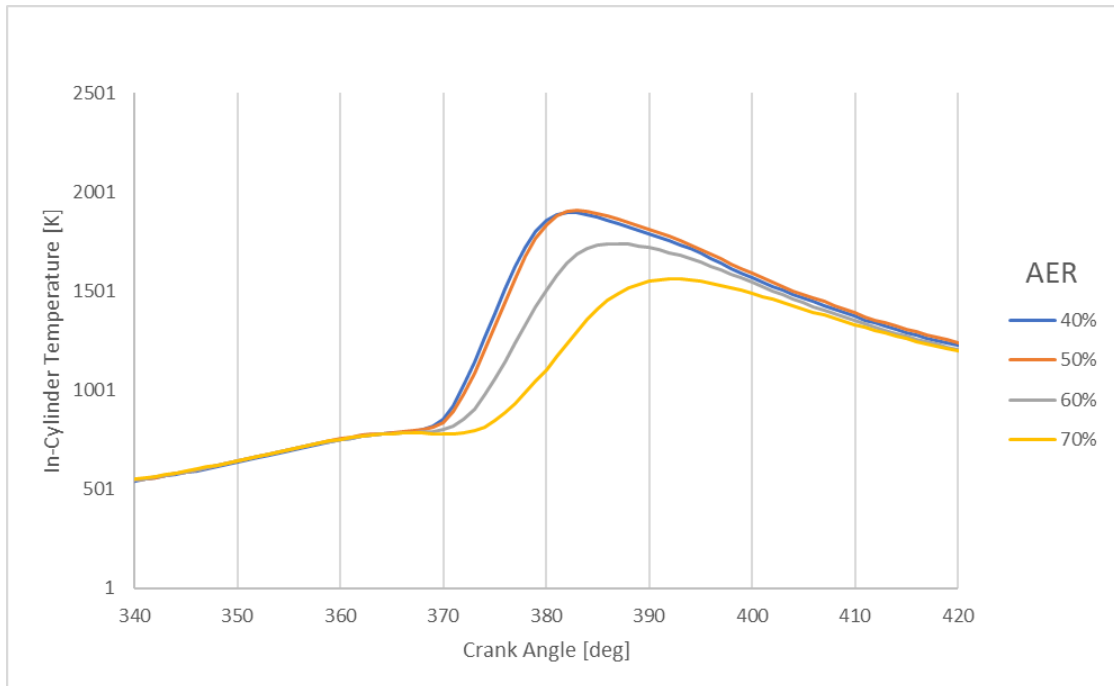
Dengan melanjutkan perhitungan ini untuk setiap AER, akan didapatkan grafik pada Gambar 4.3 yang menunjukkan tren yang sama dengan yang terlihat pada grafik in-cylinder pressure, yakni kenaikan dalam AER menyebabkan penurunan IMEP. Penurunan ini juga disebabkan oleh masalah yang sama, yaitu laju pergerakan api amonia yang lambat. Laju pembakaran yang lebih lambat mengurangi efisiensi pembakaran, sehingga menghasilkan tekanan rata-rata yang lebih rendah dalam silinder selama siklus operasi mesin.

Penurunan IMEP menunjukkan bahwa tekanan rata-rata yang dihasilkan selama siklus pembakaran menurun, yang berarti daya *output* mesin juga berkurang. Dalam kata lain, mesin akan perlu bekerja lebih keras atau menggunakan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan daya yang sama seperti sebelumnya



Gambar 4.3. Grafik *Indicated Mean Effective Pressure* (IMEP) terhadap AER.

4.3. Temperatur dalam Silinder (*In-Cylinder Temperature*) dan Efisiensi Termal



Gambar 4.4. Grafik Temperatur dalam Silinder (*In-Cylinder Temperature*) terhadap sudut *crank* dengan AER 40%, 50%, 60%, dan 70%

Grafik *in-cylinder temperature* yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 adalah representasi visual dari perubahan suhu di dalam silinder mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) selama siklus pembakaran. Sumbu horizontal mewakili sudut *crank*, yang menunjukkan bagaimana suhu dalam silinder berubah seiring waktu sejak awal pembakaran. Sedangkan sumbu vertikal menunjukkan besaran suhu yang diukur dalam satuan Kelvin (K). Grafik ini didapatkan dengan menggunakan data tekanan sebelumnya dari Gambar 4.2 dan dihitung menggunakan Persamaan 2.4 seperti berikut: (contoh perhitungan untuk AER 40%, θ 340°)

$$\begin{aligned}
 T_{(340)}[40\%] &= \frac{P_{(340)} \cdot V_{(340)}}{P_{IVC} \cdot V_{IVC}} T_{IVC} \\
 &= \frac{P_{(340)} \cdot V_{(340)}}{P_{(215)} \cdot V_{(215)}} T_{intake} \\
 &= \frac{2.39 \cdot 52.54}{0.113 \cdot 622.74} 298 \\
 &= 531.76 \text{ K}
 \end{aligned}$$

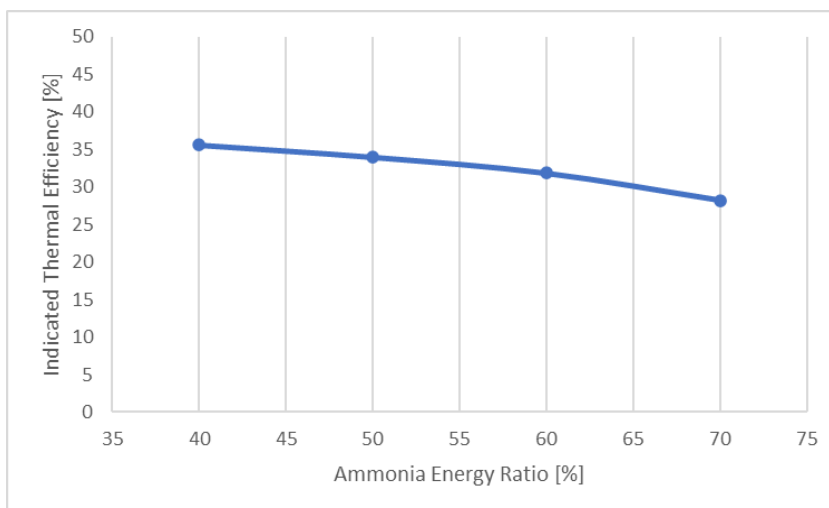
Sama seperti yang dilihat pada Gambar 4.1 di mana HRR mulai meningkat pesat pada sekitar sudut *crank* 370°, suhu di dalam silinder juga mengalami peningkatan yang signifikan pada titik yang sama. Peningkatan suhu ini mengkonfirmasi bahwa pada titik ini terjadilah

pembakaran di dalam silinder atau main-chamber. Proses pembakaran ini menghasilkan panas yang signifikan, yang menyebabkan kenaikan suhu secara tiba-tiba. Konsisten dengan yang ditunjukkan sebelumnya, kenaikan rasio energi amonia (AER) akan membuat temperatur di dalam silinder ini semakin menurun. Ini terjadi karena amonia memiliki sifat pembakaran yang berbeda dibandingkan dengan bahan bakar konvensional seperti bensin atau diesel. Amonia memiliki laju pembakaran yang lebih lambat dan nilai kalor yang lebih rendah, sehingga energi panas yang dihasilkan selama pembakaran juga lebih rendah. Akibatnya, suhu di dalam silinder saat menggunakan bahan bakar dengan AER yang lebih tinggi cenderung lebih rendah.

Hal ini juga terlihat pada Gambar 4.5 yang menunjukkan efisiensi termal mesin, di mana kenaikan AER juga menyebabkan efisiensinya menurun. Efisiensi termal ini dihitung menggunakan Persamaan 2.5, yang mempertimbangkan perbandingan antara energi yang dihasilkan oleh mesin dan energi yang tersedia dari bahan bakar yang digunakan. Contoh perhitungan menggunakan persamaan ini adalah sebagai berikut: (contoh perhitungan untuk ITE pada AER 40%)

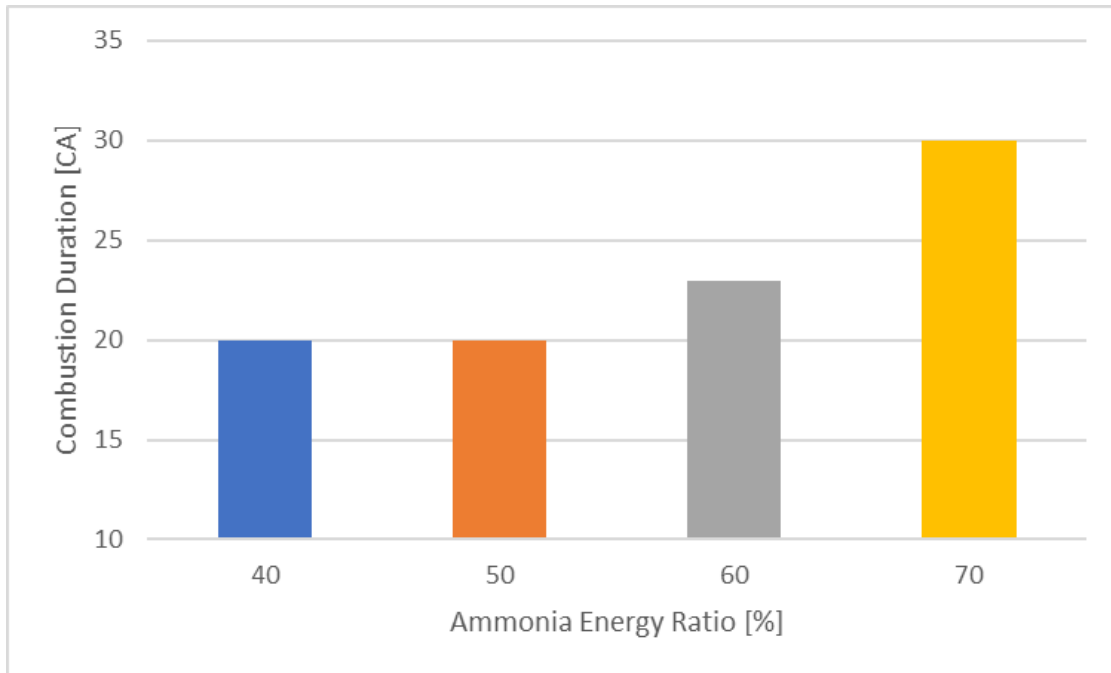
$$\begin{aligned}\eta_i[40\%] &= \frac{W_i}{m_a \cdot HHV_a + m_b \cdot HHV_b} \\ &= \frac{W_i}{(v_a \cdot \rho_a \cdot HHV_a) + (v_b \cdot \rho_b \cdot HHV_b)} \\ &= \frac{0.5641}{0.6443 + 0.9387} \\ &= 0.356 = 35.6\%\end{aligned}$$

Penurunan efisiensi termal dengan meningkatnya AER menunjukkan bahwa mesin tidak dapat mengkonversi energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar amonia menjadi kerja mekanik secara efektif bila dibandingkan dengan kadar amonia yang lebih sedikit.



Gambar 4.5. Grafik *Indicated Thermal Efficiency* terhadap AER.

4.4. Durasi dan Efisiensi Pembakaran (*Combustion Duration & Efficiency*)



Gambar 4.6. Grafik Durasi Pembakaran (*Combustion Duration*) terhadap sudut *crank* dengan AER 40%, 50%, 60%, dan 70%

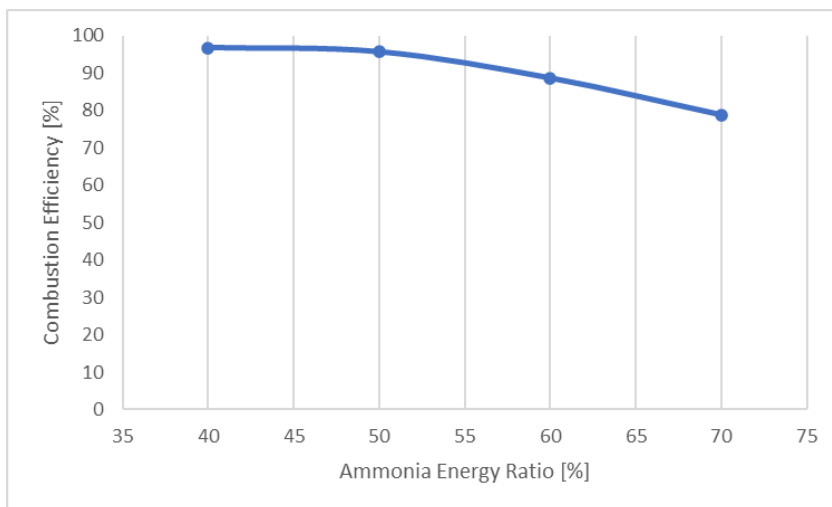
Gambar 4.6 menunjukkan grafik durasi pembakaran yang dihitung menggunakan Persamaan 2.6 di mana sumbu horizontal menunjukkan variasi dari AER yang diuji, sedangkan sumbu vertikal melambangkan durasi pembakaran yang dinyatakan dalam derajat *crank*. Perhitungan menggunakan Persamaan 2.6 ini cukup sederhana yang dapat dilihat sebagai berikut: (contoh perhitungan untuk *Combustion Duration* pada AER 40%)

$$\begin{aligned}\text{Combustion Duration} &= CA_{90} - CA_{10} \\ &= CA_{90}[40\%] - CA_{10}[40\%] \\ &= 386^\circ - 366^\circ \\ &= 20^\circ\end{aligned}$$

Kedua grafik ini menunjukkan tren yang konsisten di mana peningkatan Ammonia Energy Ratio (AER) akan menyebabkan efisiensi pembakaran menurun dan memperpanjang durasi pembakaran. Hal ini terjadi karena amonia memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan bensin. Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan selama pembakaran bahan bakar. Ketika AER meningkat dalam campuran bahan bakar, nilai kalor total dari campuran tersebut turun, sehingga mengurangi energi yang dihasilkan saat pembakaran.

Dengan energi yang dihasilkan lebih sedikit, efisiensi pembakaran pun menurun karena mesin tidak dapat memanfaatkan energi bahan bakar secara maksimal.

Efisiensi pembakaran yang menurun juga terkait dengan karakteristik pembakaran amonia. Amonia memiliki laju pembakaran yang lebih lambat dibandingkan bensin, yang menyebabkan pembakaran berlangsung lebih lama. Namun, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6, perbedaan ini memiliki pengaruh yang cukup insignifikan terhadap durasi pembakaran. Meskipun ada perubahan durasi pembakaran dengan peningkatan AER, perbedaan tersebut tidak mencapai 1° sudut crank untuk peningkatan AER dari 40% ke 50%. Artinya, meskipun peningkatan AER menyebabkan pembakaran berlangsung lebih lama, perbedaannya tidak cukup signifikan untuk secara drastis mempengaruhi durasi siklus pembakaran.



Gambar 4.7. Grafik Efisiensi Pembakaran (*Combustion Efficiency*) terhadap AER.

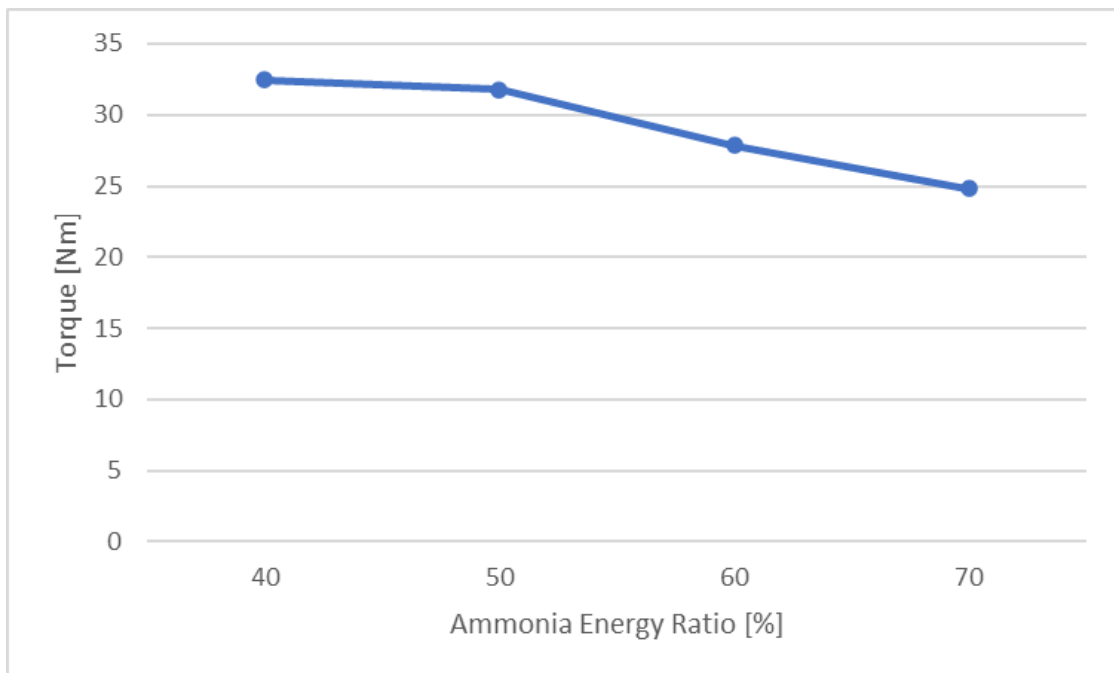
Gambar 4.7 menunjukkan grafik efisiensi pembakaran yang dihitung menggunakan Persamaan 2.7 seperti berikut:

(contoh perhitungan untuk *Combustion Efficiency* pada AER 40%)

$$\begin{aligned}
 \eta_c[40\%] &= \frac{\int_{\theta_1}^{\theta_2} Q_{HRR} d\theta}{m_a \cdot H_{ua} + m_b \cdot H_{ub}} \\
 &= \frac{\int_{\theta_1}^{\theta_2} Q_{HRR} d\theta}{(v_a \cdot \rho_a \cdot HHV_a) + (v_b \cdot \rho_b \cdot HHV_b)} \\
 &= \frac{1.532}{0.6443 + 0.9387} \\
 &= 0.9678 = 96.78\%
 \end{aligned}$$

Dari Gambar 4.7, terlihat bahwa peningkatan AER menyebabkan penurunan efisiensi pembakaran. Penurunan ini menunjukkan bahwa mesin menjadi kurang efektif dalam mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik yang dapat digunakan. Dengan AER yang lebih tinggi, campuran bahan bakar mengandung lebih banyak amonia, yang menyebabkan pembakaran yang kurang efisien karena sifat pembakaran amonia yang lebih lambat dan nilai kalor yang lebih rendah. Secara keseluruhan, meskipun durasi pembakaran sedikit diperpanjang dengan peningkatan AER, efek utama yang perlu diperhatikan adalah penurunan efisiensi pembakaran.

4.5. Torsi



Gambar 4.8. Grafik Torsi terhadap AER.

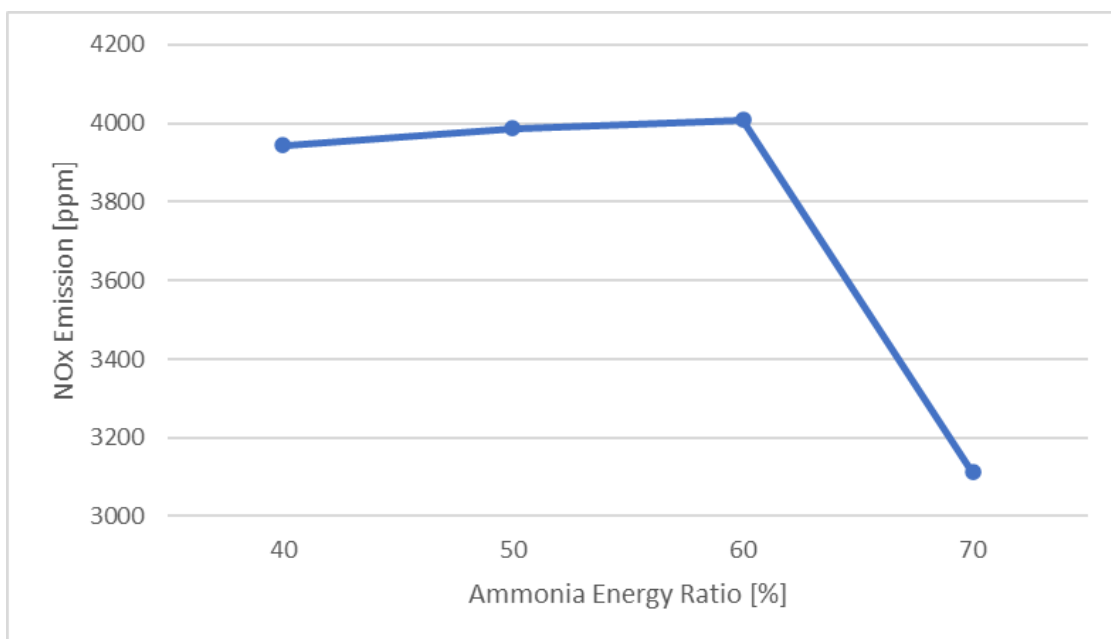
Torsi yang dihasilkan oleh mesin dapat dilihat pada Gambar 4.8. Sumbu horizontal menunjukkan variasi dari AER yang diuji, sedangkan sumbu vertikal melambangkan torsi yang dihasilkan yang dinyatakan dalam *Newton Meter* (Nm). Torsi ini didapatkan dari dynamometer yang dipasang pada aparatus eksperimen.

Tren yang cukup jelas terlihat adalah seiring dengan peningkatan AER, torsi dari mesin menurun. Penurunan torsi ini disebabkan oleh sifat pembakaran amonia yang berbeda dari bensin. Amonia memiliki karakteristik pembakaran yang cenderung lebih lambat dan lebih dingin dibandingkan dengan pembakaran bensin. Pembakaran yang lebih lambat berarti bahwa

amonia membutuhkan lebih banyak waktu untuk melepaskan energinya, dan pembakaran yang lebih dingin menunjukkan bahwa suhu pembakaran tidak setinggi yang dihasilkan oleh bensin. Kedua faktor ini mengakibatkan energi panas yang dihasilkan dari pembakaran amonia lebih rendah, yang berimplikasi pada ekspansi gas pembakaran yang lebih kecil dalam silinder. Efek dari pembakaran yang lebih lambat dan lebih dingin juga tercermin pada tekanan dalam silinder, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa tekanan dalam silinder menurun seiring dengan peningkatan AER. Tekanan yang lebih rendah ini berarti bahwa energi mekanik yang ditransfer ke piston juga berkurang. Dalam mesin pembakaran dalam, tekanan dalam silinder sangat berpengaruh pada torsi yang dihasilkan karena tekanan ini yang mendorong piston turun, menghasilkan putaran pada crankshaft dan menghasilkan torsi.

Jadi, dengan tekanan yang lebih rendah akibat pembakaran amonia, energi mekanik yang diterima piston berkurang, yang secara langsung mengurangi torsi yang dihasilkan oleh mesin. Torsi yang lebih rendah berarti mesin tidak mampu menghasilkan daya putar yang sama seperti saat menggunakan bensin, yang bisa mempengaruhi performa keseluruhan kendaraan atau perangkat yang menggunakan mesin tersebut.

4.6. NO_x Emissions

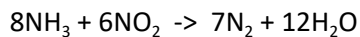
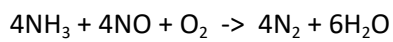


Gambar 4.9. Grafik Emisi NO_x terhadap AER.

Seperti yang sudah dibahas pada bab 2, amonia memiliki rumus kimia (NH_3). Karena adanya nitrogen (N) dalam struktur molekulnya, tentu pembakaran amonia akan menghasilkan emisi NO_x yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Sumbu horizontal menunjukkan variasi dari AER yang diuji, sedangkan sumbu vertikal melambangkan emisi NO_x yang dihasilkan yang dinyatakan dalam *Parts per Million* (ppm). Data ini didapatkan dari sensor emisi yang dipasang pada apparatus eksperimen.

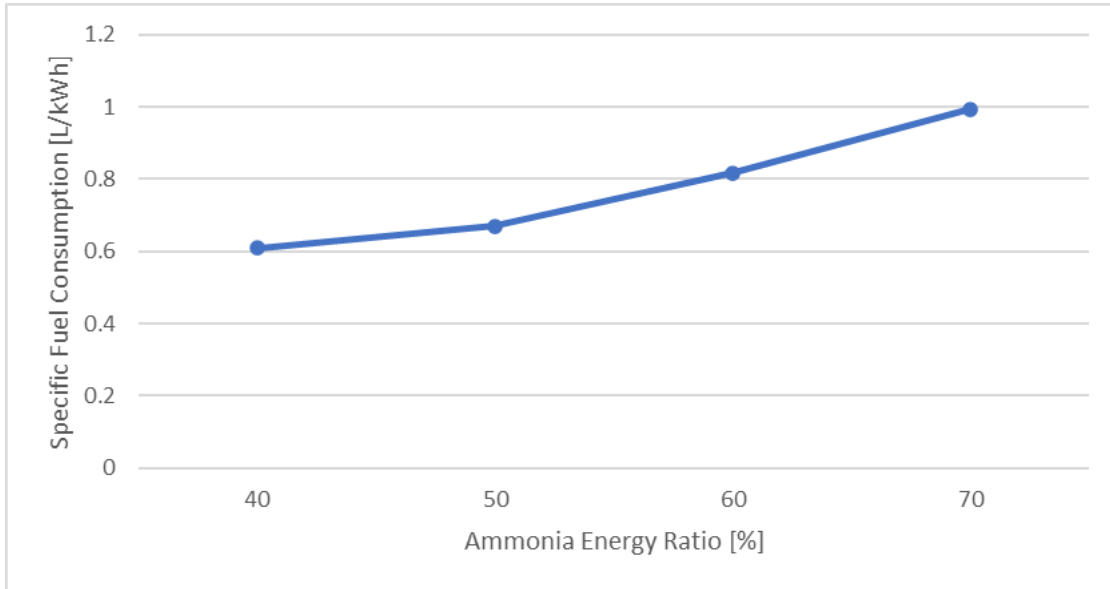
Grafik tersebut menunjukkan peningkatan emisi NO_x di awal dan selanjutnya menurun pada kadar AER 70%. Fenomena ini disebabkan oleh suatu proses yang disebut denitrifikasi nitrogen oksida, atau disingkat DeNO_x, di mana pembentukan NO_x berkurang (Lyon, 2001). Pada kondisi pembakaran *lean* (dengan kelebihan udara) dan ditambah dengan AER yang tinggi, tercipta lingkungan di mana terdapat kelebihan amonia dalam ruang bakar. Pada kondisi ini, amonia yang berlebihan tidak sepenuhnya bereaksi dengan oksigen selama pembakaran, tetapi justru bereaksi dengan NO_x yang sudah terbentuk dari proses pembakaran sebelumnya. Reaksi antara NH_3 dan NO_x menghasilkan nitrogen murni (N_2) dan uap air (H_2O), yang merupakan produk yang lebih aman dan kurang berbahaya bagi lingkungan.

Proses ini dapat dijelaskan dengan reaksi kimia berikut:



Dengan kata lain, amonia berlebih dalam campuran bahan bakar berperan sebagai agen reduksi yang efektif dalam mengurangi konsentrasi NO_x melalui proses DeNO_x. Pada awalnya, ketika AER masih rendah, pembentukan NO_x lebih dominan karena konsentrasi amonia yang tidak cukup untuk mengurangi NO_x yang terbentuk. Namun, seiring dengan peningkatan AER hingga mencapai 70%, proses DeNO_x mulai mendominasi, menyebabkan penurunan emisi NO_x karena amonia berlebih bereaksi dengan NO_x yang terbentuk. Proses ini menunjukkan potensi penggunaan amonia tidak hanya sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan tetapi juga sebagai agen pengurangan emisi NO_x .

4.7. Specific Fuel Consumption



Gambar 4.10. Grafik Specific Fuel Consumption terhadap AER.

Specific Fuel Consumption (SFC) dari mesin dapat dilihat pada Gambar 4.10. Sumbu horizontal menunjukkan variasi dari AER yang diuji, sedangkan sumbu vertikal melambangkan SFC yang dinyatakan dalam *Litre/ Kilowatt Hour* (L/kWh). SFC ini didapatkan dari perhitungan yang menggunakan persamaan 2.8 seperti berikut:

(contoh perhitungan untuk SFC pada AER 40%)

Pertama, kita perlu mendapatkan nilai dari *FC* atau *fuel consumption* dalam bentuk *Litre/Hour* dari bahan bakar campuran.

$$\begin{aligned}
 FC[40\%] &= \text{Injected Fuel} \cdot \frac{RPM}{2} \cdot 60 \\
 &= (0.042 + 0.027) \cdot \frac{1000}{2} \cdot 60 \\
 &= (0.069) \cdot 500 \cdot 60 \\
 &= 2070 \text{ cc/h} = 2.07 \text{ l/h}
 \end{aligned}$$

Tahap selanjutnya adalah untuk menghitung *P* atau daya yang dihasilkan dari mesin. Hal ini dicari dengan menggunakan nilai torsi yang dihubungkan dengan menggunakan $P = T \cdot \omega$

$$P = T \cdot \omega$$

$$\omega = RPM \cdot 2\pi / 60$$

$$\omega = 1000 \cdot 2\pi / 60 = 104.72 \text{ rad/s}$$

$$\begin{aligned}
 P[40\%] &= T[40\%] \cdot 104.72 \\
 &= 32.477 \cdot 104.72 \\
 &= 3400.9 \text{ watt} = 3.4009 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Tahap terakhir adalah untuk membandingkan konsumsi bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan.

$$\begin{aligned} SFC[40\%] &= \frac{FC}{P} \\ &= \frac{2.07 \text{ l/h}}{3.4009 \text{ kW}} \\ &= 0.608 \text{ l/kWh} \end{aligned}$$

Grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar AER, SFC juga semakin meningkat. *Specific fuel consumption* (SFC) yang semakin tinggi menandakan efisiensi mesin yang semakin menurun. Artinya, mesin membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan daya yang sama, karena karakteristik pembakaran amonia yang lebih tidak efisien dibandingkan dengan bensin. Hal ini dicerminkan juga dari Gambar 4.5 dan Gambar 4.7, yang menunjukkan bahwa peningkatan AER akan menurunkan efisiensi mesin. Peningkatan AER secara efektif menurunkan *output* energi dari mesin karena amonia sendiri memiliki energi densitas yang lebih rendah dibandingkan bensin. Ini dapat berdampak negatif pada kinerja keseluruhan mesin, efisiensi operasional, dan juga biaya operasional yang lebih tinggi akibat konsumsi bahan bakar yang lebih besar.