

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Secara lengkap, data hasil pengujian knalpot standar (tidak menggunakan *catalytic converter*) dan pengujian knalpot eksperimen (menggunakan *catalytic converter*) pada mesin engine stand Avanza K3-VE, dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, di bawah ini.

**Tabel 4.1 Data Emisi Gas Buang Hasil Pengujian Knalpot Standar (*Reverse Flow Muffler*)**

Putaran (rpm)	Lambda ( $\lambda$ )	CO (% vol)	CO <sub>cor</sub> (% vol)	CO <sub>2</sub> (% vol)	HC (ppm vol)	O <sub>2</sub> (% vol)
2000	0,747	9,63	9,63	8,7	404	0,24
2500	0,772	8,59	8,59	9,3	381	0,28
3000	0,837	6,43	6,43	10,0	184	0,29
3500	0,843	6,03	6,03	10,8	171	0,31
4000	0,850	5,56	5,56	10,9	136	0,38
4500	0,852	5,18	5,18	11,2	138	0,39
5000	0,862	5,10	5,10	11,4	142	0,42
5500	0,869	4,80	4,80	11,4	151	0,50

**Tabel 4.2 Data Emisi Gas Buang Hasil Pengujian  
Knalpot Eksperimen (*Catalytic Converter* Tembaga)**

Putaran (rpm)	Lambda ( $\lambda$ )	CO (% vol)	CO <sub>cor</sub> (% vol)	CO <sub>2</sub> (% vol)	HC (ppm vol)	O <sub>2</sub> (% vol)	Temperatur gas buang (°C)
2000	0,752	9,46	9,46	8,9	342	0,44	449
2500	0,809	7,16	7,16	10,1	311	0,45	474
3000	0,837	6,41	6,41	10,5	167	0,45	519
3500	0,852	5,75	5,75	11,0	154	0,57	539
4000	0,867	4,77	4,77	11,2	96	0,61	564
4500	0,885	4,62	4,62	11,4	97	0,86	609
5000	0,891	4,05	4,05	11,6	111	0,89	629
5500	0,893	4,09	4,09	11,8	113	1,34	654

## 4.2 Analisis Data

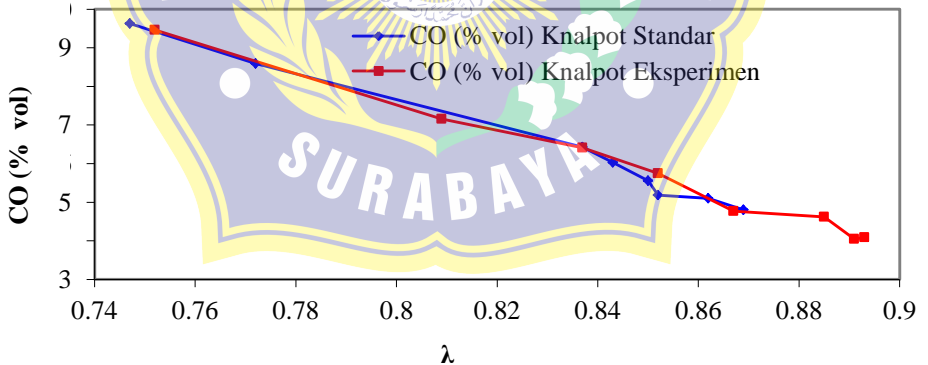
### 4.2.1 Laju Konversi Emisi Karbon Monoksida (CO)

Untuk mengetahui sejauh mana persentase laju konversi emisi CO dengan menggunakan *catalytic converter* tembaga pada knalpot mesin engine stand Avanza K3-VE, dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini.

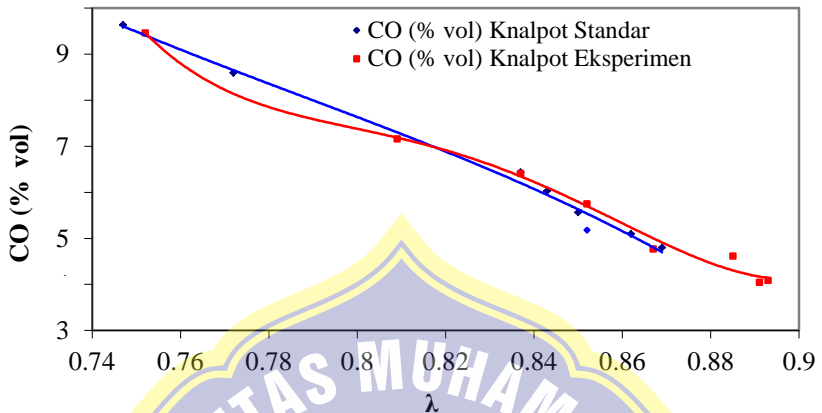
Tabel 4.3 Laju Konversi Emisi CO

Putaran (rpm)	CO (% vol) Knalpot Standar	CO (% vol) Knalpot Eksperimen	Laju Konversi (k) (%)
2000	9,63	9,46	1,8
2500	8,59	7,16	16,6
3000	6,43	6,41	0,3
3500	6,03	5,75	4,6
4000	5,56	4,77	14,2
4500	5,18	4,62	10,8
5000	5,10	4,05	20,6
5500	4,80	4,09	14,8

Dari data pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 di atas, apabila dibuat dalam bentuk grafik akan nampak seperti terlihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.1 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs CO (*point to point*)

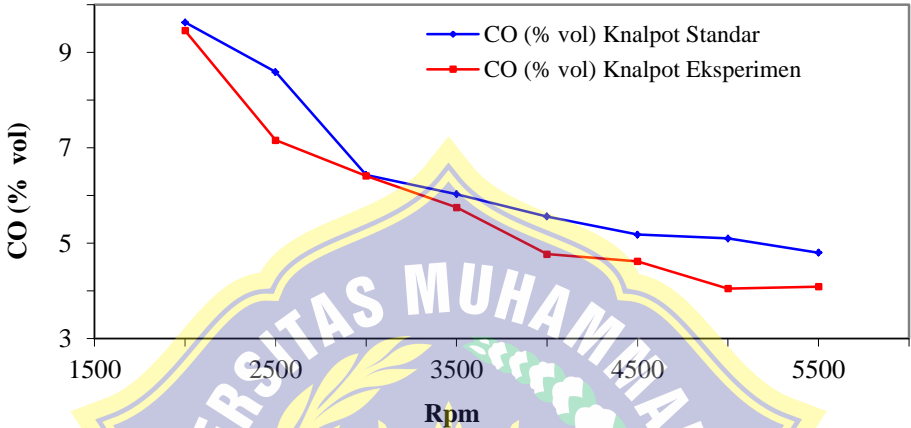


Gambar 4.2 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs CO (*trendline*)

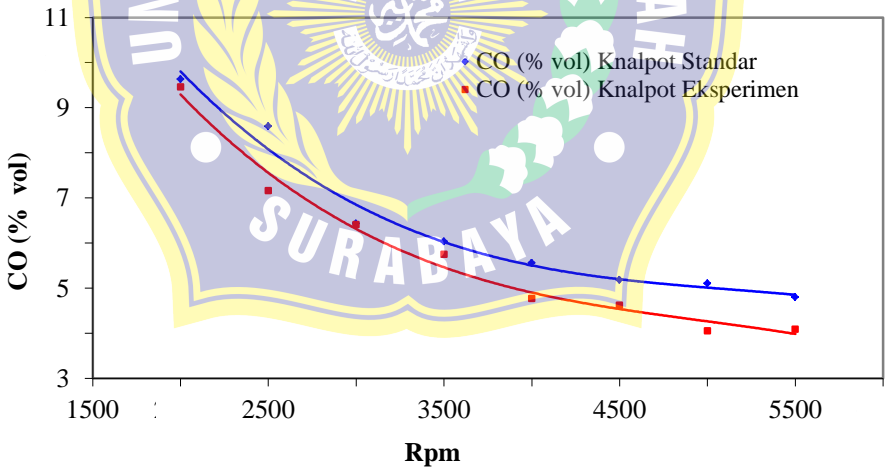
Secara umum, penggunaan *catalytic converter* tembaga (Cu) pada knalpot eksperimen dapat mereduksi kadar emisi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan oleh emisi gas buang engine stand Avanza K3-VE. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8.

Pada lambda 0,74, CO yang dihasilkan mesin cenderung tinggi. Hal ini dikarenakan oksigen yang masuk ke ruang bakar terbatas sehingga tidak mampu mengoksidasi CO menjadi  $\text{CO}_2$  dan mengakibatkan CO pada kondisi tersebut tinggi. Namun pada lambda 0,9, CO yang dihasilkan mesin turun. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut oksigen yang masuk ke ruang bakar

semakin bertambah dan mampu mengoksidasi CO menjadi CO<sub>2</sub> sehingga CO pada lambda 0,9 turun.

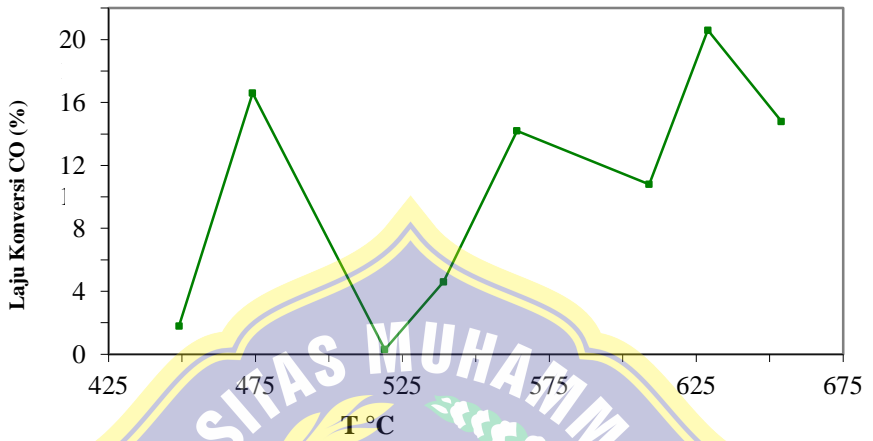


Gambar 4.3 Hubungan putaran (rpm) vs emisi CO (*point to point*)

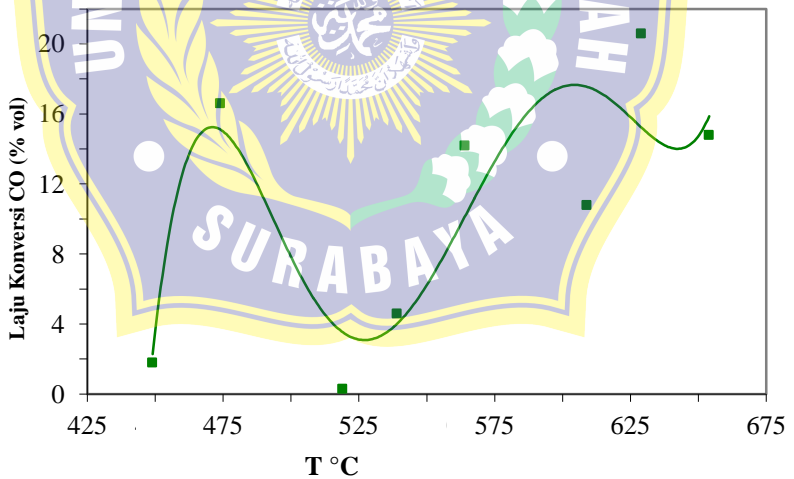


Gambar 4.4 Hubungan putaran (rpm) vs emisi CO (*trendline*)

Pada putaran rendah, ( $\pm 2000-2500$  rpm), proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar cenderung kurang sempurna. Hal ini disebabkan campuran udara dan bahan bakar cenderung kaya (*rich mixture*). Hal ini ditandai dengan rendahnya nilai lambda ( $\lambda$ ) yang besarnya di bawah angka 1. Hal ini mengakibatkan kadar emisi CO yang dihasilkan mesin cenderung tinggi (lihat gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4). Pada putaran menengah ( $\pm 3000-4000$  rpm), campuran udara dan bahan bakar cenderung naik sehingga nilai lambda ( $\lambda$ ) mendekati campuran *stoichiometric* ( $\lambda=1$ ). Hal ini mengakibatkan kadar emisi CO yang dihasilkan mesin cenderung turun (lihat gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4). Sedangkan pada putaran tinggi ( $\pm 4500-5500$  rpm), campuran udara dan bahan bakar cenderung semakin miskin (*lean mixture*). Hal ini ditandai dengan tingginya nilai lambda ( $\lambda$ ) yang besarnya hampir mendekati angka 1. Hal ini mengakibatkan kadar emisi CO yang dihasilkan oleh mesin semakin menurun (lihat gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4). Turunnya kadar emisi CO pada putaran tinggi tersebut disebabkan karena semakin banyaknya konsentrasi oksigen ( $O_2$ ) dalam campuran udara dan bahan bakar sehingga mampu mengoksidasi CO menjadi  $CO_2$ .

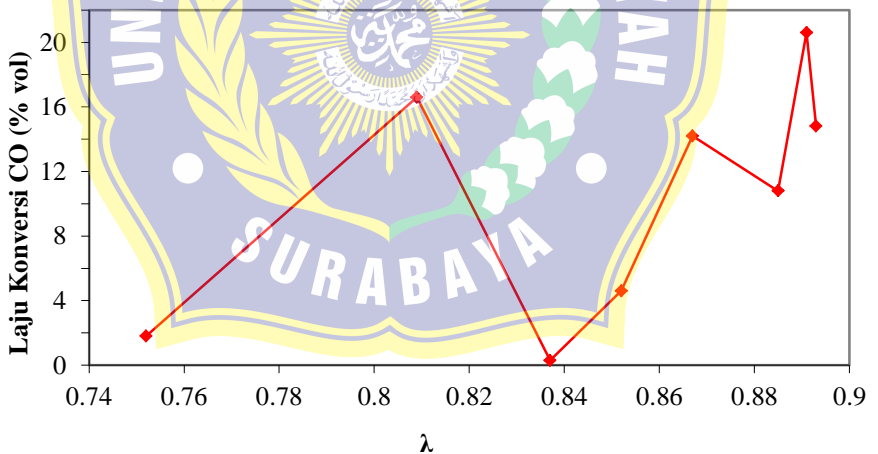


Gambar 4.5 Hubungan T °C vs laju konversi CO (*point to point*)



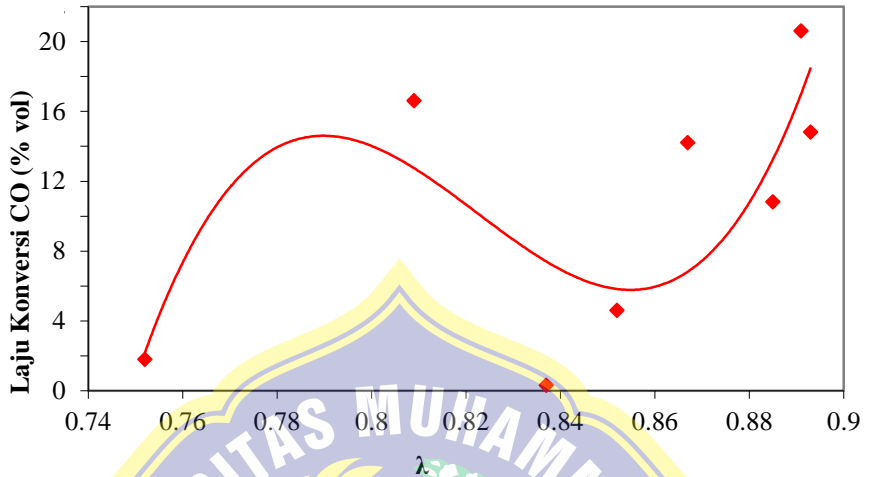
Gambar 4.6 Hubungan T °C vs laju konversi CO (*trendline*)

Pada temperatur  $\pm 450$  °C, laju reduksi CO cenderung rendah. Hal ini dikarenakan pada temperatur tersebut katalis masih belum bekerja optimal. Namun pada temperatur  $\pm 650$  °C, katalis akan bekerja optimal sampai titik jenuh dimana katalis tersebut tidak dapat bekerja lagi karena temperatur yang terlalu tinggi. Pada grafik di atas diperoleh laju konversi yang tidak teratur, hal ini dikarenakan pada saat melakukan pembebanan kendaraan tidak dilakukan perlahan-lahan sehingga diperoleh data yang kurang optimal. Selain itu, penggunaan material pada knalpot juga berpengaruh terhadap laju konversi karena karat pada material akan menutupi permukaan katalis sehingga katalis tidak mampu bekerja optimal.



Gambar 4.7 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs laju konversi CO (point to point)





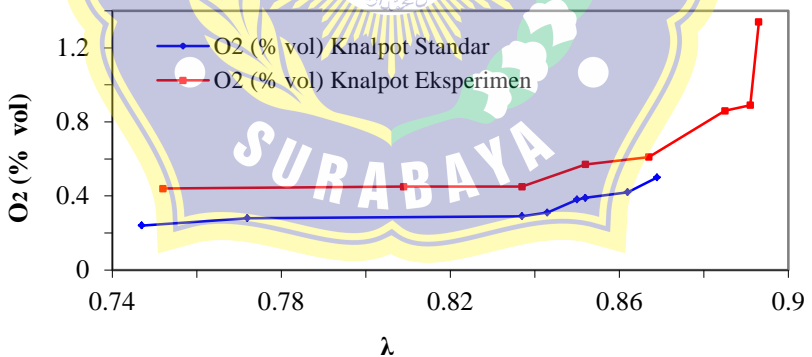
Gambar 4.8 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs laju konversi CO (trendline)

Untuk mengetahui sejauh mana persentase konsentrasi oksigen ( $O_2$ ) dengan menggunakan *catalytic converter* tembaga pada knalpot engine stand Avanza K3-VE, dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini.

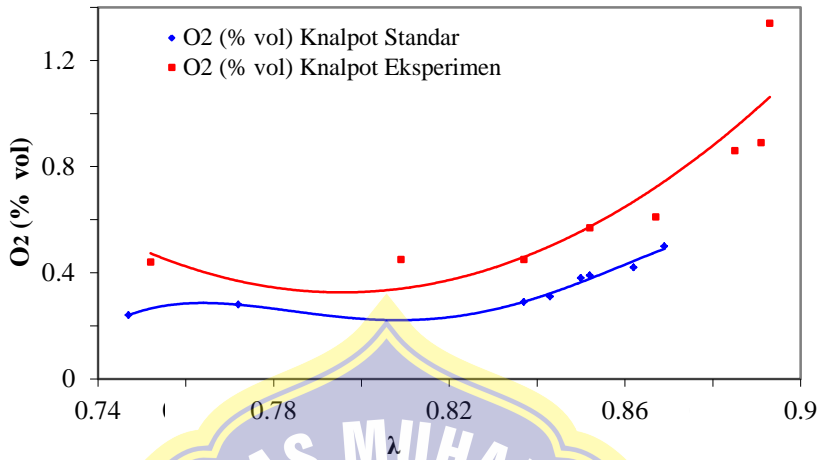
**Tabel 4.4 Konsentrasi Oksigen (O<sub>2</sub>) dalam Gas Buang**

Putaran (rpm)	O <sub>2</sub> (% vol)	
	Knalpot Standar	Knalpot Eksperimen
2000	0,24	0,44
2500	0,28	0,45
3000	0,29	0,45
3500	0,31	0,57
4000	0,38	0,61
4500	0,39	0,86
5000	0,42	0,89
5500	0,50	1,34

Dari data pada tabel 4.4 di atas, apabila dibuat dalam bentuk grafik akan nampak seperti terlihat pada gambar 4.9, 4.10, 4.11 dan 4.12.

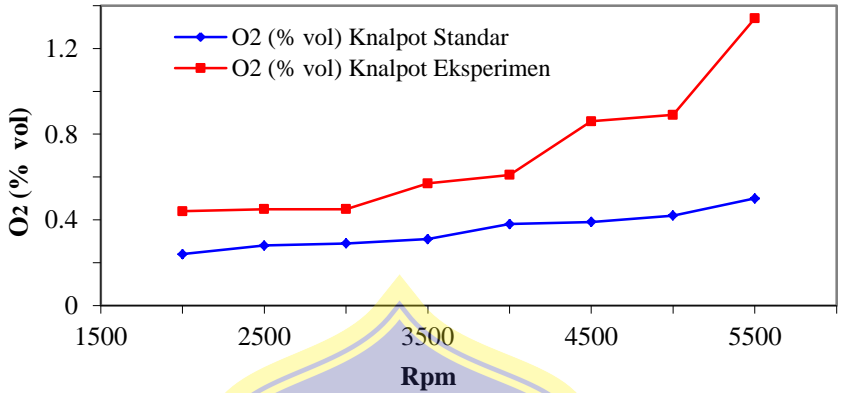


Gambar 4.9 Hubungan lambda (λ) vs O<sub>2</sub> (point to point)

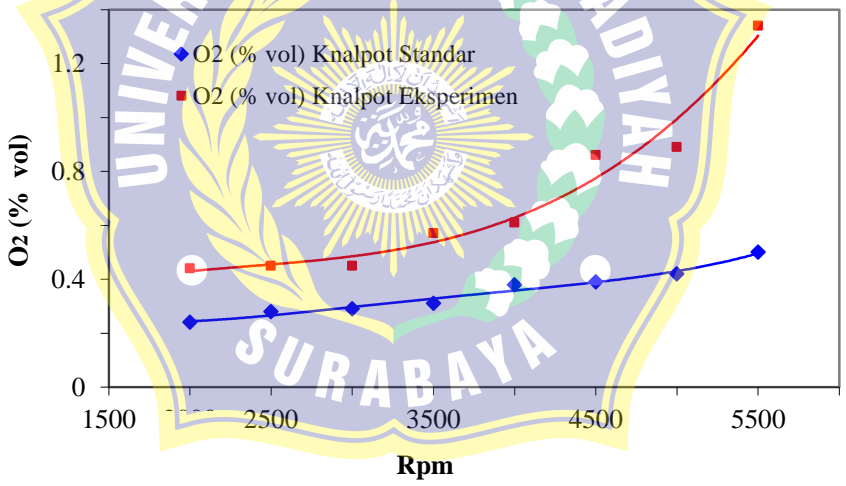


Gambar 4.10 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs O<sub>2</sub> (trendline)

Pada lambda 0,74 konsentrasi oksigen dalam gas buang sedikit, hal ini dikarenakan pada kondisi tersebut udara yang masuk sangat terbatas sehingga oksigen juga sedikit. Namun pada lambda 0,90 udara yang masuk semakin banyak sehingga konsentrasi oksigen juga bertambah.



Gambar 4.11 Hubungan putaran (rpm) vs O<sub>2</sub> (*point to point*)



Gambar 4.12 Hubungan putaran (rpm) vs O<sub>2</sub> (*trendline*)

Pada putaran 2000 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 9,63% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,747, sedangkan kadar emisi CO knalpot eksperimen sebesar 9,46% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,752 dengan temperatur 449°C. Efektivitas katalis (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 1,8%.

Pada putaran 2500 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 8,59% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,772, sedangkan kadar emisi CO knalpot eksperimen sebesar 7,16% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,809 dengan temperatur 474°C. Efektivitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 16,6%.

Pada putaran 3000 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 6,43% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,837, sedangkan kadar emisi CO knalpot eksperimen sebesar 6,41% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,837 dengan temperatur 519°C. Efektivitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 0,3%.

Pada putaran 3500 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 6,03% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,843, sedangkan kadar emisi CO knalpot eksperimen sebesar 5,75% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,852 dengan temperatur 539°C. Efektivitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 4,6%.

Pada putaran 4000 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 5,56% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,850, sedangkan kadar emisi CO knalpot

eksperimen sebesar 4,77% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,867 dengan temperatur 564°C. Efektivitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 14,2%.

Pada putaran 4500 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 5,18% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,852, sedangkan kadar emisi CO knalpot eksperimen sebesar 4,62% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,885 dengan temperatur 609°C. Efektivitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 10,8%.

Pada putaran 5000 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 5,10% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,862, sedangkan kadar emisi CO knalpot eksperimen sebesar 4,05% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,891 dengan temperatur 629°C. Efektivitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 20,6%.

Pada putaran 5500 rpm, kadar emisi CO knalpot standar sebesar 4,80% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,869, sedangkan kadar emisi CO knalpot eksperimen sebesar 4,09% vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,893 dengan temperatur 654°C. Efektivitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi CO pada putaran tersebut sebesar 14,8%.

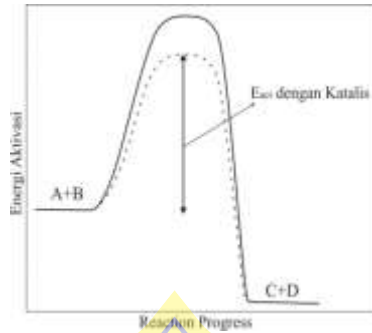
Dari pengujian *catalytic converter* tembaga pada knalpot engine stand Avanza K3-VE, dihasilkan penurunan tertinggi kadar emisi CO yang dihasilkan mesin sebesar 20,60% pada putaran 5000 rpm dengan temperatur 629°C. *Catalytic*

*converter* tembaga efektif sebagai katalisator pada reaksi oksidasi CO

( $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ) pada lambda ( $\lambda$ ) 0,891 dengan temperatur 629°C.

Dari gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bahwa hampir di setiap putaran terjadi penurunan kadar emisi CO secara signifikan. Dengan aktif metal katalis berbentuk serabut didapatkan luas permukaan efektif katalis yang paling optimal yang akhirnya mampu menurunkan kadar emisi CO secara signifikan di setiap putaran.

Hal ini sesuai dengan penjelasan Berzelius (1835), bahwa reaksi katalitik pada katalis padat terjadi pada permukaan katalis, dan semakin luas permukaan katalis semakin cepat laju reaksinya, sehingga kadar produk yang dihasilkan semakin rendah. Tingginya penurunan kadar emisi CO yang dihasilkan mesin, selain disebabkan oleh semakin luasnya permukaan efektif katalis yang bersinggungan langsung dengan gas buang, juga dipengaruhi oleh faktor temperatur. Temperatur yang lebih rendah (mencapai 629°C) akan menyebabkan turunnya energi aktivasi sehingga proses oksidasi dari  $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$  menjadi lebih cepat tercapai. Akibatnya, terjadi reduksi kadar emisi CO yang cukup signifikan hampir di setiap putaran mesin jika dibandingkan dengan knalpot standar.



Gambar 4.13 Grafik hubungan antara energi aktivasi dengan *reaction progress*

Sumber: Warju dan Sungkono (2006:135)

Sebenarnya emisi CO tersebut dapat berubah menjadi  $\text{CO}_2$  dengan cara bereaksi dengan  $\text{O}_2$  atau  $\text{NO}_x$  tetapi hal ini akan membutuhkan temperatur yang tinggi yaitu  $700^\circ\text{C}$ .

Dalam penelitian ini, temperatur optimal katalis dicapai pada temperatur  $629^\circ\text{C}$ . Di bawah temperatur tersebut, katalis tidak berfungsi optimal dan di atas temperatur itu, tembaga yang digunakan sebagai *catalytic converter* mulai jenuh sehingga mengurangi unjuk kerja katalis.

#### 4.2.2 Laju Konversi Emisi Hidrokarbon (HC)

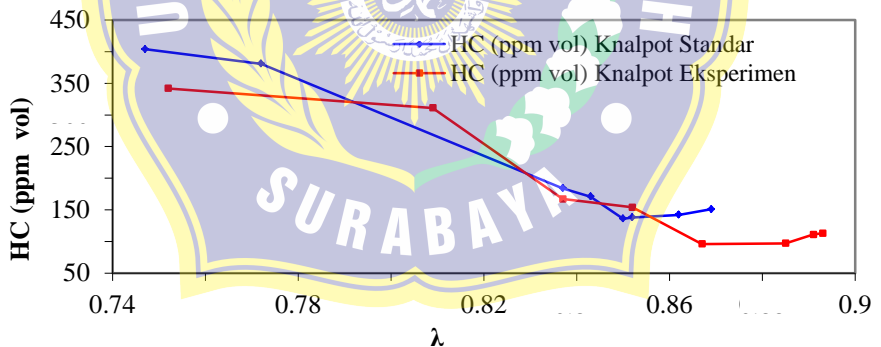
Untuk mengetahui sejauh mana persentase laju konversi emisi HC dengan menggunakan *catalytic converter* tembaga pada knalpot engine stand Avanza K3-VE, dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini.



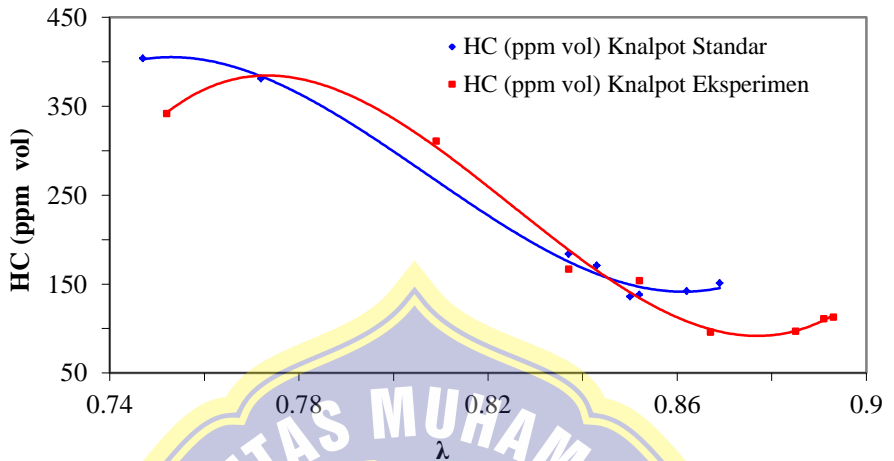
Tabel 4.6 Laju Konversi Emisi HC

Putaran (rpm)	HC (ppm vol) Knalpot Standar	HC (ppm vol) Knalpot Eksperimen	Laju Konversi (k) (%)
2000	404	342	15,3
2500	381	311	18,4
3000	184	167	9,2
3500	171	154	9,9
4000	136	96	29,4
4500	138	97	29,7
5000	142	111	21,7
5500	151	113	25,2

Dari data pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.6 di atas, apabila dibuat dalam bentuk grafik akan nampak seperti terlihat pada gambar 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 dan 4.25.



Gambar 4.14 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs emisi HC (*point to point*)

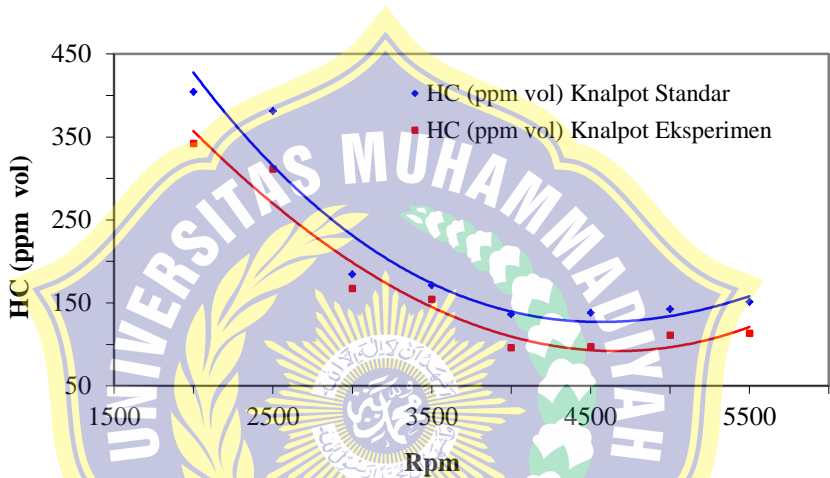


Gambar 4.15 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs emisi HC (trendline)

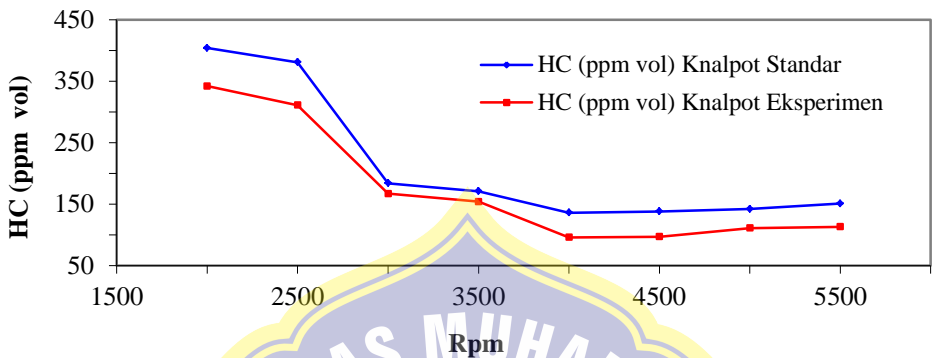
Secara umum, penggunaan *catalytic converter* tembaga (Cu) pada knalpot eksperimen dapat mereduksi kadar emisi hidrokarbon (HC) yang dihasilkan oleh emisi gas buang engine stand Avanza K3-VE. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 dan 4.25.

Pada lambda 0.74, HC yang dihasilkan mesin cenderung tinggi. Hal ini dikarenakan oksigen yang masuk ke ruang bakar terbatas sehingga tidak mampu mengoksidasi HC menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dan mengakibatkan HC pada kondisi tersebut tinggi. Namun pada lambda 0.80, HC yang dihasilkan mesin turun. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut terjadi pembakaran sempurna sehingga HC terbakar sempurna menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pada

lambda 0,90, konsentrasi HC cenderung akan naik hal ini disebabkan pada kondisi tersebut pembakaran tidak sempurna sehingga ada sebagian hidrokarbon yang keluar pada saat proses pembuangan sehingga mengakibatkan HC pada kondisi tersebut naik.



Gambar 4.16 Hubungan putaran (rpm) vs emisi HC (point to point)



Gambar 4.17 Hubungan putaran (rpm) vs emisi HC (trendline)

Pada putaran rendah, ( $\pm 2000-2500$  rpm), proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar cenderung kurang sempurna. Hal ini disebabkan campuran udara dan bahan bakar cenderung kaya (*rich mixture*). Hal ini ditandai dengan rendahnya nilai lambda ( $\lambda$ ) yang besarnya di bawah angka 1. Hal ini mengakibatkan kadar emisi HC yang dihasilkan mesin tinggi (lihat gambar 4.18, 4.19, 4.20 dan 4.21). Pada putaran menengah ( $\pm 3000-4000$  rpm), campuran udara dan bahan bakar cenderung naik sehingga nilai lambda ( $\lambda$ ) mendekati campuran *stoichiometric* ( $\lambda=1$ ). Hal ini mengakibatkan kadar emisi HC yang dihasilkan mesin cenderung turun (lihat gambar 4.18, 4.19, 4.20 dan 4.21). Sedangkan pada putaran tinggi ( $\pm 4500-5500$  rpm), campuran udara dan bahan

bakar cenderung semakin miskin (*lean mixture*), sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna. Hal ini ditandai dengan tingginya nilai lambda ( $\lambda$ ) yang besarnya hampir mendekati angka 1. Hal ini mengakibatkan kadar emisi HC yang dihasilkan oleh mesin cenderung naik (lihat gambar 4.18, 4.19, 4.20 dan 4.21). Naiknya kadar emisi HC disebabkan karena: 1) pembakaran yang kurang sempurna karena kekurangan oksigen sehingga ada sebagian bahan bakar yang belum terbakar dan keluar masih dalam bentuk hidrokarbon, 2) pada campuran kurus, konsentrasi HC akan naik disebabkan karena kurangnya pasokan bahan bakar sehingga menyebabkan rambatan bunga api menjadi lambat dan bahan bakar akan segera keluar sebelum terbakar dengan sempurna, 3) pada kondisi kaya, konsentrasi HC akan naik dikarenakan pasokan udara tidak cukup untuk bereaksi dengan sempurna, sehingga ada sebagian hidrokarbon yang keluar pada saat proses pembuangan.

Pada putaran 2000 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 404 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,747, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 342 vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,752 dengan temperatur 449°C. Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 15,3%.

Pada putaran 2500 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 381 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,772, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 311 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ )

0,809 dengan temperatur 474°C Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 18,4%.

Pada putaran 3000 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 184 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,837, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 167 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,837 dengan temperatur 519°C. Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 9,2%.

Pada putaran 3500 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 171 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,843, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 154 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,852 dengan temperatur 539°C. Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 9,9%.

Pada putaran 4000 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 136 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,850, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 96 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,867 dengan temperatur 564°C. Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 29,4%.

Pada putaran 4500 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 138 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,852, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 97 vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,885 dengan temperatur 609°C. Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 29,7%.

Pada putaran 5000 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 142 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,862, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 111 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,891 dengan temperatur 629°C. Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 21,7%.

Pada putaran 5500 rpm, kadar emisi HC knalpot standar sebesar 151 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,869, sedangkan kadar emisi HC knalpot eksperimen sebesar 113 ppm vol pada lambda ( $\lambda$ ) 0,893 dengan temperatur 654°C. Efektifitas katalis tembaga (laju konversi = k) terhadap reduksi emisi HC pada putaran tersebut sebesar 25,2%.

Dari pengujian *catalytic converter* tembaga pada knalpot engine stand Avanza K3-VE, dihasilkan penurunan tertinggi kadar emisi HC yang dihasilkan mesin sebesar 29,7% pada putaran 4500 rpm dengan temperatur 609°C. *Catalytic converter* tembaga efektif sebagai katalisator pada reaksi  $(2\text{HC} + 2\frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2)$  pada lambda ( $\lambda$ ) 0,885 dengan temperatur 609°C.

Dari gambar 4.17, 4.18, 4.19 dan 4.20 dapat dilihat bahwa hampir di setiap putaran terjadi penurunan kadar emisi HC. Dengan aktif metal katalis berbentuk serabut didapatkan luas permukaan efektif katalis yang paling optimal yang akhirnya mampu menurunkan kadar emisi HC di setiap putaran.

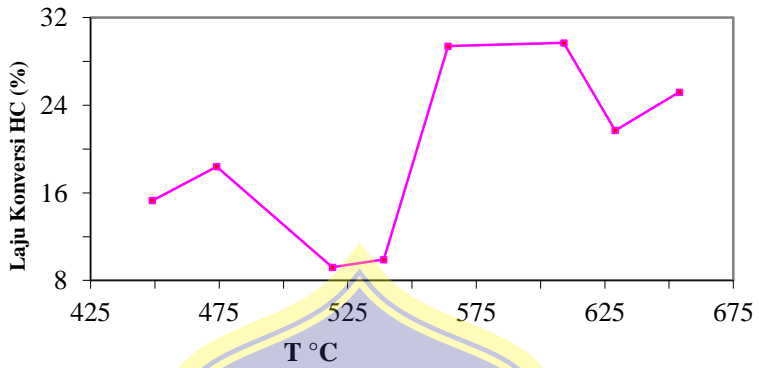
Hal ini sesuai dengan penjelasan Berzelius (1835), bahwa reaksi katalitik pada katalis padat

terjadi pada permukaan katalis, dan semakin luas permukaan katalis semakin cepat laju reaksinya, sehingga kadar produk yang dihasilkan semakin rendah. Tingginya penurunan kadar emisi HC yang dihasilkan mesin, selain disebabkan oleh semakin luasnya permukaan efektif katalis yang bersinggungan langsung dengan gas buang, juga dipengaruhi oleh faktor temperatur. Temperatur yang lebih rendah (mencapai 609°C) akan menyebabkan turunnya energi aktivasi sehingga proses oksidasi dari  $2\text{HC} + 2\frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$  menjadi lebih cepat tercapai (lihat gambar 4.11). Akibatnya, terjadi reduksi kadar emisi HC yang cukup signifikan di setiap putaran mesin jika dibandingkan dengan knalpot standar.

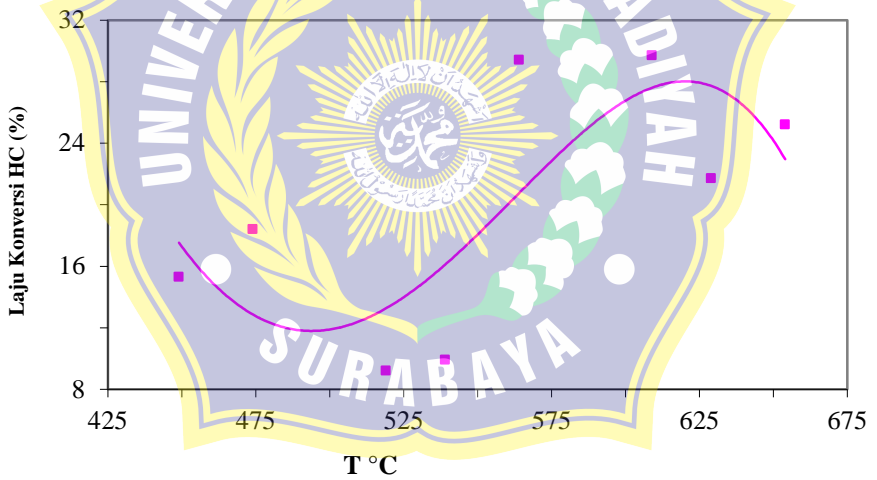
Sebenarnya emisi HC tersebut dapat berubah menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{CO}_2$  dengan cara bereaksi dengan  $\text{O}_2$  atau  $\text{NO}_x$  tetapi hal ini akan membutuhkan temperatur yang tinggi yaitu 700°C.

Dalam penelitian ini, temperatur optimal katalis dicapai pada temperatur 609°C. Di bawah temperatur tersebut, katalis tidak berfungsi optimal dan di atas temperatur itu, tembaga yang digunakan sebagai *catalytic converter* mulai jenuh sehingga mengurangi unjuk kerja katalis.





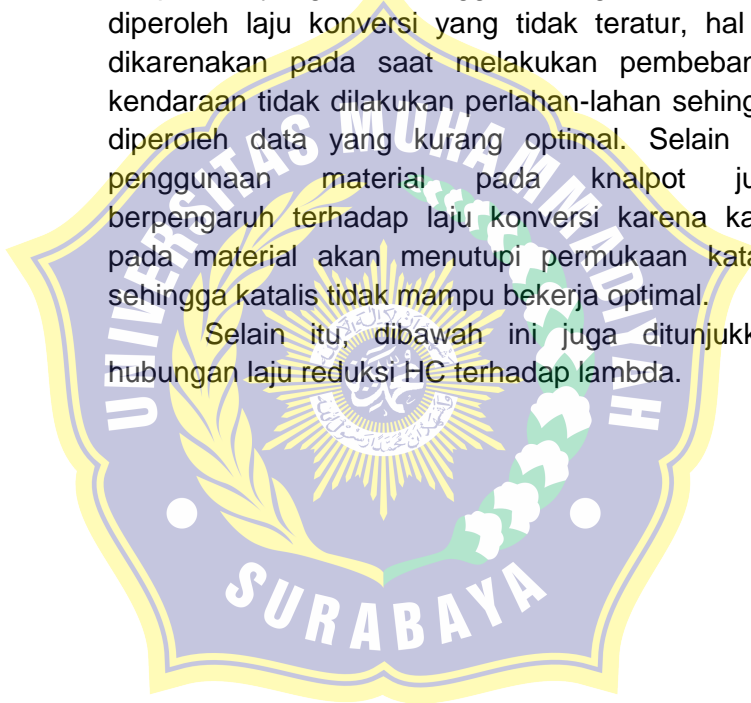
Gambar 4.18 Hubungan T°C vs laju konversi HC(*point to point*)

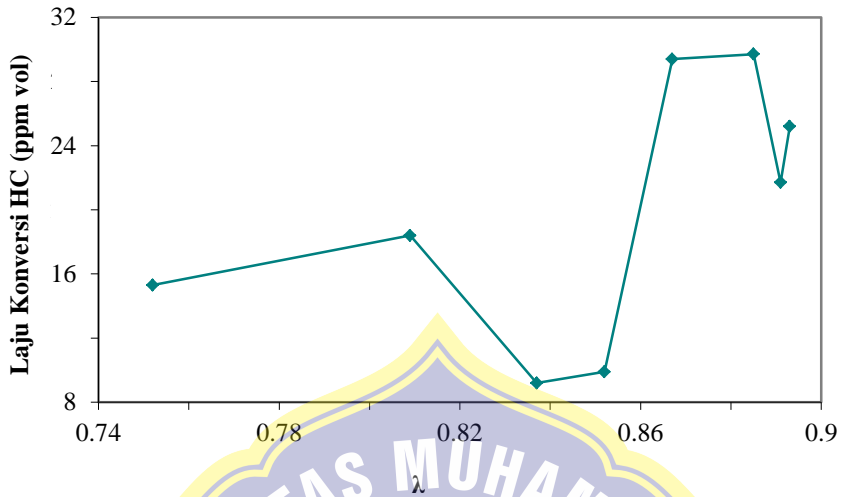


Gambar 4.19 Hubungan T°C vs laju konversi HC (*trendline*)

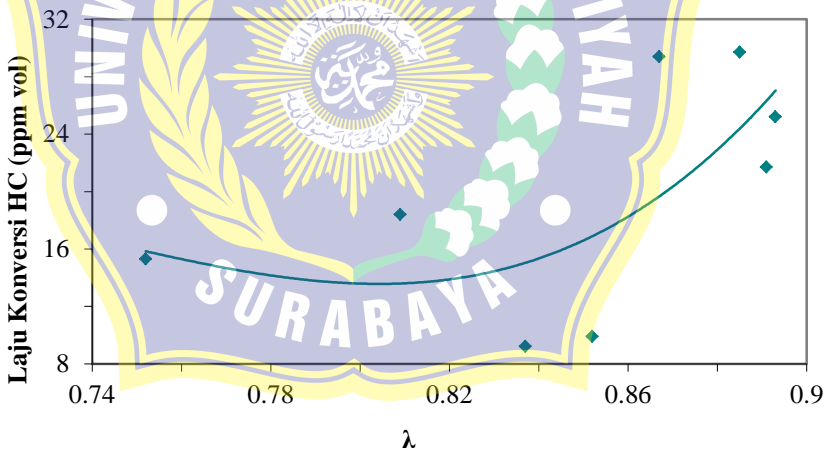
Pada temperatur  $\pm 450$  °C, laju reduksi HC cenderung rendah. Hal ini dikarenakan pada temperatur tersebut katalis masih belum bekerja optimal. Namun pada temperatur  $\pm 650$  °C, katalis akan bekerja optimal sampai titik jenuh dimana katalis tersebut tidak dapat bekerja lagi karena temperatur yang terlalu tinggi. Pada gambar di atas diperoleh laju konversi yang tidak teratur, hal ini dikarenakan pada saat melakukan pembebanan kendaraan tidak dilakukan perlahan-lahan sehingga diperoleh data yang kurang optimal. Selain itu, penggunaan material pada knalpot juga berpengaruh terhadap laju konversi karena karat pada material akan menutupi permukaan katalis sehingga katalis tidak mampu bekerja optimal.

Selain itu, dibawah ini juga ditunjukkan hubungan laju reduksi HC terhadap lambda.



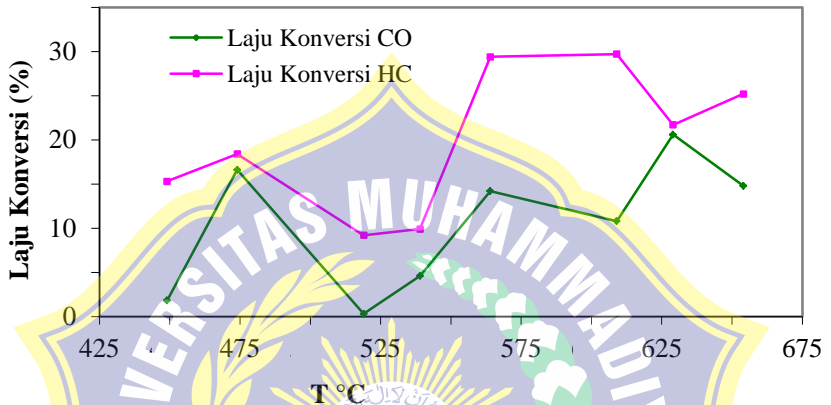


Gambar 4.20 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs laju konversi HC (point to point)

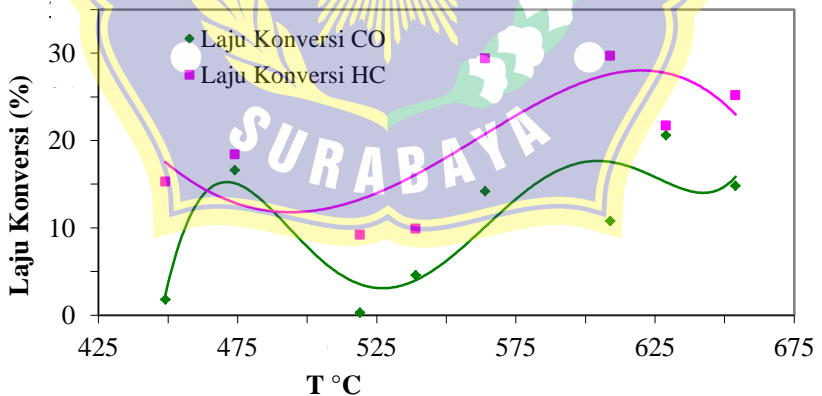


Gambar 4.21 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs laju konversi HC (trendline)

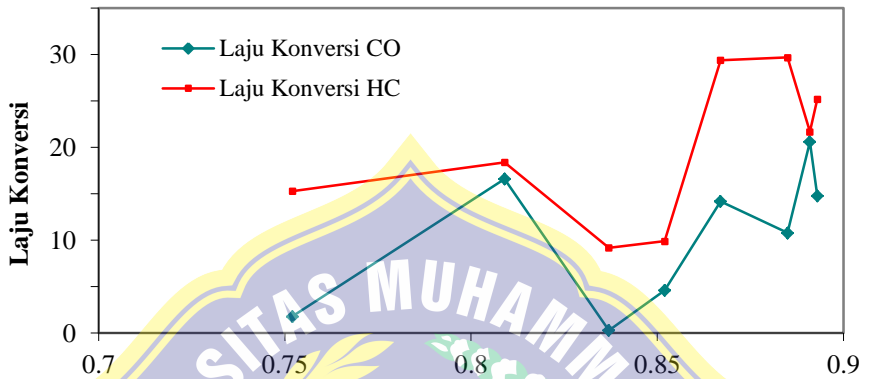
Secara lengkap, efektivitas *catalytic converter* tembaga terhadap laju konversi emisi CO dan HC pada setiap temperatur dan setiap lambda, dapat dilihat pada gambar 4.26, 4.27 4.28 dan 4.29.



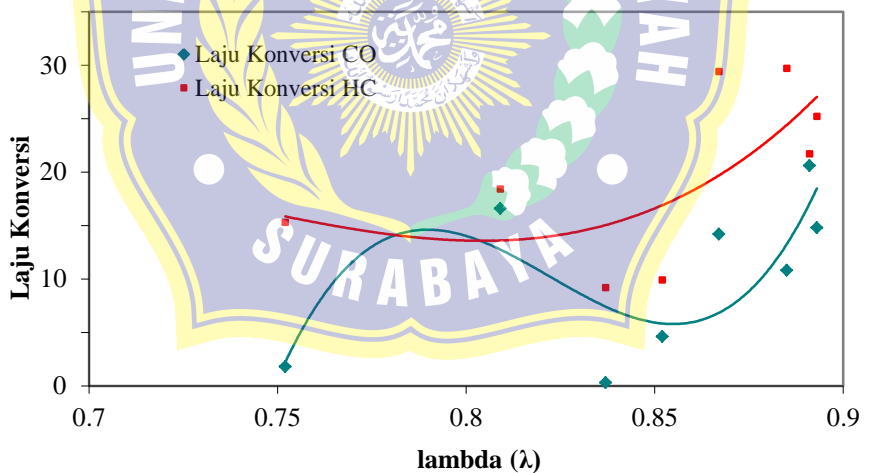
Gambar 4.22 Hubungan T°C vs laju konversi CO dan HC (*point to point*)



Gambar 4.23 Hubungan T°C vs laju konversi CO dan HC (*trendline*)



Gambar 4.24 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs laju konversi CO dan HC (*point to point*)



Gambar 4.25 Hubungan lambda ( $\lambda$ ) vs laju konversi CO dan HC (*trendline*)