

**PEMANFAATAN KATALIS TEMBAGA BERLAPIS NIKEL (Cu*Ni)
UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG
KARBON MONOKSIDA (CO) DAN HIDROKARBON (HC)
PADA MOTOR BENSIN**

M. Edi Pujiyanto

Teknik Mesin-Fakultas Teknik- Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Kasipah no.12 Semarang 50254
E-mail : Vanhebleedi@gmail.com

Abstrak

*Transport is the highest contributor to air pollution which is about 85%. One technology that can be used to reduce exhaust emissions by fitting catalytic converter is installed on the sewer system exhaust emissions. Therefore, this study uses copper as reducing CO and HC with variable rev the engine and also the amount of the catalyst. The catalyst in the form of flat plate with a variety pemsangan catalyst hole with zig zag groove. Variations in the number of different catalysts in the form without a catalyst, the catalyst 5, 10 catalyst, and the catalyst 15. Round machine is in use idle, 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 2500 rpm, 2000 rpm, 1500 rpm, 1000 rpm down to idle. The use of a catalytic converter the most effective is the use of 5 * Ni Cu catalyst. Percentage reduction in exhaust emissions to the percentage of carbon monoxide (CO) of 100% at rpm idle and the percentage reduction in the levels of exhaust emissions of hydrocarbon (HC) by 47% at the engine speed 1dle.*

*Keywords: Catalytic Converter, Copper (Cu), Nickel Plated Copper (Cu * Ni), Carbon Monoxide (CO), hydrocarbon (HC).*

1. PENADAHULUAN

Transportasi adalah sebagai penyumbang pencemaran udara tertinggi (Ismiyati, 2014). Perkembangan volume lalu lintas di perkotaan Indonesia mencapai 15% pertahun (Nanny, 2008). Hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari CO, sekitar 15% terdiri dari HC (Aryono, 2013). Emisi HC dan CO bisa di turunkan dengan perbaikan pada desain motor bakar karena penurunan emisi HC dan CO terjadi bersamaan dengan peningkatan efisiensi motor bakar (Rusmariadi, 2010).

Karbon monoksida adalah suatu komponen tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas 192°C. (Zulfah dkk., 2011) Mengakibatkan pusing, mual, gangguan napas, bahkan dapat mengakibatkan kematian (Beni Setya N, 2007).

Hidrokarbon (HC) merupakan segolongan senyawa yang banyak terdapat di alam sebagai minyak bumi. Hidrokarbon terutama berperan dalam atmosfer dalam pembentukan ozon dan fotooksidan lainnya, bersama-sama dengan adanya oksida nitrogen dan sinar ultra violet. Gangguan pernapasan dapat timbul akibat senyawa hidrokarbon sendiri, meliputi laryngitis, pharya dan bronchitis. Dampak fotooksidan yang terbentuk, sebenarnya lebih besar dari dampak hidrokarbon sendiri (Adistya, 2007).

Satu teknologi yang dapat digunakan adalah dengan pemasangan *Catalytic Converter* pada system saluran pembuangan emisi gas dapat mengurangi zat beracun berbahaya yang tidak diinginkan. Penelitian terdahulu menjelaskan *Catalytic Converter* zeolit mempercepat penyisihan polutan gas buang dengan efisiensi penyisihan gas CO hingga 80,75%, HC hingga 41,44% (Razif dan Nugroho, 2003).

Disamping itu beberapa logam yang diketahui efektif sebagai bahan katalis oksida dan reduksi mulai dari yang besar sampai yang kecil adalah Pt, Pd, Ru > Mn, Cu > > Ni > Fe > Cr > Zn dan oksida dari logam-logam tersebut mampu mengurangi emisi gas buang (CO, HC, Nox) cukup tinggi antara 16% sampai 80% (Irawan, 2012).

Penelitian ini merancang bangun catalytic converter menggunakan bahan tembaga (Cu) dan berlapis menggunakan nikel (Ni) untuk mengetahui kemampuan katalis ini terhadap pengurangan emisi gas yang paling dominan yaitu CO dan gas HC. Diharapkan penelitian ini dapat membantu mengatasi problem pencemaran udara dengan pendekatan dan pemanfaatan teknologi rekayasa.

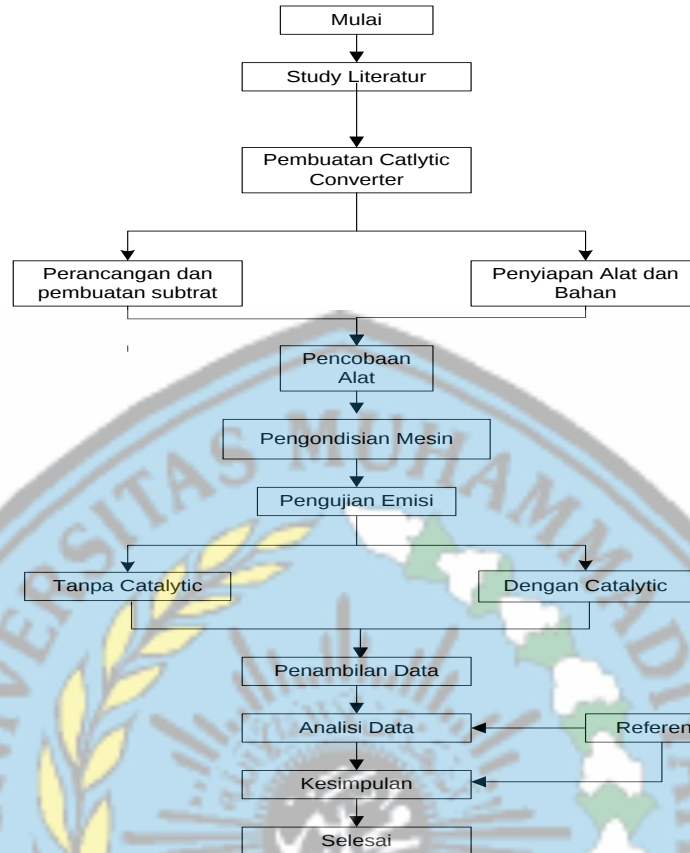
2. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua tujuan di antaranya yaitu:

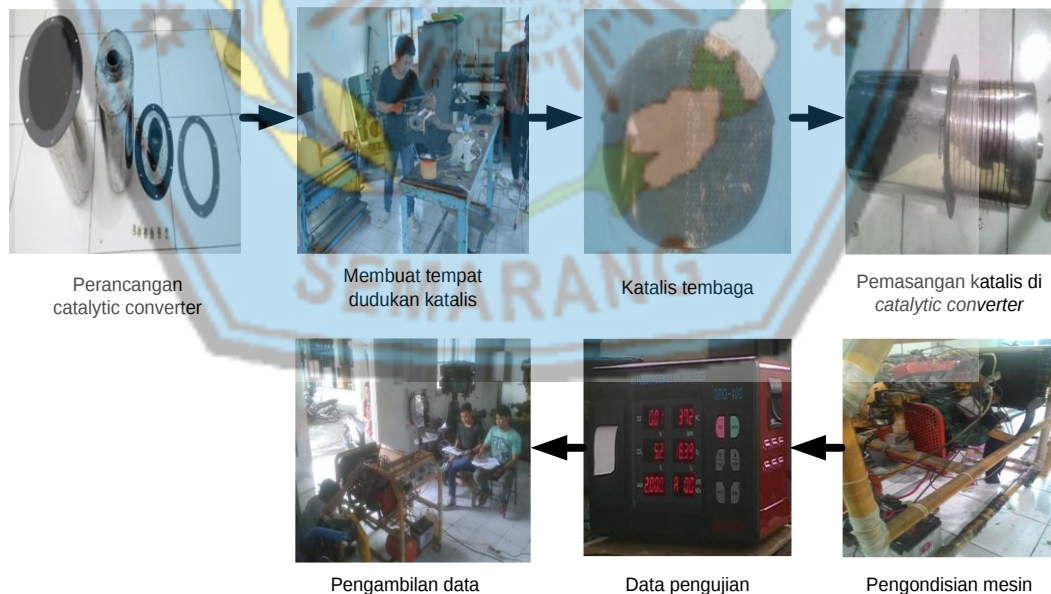
- a. Rancang bangun *catalytic converter*.
- b. Mengetahui kemampuan katalis tembaga berlapis nikel (Cu*Ni) dalam mereduksi emisi gas CO dan HC.

3. METODELOGI PENELITIAN

Diagram alur penelitian metodologi penelitian Gambar 1.



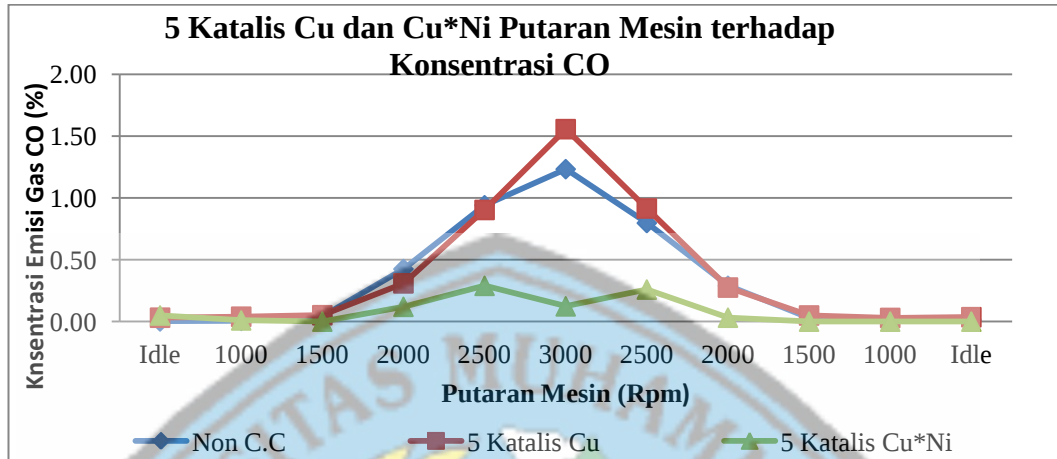
Gamba 1. Diagram metodologi penelitian



Gambar 2. Proses pembuatan catalytic dan pengujiannya

4. ANALISI DAN PEMBAHASAN

4.1 Hubungan Konsentrasi CO dengan Putaran Mesin pada *Catalytic Converter* 5 Katalis



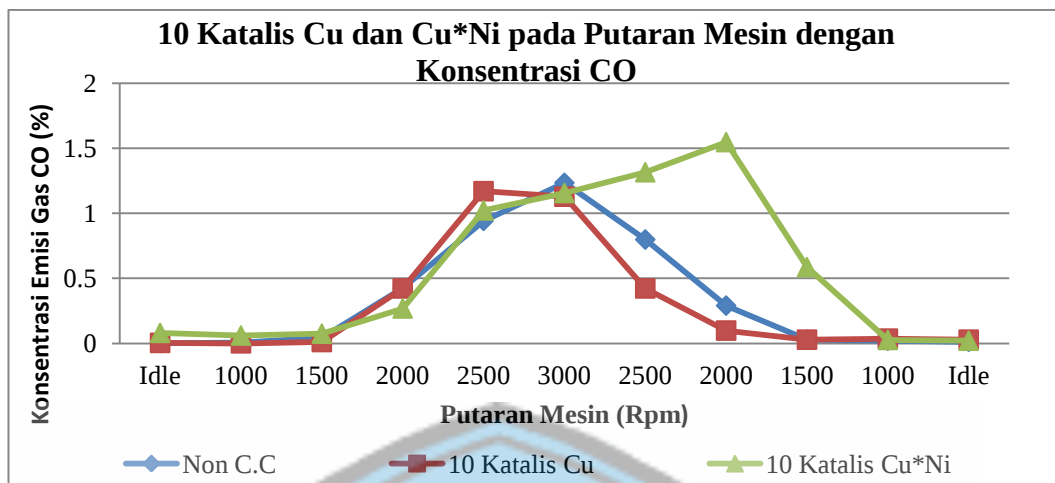
Gambar 4.1 Grafik 5 Katalis dengan Putaran Mesin pada Konsentrasi CO

Pada **Gambar 4.1** menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi emisi gas buang Carbon Monoksida ada kecenderungan semakin meningkat dengan penambahan lapisan maupun jumlah katalis yang dipasang pada *Catalytic Converter*. Penurunan emisi gas buang tersebut tiap perubahan variasi putaran mesin yang berbeda, tampak dalam gambar terjadi fluktuasi. Fluktuasi ini disebabkan adanya perubahan campuran bahan bakar dan udara yang berbeda saat masuk ke dalam ruang bakar. Tren naik-turun merupakan hal yang wajar, mengingat mesin uji masih menggunakan system karburator (bahan bakar tidak dapat optimal, belum menggunakan sistem bahan bakar injeksi elektronik seperti sistem EFI (Irawan B,dkk, 2013).

Pada putaran mesin 3000 pengujian tanpa katalis menunjukkan konsentrasi CO sebesar 1,23 %, Sedangkan penggunaan 5 katalis Cu menunjukkan konsentrasi 1,56 % dan pada penggunaan 5 katalis Cu*Ni menunjukkan konsentrasi CO dengan putaran mesin 3000 sebesar 0,12 %.

4.2 Hubungan Konsentrasi CO dengan Putaran Mesin pada *Catalytic Converter* 10 Katalis

Secara keseluruhan Grafik penurunan CO 10 katalis ternyata belum jauh lebih baik dari 5 katalis. Untuk katalis tembaga Cu ada perubahan penurunan dalam putaran mesin 3000 sedangkan tembaga berlapis nikel malah mengalami kenaikan.

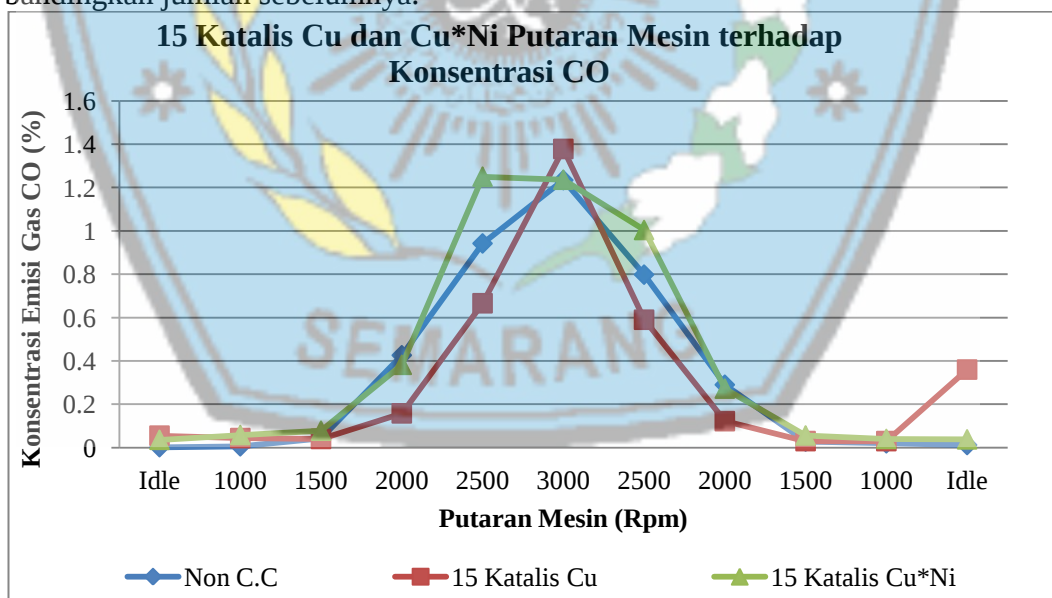


Gambar 4.2 Grafik 10 Katalis dengan Putaran Mesin pada Konsentrasi CO

Pada putaran mesin 3000 pengujian tanpa katalis **Gambar 4.2** menunjukkan konsentrasi CO sebesar 1,23 %, Sedangkan penggunaan 10 katalis Cu menunjukkan konsentrasi 1,13 % dan pada penggunaan 10 katalis Cu*Ni menunjukkan konsentrasi sebesar 1,16 %.

4.3 Hubungan Konsentrasi CO dengan Putaran Mesin pada *Catalytic Converter* 15 katalis

Gambar 4.3 pada 15 katalis yang di gunakan secara keseluruhan *catalytic converter* tidak dapat menurunkan konsentrasi CO yang cukup signifikan di bandingkan jumlah sebelumnya.



Gambar 4.3 Grafik 15 Katalis dengan Putaran Mesin pada Konsentrasi CO

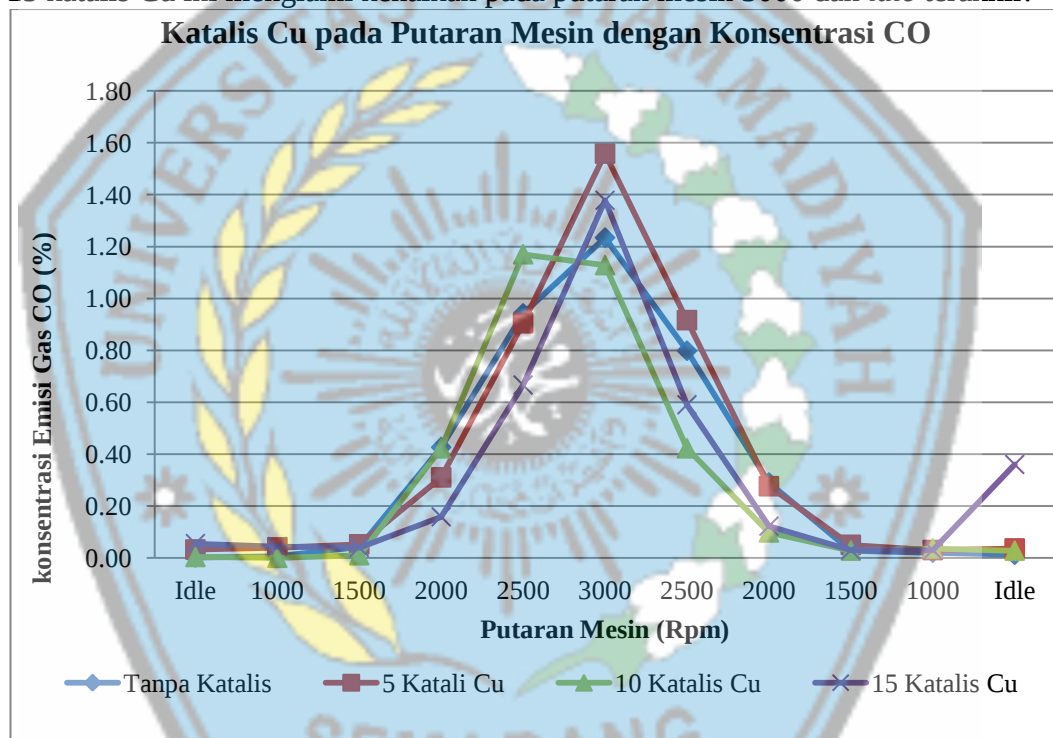
Pada putaran mesin 3000 pengujian tanpa katalis menunjukkan konsentrasi CO sebesar 1,23 %, Sedangkan penggunaan 15 katalis Cu menunjukkan

konsentrasi 1,38 % dan pada penggunaan 15 katalis Cu*Ni menunjukkan konsentrasi CO sebesar 1,24 %.

Berdasarkan hasil pengujian pemakaian 5 katalis pada *catalytic converter* merupakan yang paling efektif jika di bandingkan 10 katalis dan 15 katalis.

4.4 Hubungan Konsentrasi CO pada Putaran Mesin dengan Variasi Katalis Cu

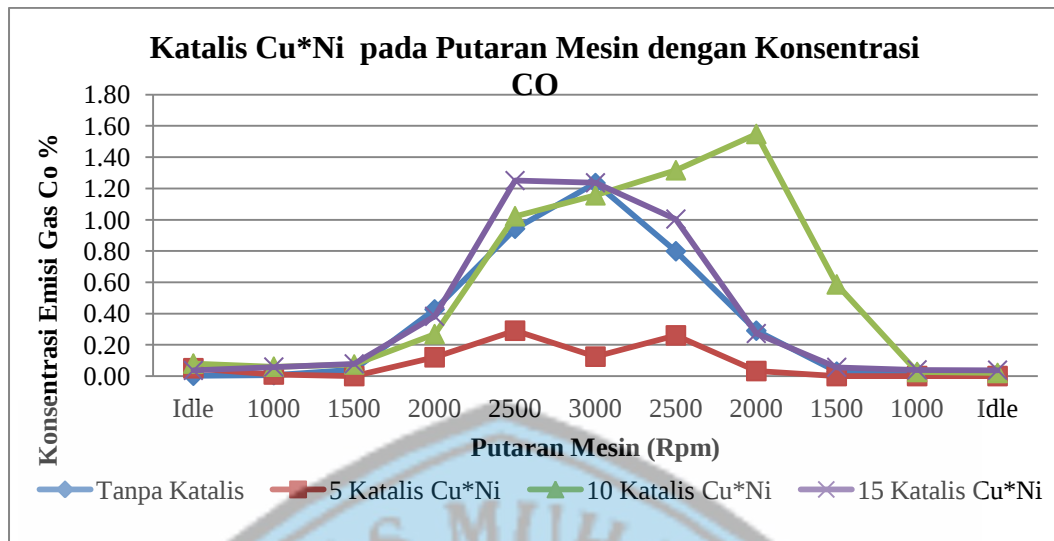
Gambar 4.4 pada putaran mesin 3000 pengujian tanpa katalis menunjukkan konsentrasi CO sebesar 1,23 %. Sedangkan penggunaan 5 katalis Cu menunjukkan konsentrasi 1,56% namun efektifitas 5 katalis Cu hanya pada putarn mesin 2500. Sedangkan penggunaan 10 katalis Cu menunjukkan konsentrasi 1,13 % tetapi pada 10 katalis Cu ini di mengalami kenaikan di putaran mesin 2500 awal namun setelah putaran mesin 3000 mengalami penurunan kadar CO. Sedangkan penggunaan 15 katalis Cu menunjukkan konsentrasi 1,38 % pada pada penggunaan 15 katalis Cu ini menglami kenaikan pada putaran mesin 3000 dan *idle* terakhir.



Gambar 4.4 Grafik Katalis Cu dengan Putaran Mesin pada Konsentrasi CO

4.5 Hubungan Konsentrasi CO pada Putaran Mesin dengan Variasi Katalis Cu*Ni

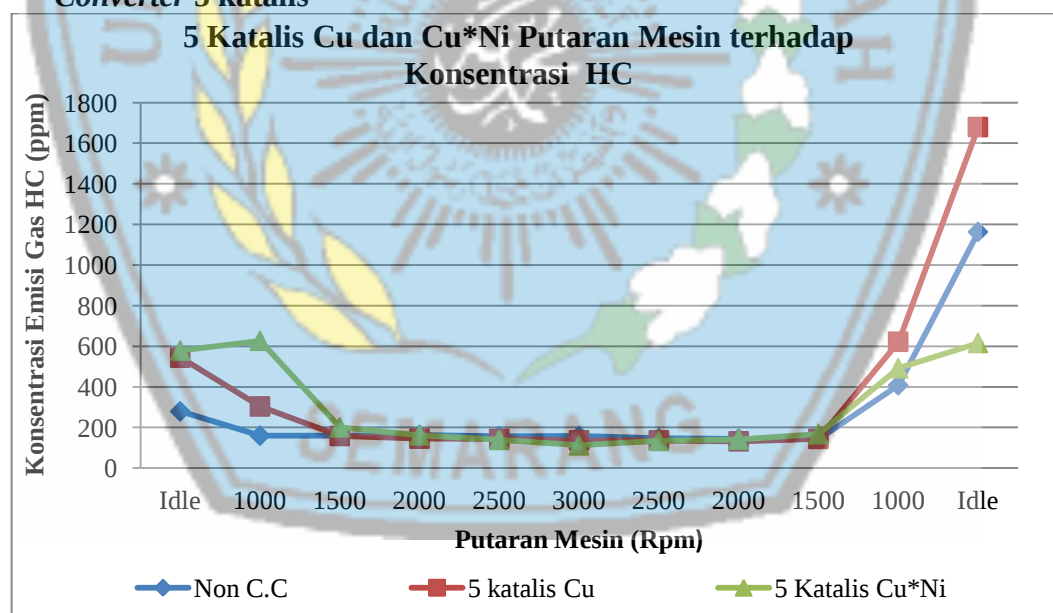
Pada putaran mesin 3000 pengujian tanpa katalis menunjukkan konsentrasi CO sebesar 1,23 %. Pada penggunaan 5 katalis Cu*Ni menunjukkan yang paling efektif bahwa konsentrasi CO dengan putaran mesin (Rpm) 3000 sebesar 0,12%. Sedangkan penggunaan 10 katalis Cu*Ni menunjukkan konsentrasi sebesar 1,16% namun efektifitas katalis Cu*Ni hanya pada putaran mesin 2500.. pada penggunaan 15 katalis Cu*Ni menunjukkan konsentrasi CO sebesar 1,2 %.



Gambar 4.5 Katalis Cu*Ni pada Putaran Mesin dengan Konsentrasi CO

Berdasarkan hasil pengujian **Gambar 4.5** pemakaian 5 katalis Cu*Ni pada *catalytic converter* merupakan yang paling efektif jika jika di bandingkan 10 katalis Cu*Ni dan 15 katalis Cu*Ni

4.6 Hubungan Konsentrasi HC dengan Putaran Mesin pada *Catalytic Converter* 5 katalis



Gambar 4.6 Grafik 5 Katalis dengan Putaran Mesin pada Konsentrasi HC

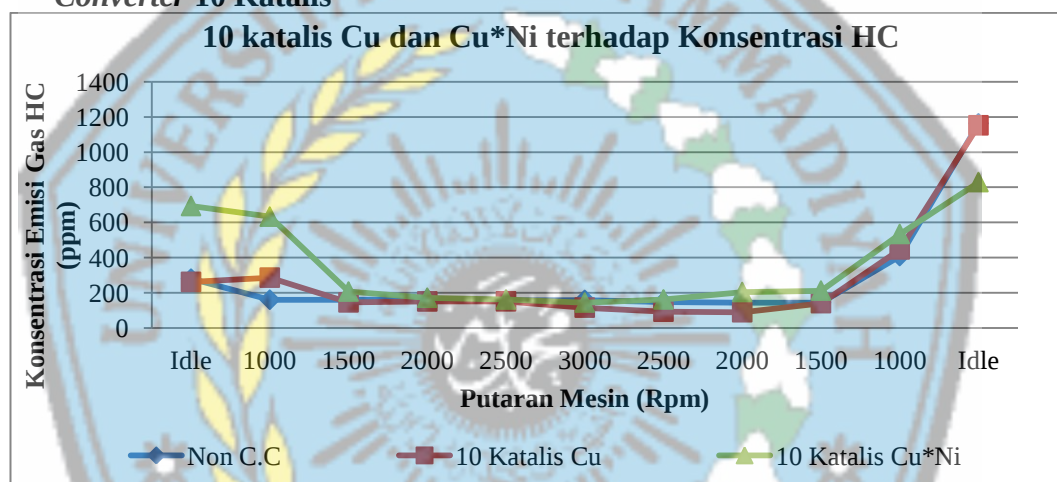
Data hasil pengujian konsentrasi HC yang tanpa katalis tetap akan di masukan dalam grafik sebagai pembandingan di setiap jumlah katalis yang di uji baik menggunakan tembaga Cu maupun menggunakan Cu*Ni.

Dari **Gambar 4.6** menunjukkan tiga grafik yang berbeda, perbandingan penurunan grafik konsentrasi *Hidro Carbon* (HC). Dimana grafik tanpa katalis, 5 katalis Cu dan menggunakan 5 katalis Cu*Ni.

Hasil perhitungan data pengujian 5 katalis Cu terjadi penurunan kadar HC sebesar 136,8 ppm dimana konsentrasi penurunan HC 14 % pada putaran mesin 3000. Penurunan konsentrasi HC tertinggi pada 5 katalis Cu*Ni sebesar 47 % dengan kadar HC 616,0 ppm pada putaran mesin *idle* terakhir.

Dari menunjukkan bahwa emisi gas HC secara keseluruhan mengalami penurunan konsentrasi pada setiap variasi putaran. Penurunan konsentrasi HC setiap perubahan Rpm mengalami fluktuasi yang berbeda-beda, hal ini disebabkan karena jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar setiap perubahan putaran mesin berbeda beda. Disamping itu campuran bahan bakar yang masuk juga dipengaruhi oleh kondisi kendaraan uji (Irawan B Dan Subri M. 2005).

4.7 Hubungan Konsentrasi HC dengan Putaran Mesin pada *Catalytic Converter* 10 Katalis



Gambar 4.7 Grafik 10 Katalis dengan Putaran Mesin pada Konsentrasi HC

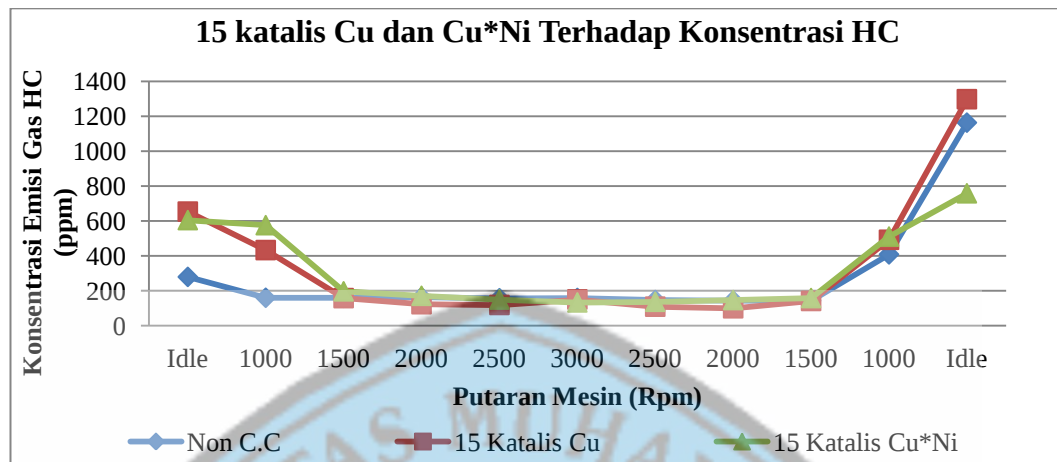
Berdasarkan **Gambar 4.7** penurunan tertinggi konsentrasi HC 10 katalis Cu sebesar 38 % dengan kadar 88,6 ppm pada putaran mesin 2000 akhir. Penurunan tertinggi grafik konsentrasi HC 10 katalis Cu*Ni sebesar 9 % pada putaran 3000 dengan kadar HC sebesar 143,6 ppm

Berbeda dengan grafik 5 katalis Cu*Ni bahwa pada keseluruhan putaran mesin mengalami penurunan yang signifikan. Namun tidak jauh berbeda dengan 10 katalis Cu naik dan turun pada konsentrasi HC. Hal ini menandakan pembakaran pada pemasangan 10 katalis Cu*Ni bekerja lebih baik dari pada 10 katalis Cu.

4.8 Hubungan Konsentrasi HC dengan Putaran Mesin pada *Catalytic Converter* 15 Katalis

Hasil perhitungan **Gambar 4.8** bahwa penurunan tertinggi pada 15 katalis Cu sebesar 31% pada putaran mesin 2000 di akhir pengujian dengan konsentrasi HC 99,4 ppm. Penurunan tertinggi grafik konsentrasi HC 15 katalis Cu*Ni

sebesar 35 % pada putaran mesin *idle* terakhir dengan kadar HC sebesar 758,2 ppm

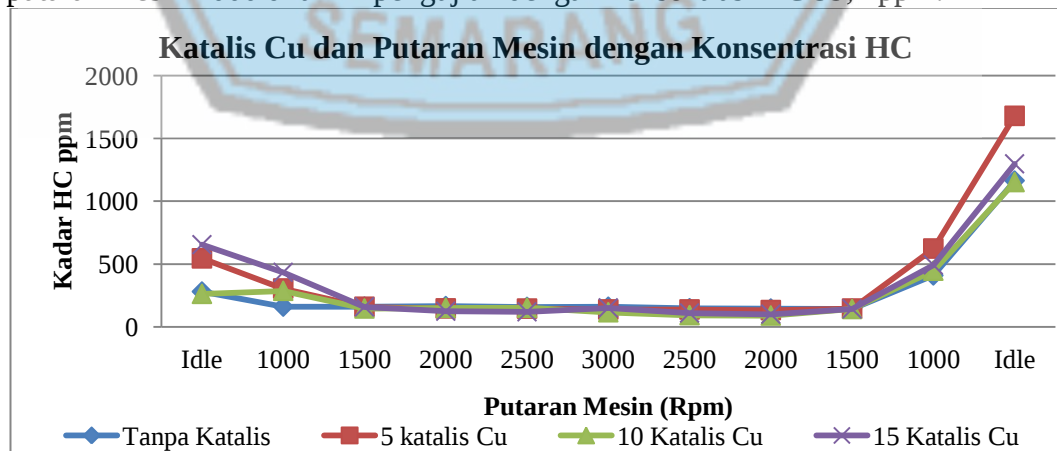


Gambar 4.8 Grafik 15 Katalis *Catalytic Converter* Putaran Mesin (Rpm) Terhadap Konsentrasi HC

Dari gambar tersebut terlihat bahwa penurunan emisi HC dipengaruhi juga oleh jumlah katalis yang terpasang pada *catalytic converter*. Namun pada penambahan 15 katalis terlihat bahwa HC cenderung lebih tinggi dari 10 katalis. Ini dapat terjadi akibat kondisi mesin uji yang bertambah panas dan jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Meski demikian, ada kecenderungan semakin banyak katalis penurunan emisi menjadi lebih tinggi (Irawan B dan Subri M, 2005).

4.9 Hubungan Konsentrasi HC pada Putaran Mesin dengan Variasi Katalis Cu

Hasil perhitungan data pada **Gambar 4.9** pengujian 5 katalis Cu terjadi penurunan kadar HC sebesar 136,8 ppm dimana konsentrasi penurunan HC 14% pada putaran mesin 3000. penurunan tertinggi konsentrasi HC 10 katalis Cu sebesar 38 % dengan kadar 88,6 ppm pada putaran mesin 2000 akhir. Hasil perhitungan bahwa penurunan tertinggi pada 15 katalis Cu sebesar 31% pada putaran mesin 2000 di akhir pengujian dengan konsentrasi HC 99,4 ppm.



Gambar 4.9 Grafik Katalis Cu dengan Putaran Mesin pada Konsentrasi HC

Prosentase penurunan kadar emisi gas buang hidro karbon (HC) terbesar pada 10 katalis Cu yaitu 38% pada putaran mesin 2000 akhir. Penambahan jumlah katalis berpengaruh terhadap kenaikan temperatur *catalytic converter* dan efektifitas katalis menjadi lebih meningkat

4.10 Hubungan Konsentrasi HC pada Putaran Mesin dengan Variasi Katalis Cu*Ni

Penurunan konsentrasi HC tertinggi pada **Gambar 4.10** 5 katalis Cu*Ni sebesar 47 % dengan kadar HC 616,0 ppm pada putaran mesin *idle* terakhir. HC 10 katalis Cu*Ni sebesar 9 % pada putaran 3000 Rpm dengan kadar HC sebesar 160,8 ppm. Penurunan tertinggi grafik konsentrasi HC 15 katalis Cu*Ni sebesar 35 % pada putaran *idle* terakhir dengan kadar HC sebesar 758,2 ppm.



Gambar 4.10 Grafik Katalis Cu*Ni pada Putaran Mesin (Rpm) dengan Konsentrasi HC

Hal ini terjadi karena dengan semakin meningkatnya putaran mesin maka temperatur dalam knalpot akan meningkat sehingga mempersempit reaksi HC dengan oksigen dalam *casing catalytic converter* (Cahyono A,dkk, 2001).

4.11 Hubungan Temperatur Emisi Gas Buang terhadap Konsentrasi CO dan HC

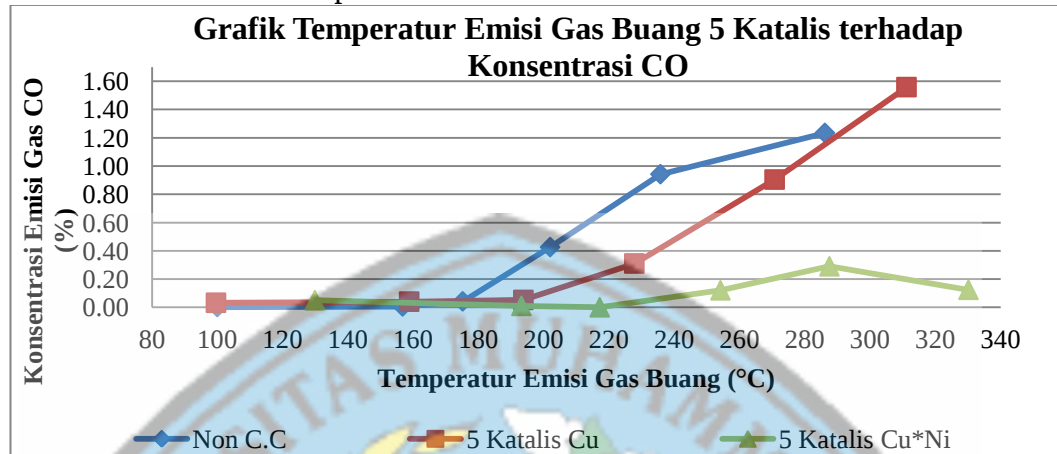
Data yang di peroleh dari pengujian di buat berupa grafik dengan Sumbu X sebagai temperature emisi gas buang ($^{\circ}\text{C}$) dan sumbu Y konsentrasi emisi gas (CO dan HC). Data grafik di bedakan berdasarkan jumlah katalisnya.

Data yang tanpa katalis tetap akan di masukan dalam grafik sebagai pembanding di setiap jumlah katalis yang di uji. Tujuannya grafik ini adalah untuk mengetahui hubungan temperatur emisi gas buang dengan konsentrasi emisi gas buang (CO dan HC) yang di dihasilkan. Grafik di gambarkan berdasarkan variasi putaran mesin yang berbeda Idle,1000,1500, 2000, 2500, 3000 Rpm.

4.12 Hubungan Temperatur Emisi Gas Buang 5 Katalis terhadap Konsentrasi CO

Pada **Gambar 4.11** memperlihatkan bahwa hubungan temperatur terhadap konsentrasi CO. Data yang di peroleh dari pengujian di buat berupa grafik dengan Sumbu X sebagai temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan sumbu Y konsentrasi CO (%) Data grafik di

bedakan berdasarkan jumlah katalisnya. Data yang tanpa katalis tetap akan di masukan dalam grafik sebagai pembandingan di setiap jumlah katalis yang di uji. Namun dalam grafik tersebut tertera sampai putaran mesin 3000. dimana bahwa titik paling kiri yang pertama adalah putaran mesin *Idle* dan titik paling kanan atau titik ke enam adalah putaran mesin 3000.



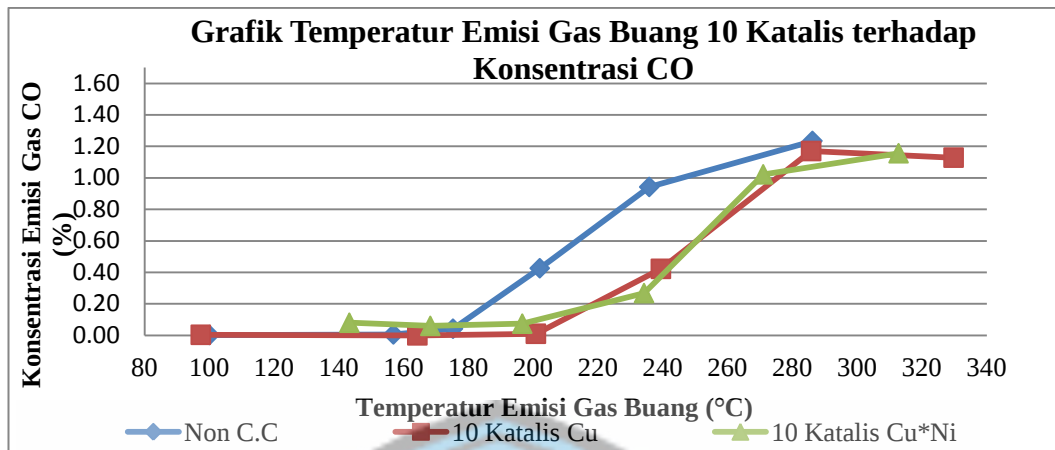
Gambar 4.11 Grafik Temperatur Emisi Gas Buang 5 Katalis terhadap Konsentrasi CO

Dimana bahwa putaran mesin 3000 tanpa katalis menunjukan konsentrasi suhu terhadap CO sebesar 1,23 % dengan temperatur sebesar 286°C. Sedangkan dalam penggunaan 5 katalis Cu konsentrasi CO sebesar 1,56 % dengan temperatur 311°C. Apabila menggunakan 5 katalis Cu*Ni konsentrasi CO ialah sebesar 0,13 % dengan temperatur 330°C.

Turunnya konsentrasi emisi gas CO tidak lepas dari pengaruh kenaikan suhu/temperatur dari *catalytic converter* Cu*Ni 5 katalis dimana semakin tinggi suhu/temperatur maka efektifitas katalis pada *catalytic converter* akan semakin baik (Aryono Primadi Murdo, 2013).

4.13 Hubungan Temperatur Emisi Gas Buang 10 Katalis terhadap Konsentrasi CO

Dari Gambar 4.12 menunjukan bahwa hubungan antara temperatur dengan konsentrasi CO. Dimana pada putaran mesin *idle* menempati posisi suhu atau temperatur terendah dan putran mesin 3000 Rpm menempati posisi suhu atau temperatur paling tinggi yaitu di tunjukan di bagian titik paling kanan.

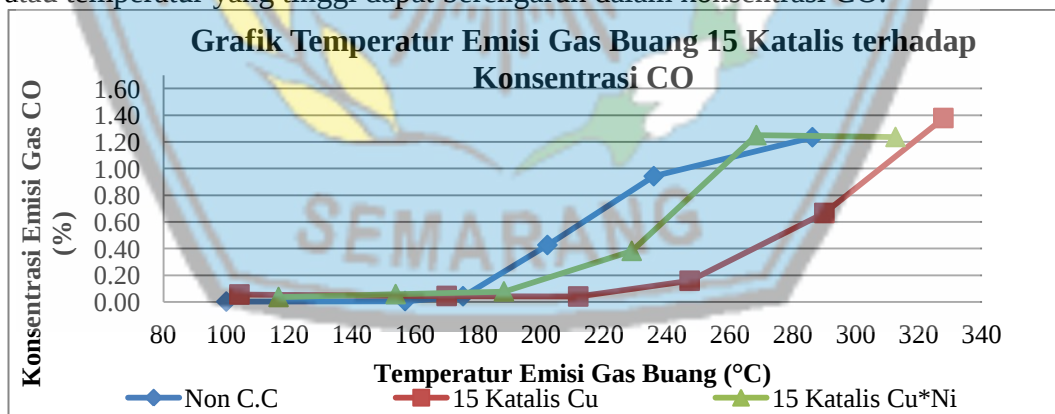


Gambar 4.12 Grafik Temperatur Emisi Gas Buang 10 Katalis terhadap Konsentrasi CO

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa putaran mesin 3000 tanpa katalis Cu menunjukkan konsentrasi temperatur terhadap CO sebesar 1,23 % dengan temperatur sebesar 286°C. Sedangkan dalam penggunaan 10 katalis Cu konsentrasi CO sebesar 1,13 % dengan temperatur 329°C. Apabila menggunakan 10 katalis Cu*Ni konsentrasi CO ialah sebesar 1,16 % dengan temperatur 312°C.

4.14 Hubungan Temperatur Emisi Gas Buang 15 Katalis terhadap Konsentrasi CO

Pada Gambar 4.13 menunjukkan hal yang sama bahwa titik paling kiri adalah putaran mesin idle dan putaran paling kanan adalah putaran mesin paling tinggi yaitu 3000 Rpm. Secara umum bertambahnya 15 katalis seharusnya memberikan konsentrasi lebih bagus. Namun dalam ini berbanding kebalik bahwa penggunaan 15 katalis lebih bagus dari pada 15 katalis. Hal tersebut dipengaruhi oleh suhu atau temperatur yang tinggi dapat berengaruh dalam konsentrasi CO.

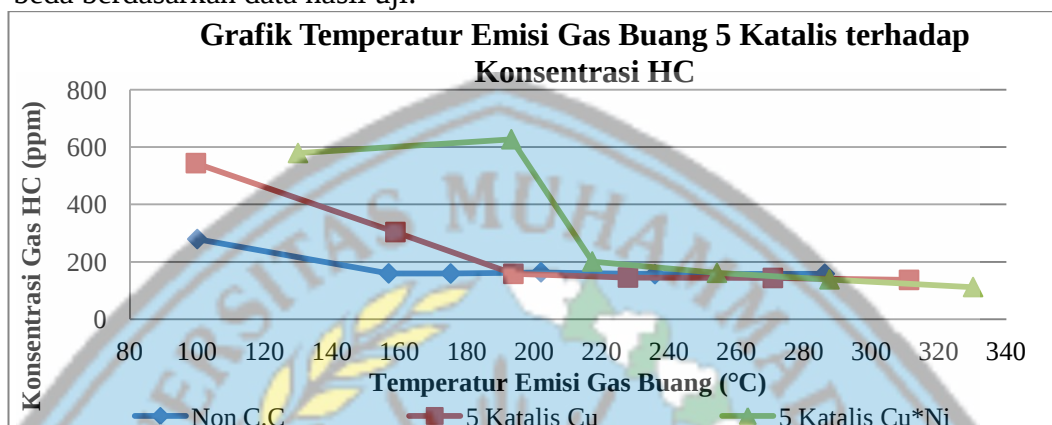


Gambar 4.13 Grafik Temperatur Emisi Gas Buang 15 Katalis terhadap Konsentrasi CO

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa putaran mesin 3000 Rpm tanpa katalis Cu menunjukkan konsentrasi suhu terhadap CO sebesar 1,23 % dengan temperatur sebesar 286°C. Sedangkan dalam penggunaan 15 katalis Cu konsentrasi CO sebesar 1,38 % dengan suhu 327°C. Apabila menggunakan 15 katalis Cu*Ni konsentrasi CO ialah sebesar 1,24 % dengan suhu 312°C.

4.15 Hubungan Temperatur Emisi Gas Buang 5 Katalis terhadap Konsentrasi HC

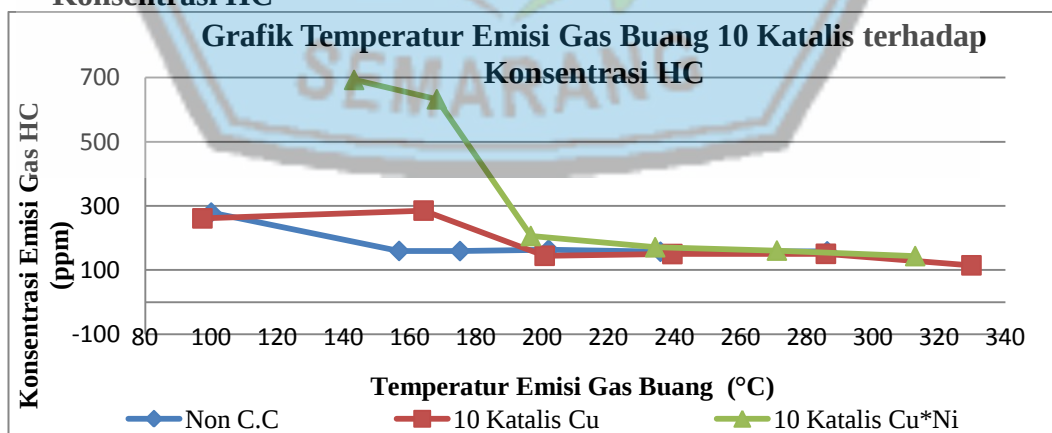
Data yang di peroleh dari pengujian di buat berupa grafik dengan Sumbu X sebagai temperatur emisi gas buang ($^{\circ}\text{C}$) dan sumbu Y konsentrasi emisi gas *Hydro Carbon* HC .Data grafik di bedakan bedasarkan jumlah katalisnya. Bahwa tanpa katalis berwarna biru, 5 katalis Cu berwarna merah, dan 5 katali Cu*Ni berwarna hijau. Masing – masing garis grafik memiliki tingkatan yang berbeda beda berdasarkan data hasil uji.



Gambar 4.14 Grafik Temperatur Emisi Gas Buang 5 Katalis terhadap Konsentrasi HC

Dari **Gambar 4.14** menunjukan bahwa tanpa katalis pada putaran mesin 3000 rpm menunjukan bahwa suhu terhadap HC memiliki konsentrasi sebesar 158 ppm dengan suhu 286 $^{\circ}\text{C}$. Dimana bahwa pada putaran mesin 3000 terletak pada titik paling kanan sendiri. Pada saat menggunakan 5 katalis Cu konsentrasi HC adalah 136 ppm dengan suhu atau temperatur 311 $^{\circ}\text{C}$. Di saat menggunakan 5 katalis Cu*Ni menunjukan konsentrasi HC yaitu 112 ppm dengan suhu atau temperatur sebesar 330 $^{\circ}\text{C}$

4.16 Hubungan Temperatur Emisi Gas Buang 10 Katalis terhadap Konsentrasi HC

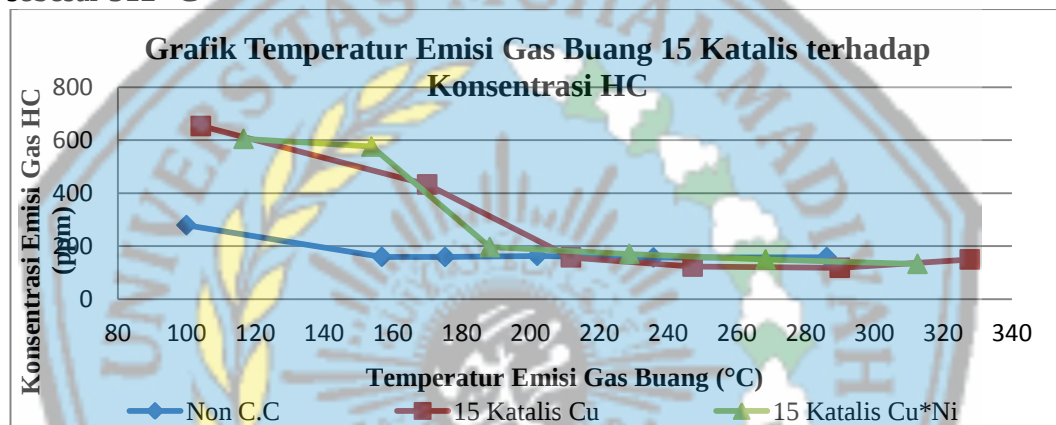


Gambar 4.15 Grafik Temperatur Emisi Gas Buang 10 Katalis terhadap Konsentrasi HC

Dari **Gambar 4.15** menunjukkan bahwa tanpa katalis pada putaran mesin 3000 menunjukkan bahwa temperatur terhadap HC memiliki konsentrasi sebesar 158 ppm dengan temperatur 286 °C. Pada saat menggunakan 10 katalis Cu konsentrasi HC adalah 114 ppm dengan temperatur 329 °C. Di saat menggunakan 10 katalis Cu*Ni menunjukkan konsentrasi HC yaitu 143 ppm dengan suhu atau temperatur sebesar 312 °C

4.17 Hubungan Temperatur Emisi Gas Buang 15 Katalis terhadap Konsentrasi HC

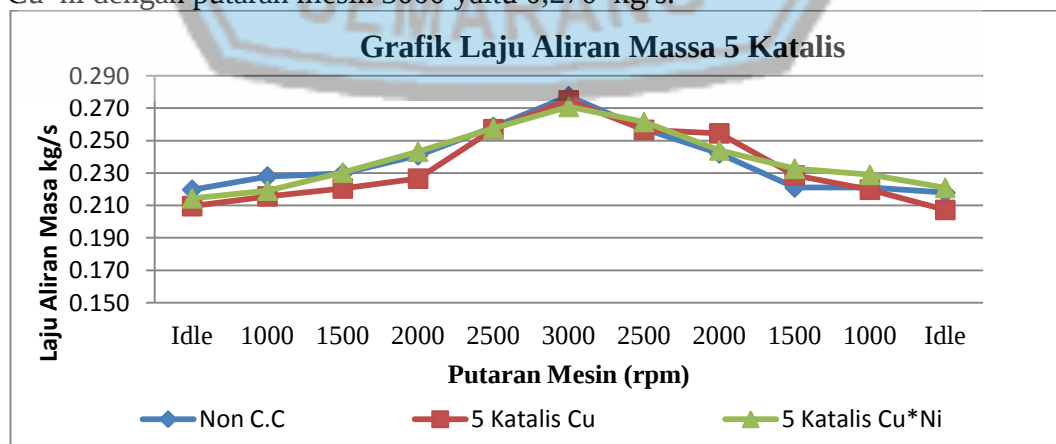
Dari **Gambar 4.16** menunjukkan bahwa tanpa katalis pada putaran mesin 3000 menunjukkan temperatur terhadap HC memiliki konsentrasi sebesar 158 ppm dengan temperatur 286 °C. Pada saat menggunakan 15 katalis Cu konsentrasi HC adalah 149 ppm dengan temperatur atau temperatur 327 °C. Di saat menggunakan 15 katalis Cu*Ni menunjukkan konsentrasi HC yaitu 133 ppm dengan temperatur sebesar 312 °C



Gambar 4.16 Grafik Temperatur Emisi Gas Buang 15 Katalis terhadap Konsentrasi HC

4.18 Hubungan Putaran Mesin terhadap Laju Aliran Massa Gas Buang Catalytic Converter 5 Katalis

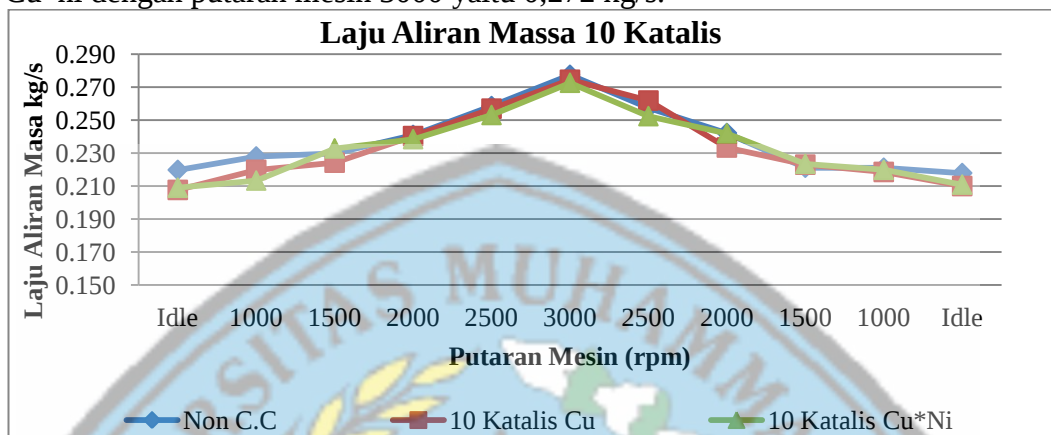
Gambar 4.17 menunjukkan laju aliran massa bahwa tanpa katalis pada putaran mesin 3000 menunjukkan laju aliran massa 0,277 kg/s, laju aliran massa 5 katalis Cu dengan putaran mesin 3000 yaitu 0,274 kg/s, dan laju aliran massa 5 katalis Cu*ni dengan putaran mesin 3000 yaitu 0,270 kg/s.



Gambar 4.17 Grafik Laju Aliran Massa 5 katalis

4.19 Hubungan Putaran Mesin terhadap Laju Aliran Massa Gas Buang *Catalytic Converter 10 Katalis*

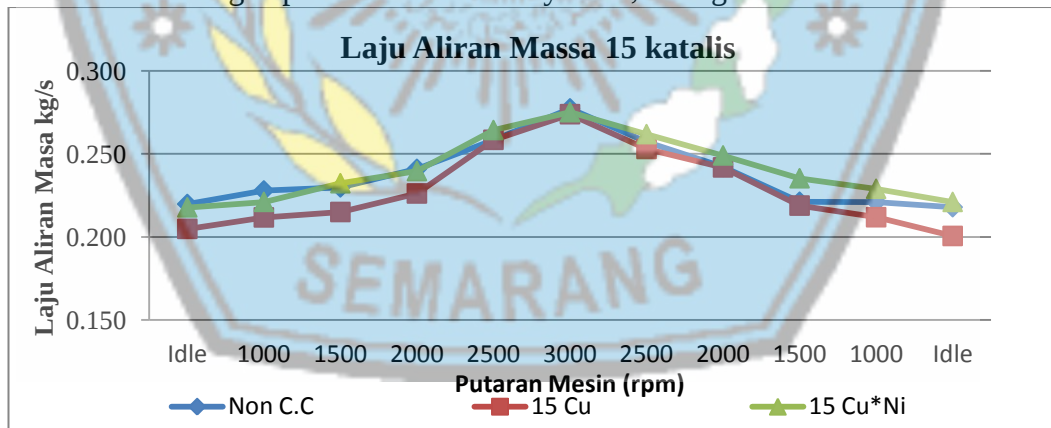
Gambar 4.18 menunjukkan laju aliran massa bahwa tanpa katalis pada putaran mesin 3000 menunjukkan laju aliran massa 0,277 kg/s, laju aliran massa 10 katalis Cu dengan putaran mesin 3000 yaitu 0,274 kg/s ,dan laju aliran massa 10 katalis Cu*ni dengan putaran mesin 3000 yaitu 0,272 kg/s.



Gambar 4.18 Grafik Laju Aliran Massa 10 Katalis

4.20 Hubungan Putaran Mesin terhadap Laju Aliran Massa Gas Buang *Catalytic Converter 15 Katalis*

Gambar 4.19 menunjukkan laju aliran massa bahwa tanpa katalis pada putaran mesin 3000 menunjukkan laju aliran massa 0,277 kg/s, laju aliran massa 15 katalis Cu dengan putaran mesin 3000 yaitu 273 kg/s ,dan laju aliran massa 15 katalis Cu*ni dengan putaran mesin 3000 yaitu 0,275 kg/s.

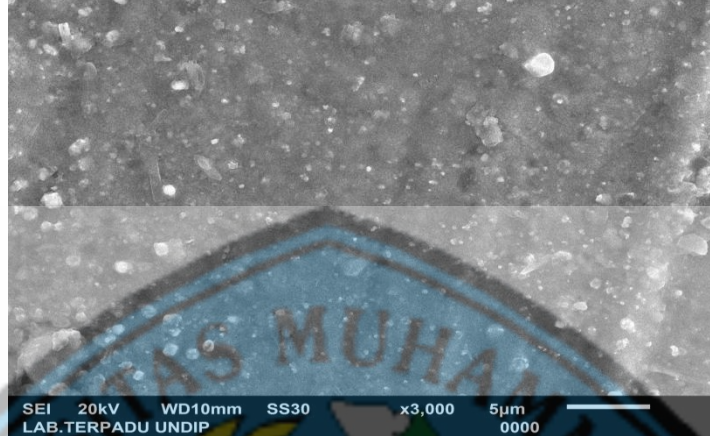


Gambar 4.19 Grafik Laju Aliran Massa 15 katalis

Faktor yang mempengaruhi penurunan laju aliran massa diantaranya bahwa pemasangan katalis karena apabila terdapat ada katalis maka laju aliran masa tersebut dapat terhambat sehingga laju aliran mesin mengalami penurunan. Dan juga putaran mesin mesin sangatlah berpengaruh karena apabila putaran mesin tidak stabil maka laju aliran masapun mengalami kenaikan dan penurunan.

4.21 Pengujian Morfologi Cu Sesudah Pengujian

Morfologi dari sampel Cu sesudah di adakan pengujian di amati menggunakan SEM yang hasilnya di tunjukan pada **Gambar 4.20** dengan pembesaran 3000X. Menunjukan adanya garis-garis yang di duga di karenakan goresan/amplas dan juga terdapat partikel-partikel kecil.

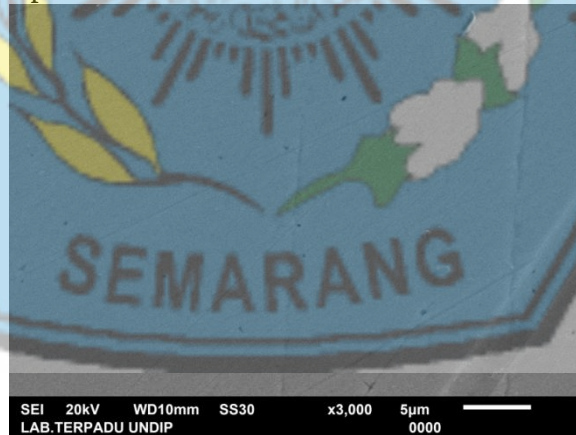


Gambar 4.20 Morfologi dari Katalis Cu Setelah Pengujian.

Terbentuknya partikel tersebut yaitu dari tumpukan hasil pembakaran emisi gas buang yang terikat pada logam tembaga (Cu) sehingga permukaan tidak merata seperti yang di tunjukan pada gambar di atas .

4.22 Pengujian Morfologi Cu*Ni Sebelum Pengujian

Hasil uji morfologi menunjukan bahwa permukaannya katalis rata adapun garis yang ada pada **Gambar 4.21** dikarenakan adanya goresan.adapaun lubang ataupun celah kecil yang terdapat pada lapisan nikel (Ni) di akibatkan ketidak merataan dalam pelapisan.

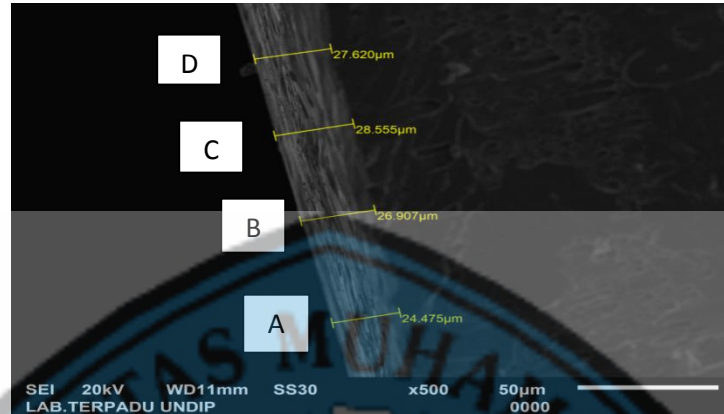


Gambar 4.21 Morfologi dari Katalis Cu*Ni sebelum Pengujian.

Akibat konduktivitas, adhesi, kepadatan dan kerapatan lapisan nikel yang meningkat dibanding lapisan lain yang tanpa menggunakan lapisan dasar nikel, disamping itu juga akan memberikan peningkatan warna dekoratif dan atraktif terhadap permukaan

4.23 Pengujian *Crosection* (Ketebalan Lapisan) Cu*Ni sebelum Pengujian

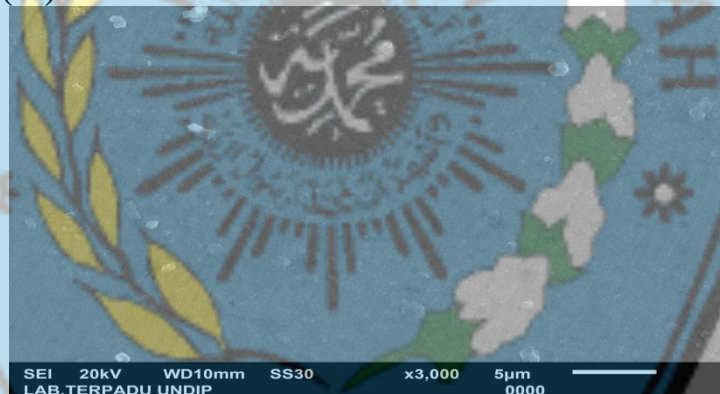
Pada **Gambar 4.22** memperlihatkan bahwa adanya rongga yang terdapat pada lapisan nikel (Ni). Hal tersebut terjadi karena terikatnya partikel-partikel yang memadat. Disamping itu mengakibatkan dalam proses ini bertambah luasnya permukaan.



Gambar 4.22 *Crosection* dari Katalis Cu*Ni sebelum Pengujian.

4.24 Pengujian Morfologi Cu*Ni sesudah Pengujian

Gambar 4.23 menunjukkan adanya penyusutan sehingga partikel-partikelnya nampak dalam uji morfologi. Hal tersebut disebabkan karena adanya tekanan dan temperatur panas tinggi sehingga mengakibatkan penyusutan dalam lapisan nikel (Ni).



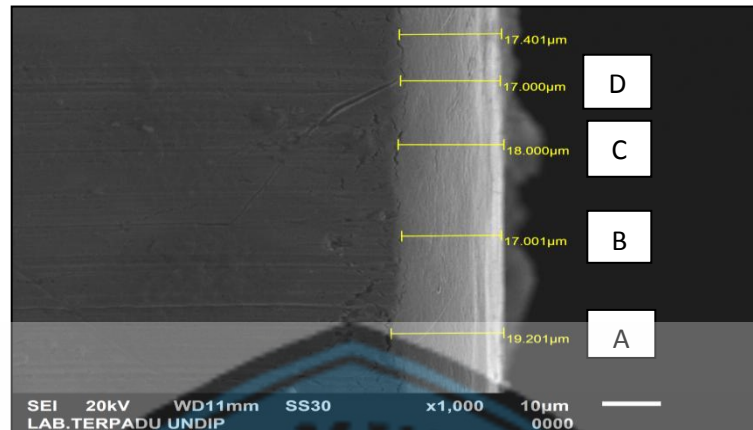
Gambar 4.23 Morfologi dari Katalis Cu*Ni sesudah Pengujian.

Dalam morfologi Cu*Ni ini juga terdapat beberapa partikel kecil namun dari gambar tersebut menunjukkan bahwa emisi gas buang yang terikat tidak sebanyak dengan logam tembaga (Cu). Karena pada dasarnya struktur morfologi Cu*Ni lebih halus di bandingkan Cu sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa emisi gas buang yang terikat lebih sedikit.

4.25 Pengujian *Crosection* (Ketebalan Lapisan) Cu*Ni sesudah Pengujian

Pada **Gambar 4.24** menunjukkan adanya penyusutan dalam ketebalan lapisan di karenakan keberadaan sedikit ruang kosong mempengaruhi kerapatan dan kepadatan. Hal ini di karenakan pada temperatur tinggi dan juga adanya tekanan sehingga pemadatan terjadi. Dengan temperatur dan tekanan tinggi

selaian adanya pemadatan terbentuklah rongga antara tembaga (Cu) dan nikel (Ni).



Gambar 4.24 Crosektion dari Katalis Cu*Ni sesudah Pengujian.

4.26 Penyusutan Ketebalan Crosektion

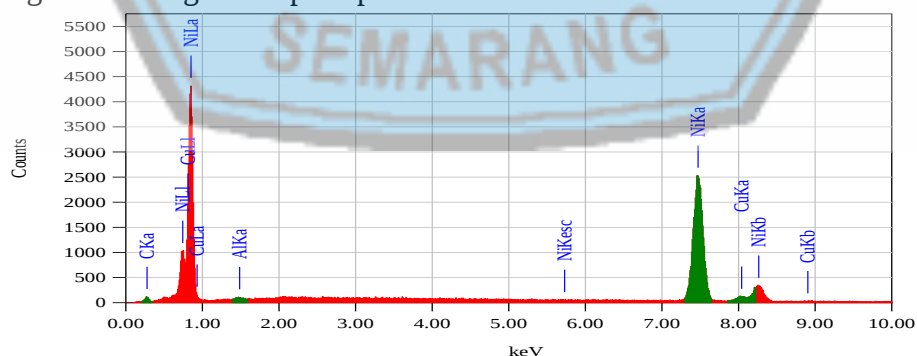
Pada **Tabel 4.1** Menunjukkan tentang penyusutan antara Cu*Ni sebelum pengujian dan Cu*Ni sesudah di beri perlakuan pengujian emisi gas buang.

Tabel 4.1 Penyusutan Cu*Ni sebelum dan sesudah Pengujian Emisi

Cu*Ni Sebelum pengujian	Ketebalan Cu*Ni lapisan	Cu*Ni Sesudah pengujian	Ketebalan lapisan	Penguyutan
A	24,475 μm	A	18,417 μm	6,058 μm
B	26,907 μm	B	18,817 μm	8,09 μm
C	28,555 μm	C	18,804 μm	9,751 μm
D	27,620 μm	D	16,405 μm	11,215 μm
Rata-rata	26,88925 μm		18,11075 μm	8,7785 μm

4.27 Pengujian EDX Cu Sesudah Pengujian

Dari hasil pengujian EDX yang telah di lakukan paneliti pada spesimen uji bahan katalis tembaga sesudah di lakukan pengujian emisi gas buang di tunjukan dengan metode grafis seperti pada **Gambar 4.25**



Gambar 4.25 Grafik Pengujian EDX Katalis Cu setelah Pengujian

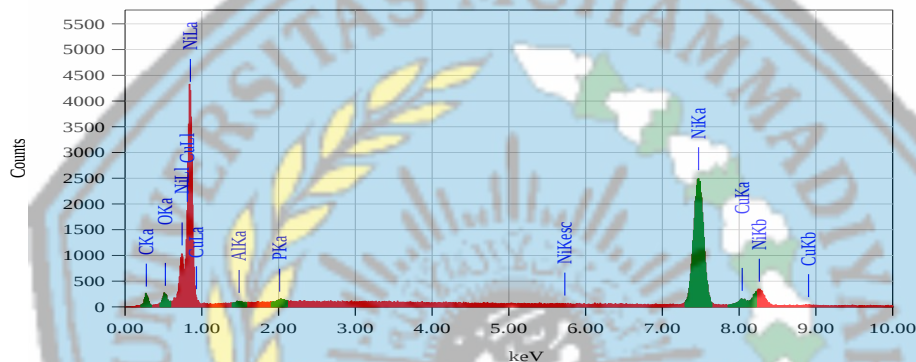
Dari data grafik tersebut dapat di lihat bahwa unsur utama adalah tembaga. Adapun unsur-unsur yang lain di dapat lihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Pengujian EDX Katalis Cu setelah Pengujian

Element	(kev)	Massa	Sigma	Mol %	Compound	Massa%	Cation	K
C K	0.277	14.32	0.05	52.65	C	14.32	0.00	3.6187
O K		17.57		28.77				
P K	2.013	0.41	0.06	0.29	P2O5	0.93	0.29	0.3778
Cu K	8.040	67.70	0.28	47.06	CuO	84.75	23.28	96.0035
Total		100.00		100.00		100.00	23.57	

4.28 Pengujian EDX Cu*Ni sebelum Pengujian

Dari hasil pengujian EDX yang telah dilakukan peneliti pada spesimen uji bahan katalis Cu*Ni sebelum dilakukan pengujian emisi gas buang di tunjukan dengan metode grafis seperti pada **Gambar 4.26**

**Gambar 4.26** Grafik Pengujian EDX Katalis Cu*Ni sebelum Pengujian

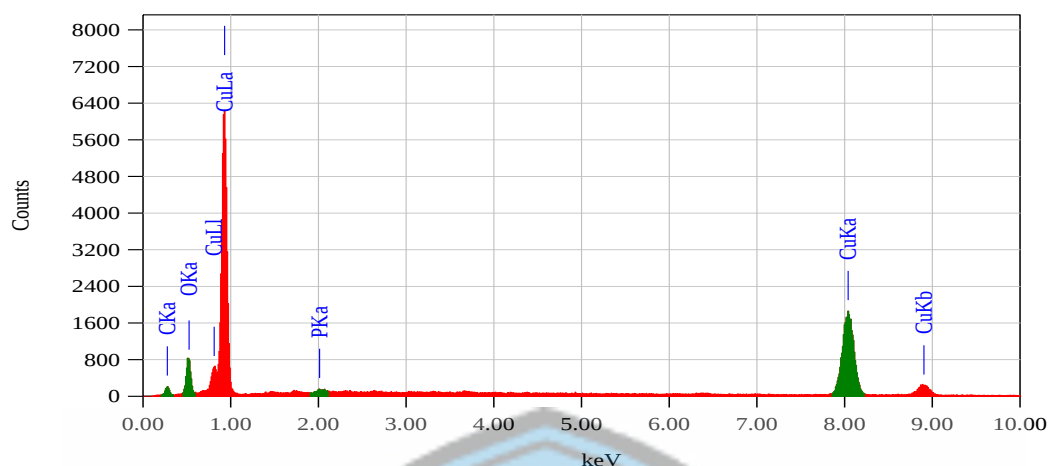
Dari data grafik tersebut dapat dilihat bahwa unsur utama adalah tembaga berlapis nikel (Cu*Ni). Adapun unsur-unsur yang lain dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 Pengujian EDX Katalis Cu*Ni sebelum Pengujian

Element	(kev)	Massa%	Sigma	Mol %	Compound	Massa%	Cation	K
C K	0.277	6.68	0.18	30.90	C	6.68	0.00	1.5911
O K		20.07						
Al K	1.486	0.27	0.07	0.28	Al2O3	0.51	0.19	0.1404
Ni K	7.471	70.04	0.66	66.26	NiO	89.14	22.83	94.5092
Cu K	8.040	2.93	0.17	2.56	CuO	3.67	0.88	3.7592
Total		100.00		100.00		100.00	23.90	

4.29 Pengujian EDX Cu*Ni sesudah Pengujian

Dari hasil pengujian EDX yang telah dilakukan peneliti pada spesimen uji bahan katalis Cu*Ni setelah dilakukan pengujian emisi gas buang di tunjukan dengan metode grafis seperti pada **Gambar 4.27**



Gambar 4.27 Grafik Pengujian EDX Katalis Cu*Ni setelah Pengujian

Dari data grafik tersebut dapat di lihat bahwa unsur utama adalah tembaga berlapis nikel (Cu*Ni). Adapun unsur-unsur yang lain pada saat di beri perlakuan pengujian emisi gas buang di dapat lihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Pengujian EDX Katalis Cu*Ni sesudah Pengujian

Element	(kev)	Massa%	Sigma	Mol %	Compound	Massa%	Cation	K
C K	0.277	13.70	0.24	49.83	C	13.70	0.00	3.6028
O K		18.68						
Al K	1.486	0.19	0.06	0.15	Al ₂ O ₃	0.36	0.14	0.1073
P K	2.013	0.19	0.06	0.14	P ₂ O ₅	0.44	0.13	0.1768
Ni K	7.471	64.24	0.60	47.82	NiO	81.75	22.49	92.0281
Cu K	8.040	3.00	0.16	2.06	CuO	3.76	0.97	4.0850
Total		100.00		100.00		100.00	23.74	

DAFTAR PUSTAKA

- Agus M, 2012. *Analisis Perinsip Kerja Catalytic Converter*.
- Arsad Rahim A, 2007. *Kebijakan Pencemaran Udara Di Indonesia*, Sulawesi.
- Ardi Afriansyah, 2009. *Konsentrasi Kadmium (Cd) Dan Tembaga (Cu) Dalam Air, Seston, Kerang Dan Fraksinasi Dalam Sedimen Di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur*, Bogor.
- Aryono Murdo P, 2013. *Pemanfaatan Katalis Tembaga (Cu) Berlapis Mangan (Mn) untuk Mereduksi Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) pada Motor Bensin*, Semarang
- Dimaranggono Galih A, 2009. *Untuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah Satu silinder Menggunakan Torak Jenis Flat di Banding Menggunakan Torak Jenis Dome*, Semarang.
- Ebenezer L . T,dkk, 2006. *Pengaruh Bahan Bakar Transportasi terhadap Pencemaran Udara dan Solusinya*, Yogyakarta.
- Eka Gunawijaya dan Arhana BNP, 2000. *Peran Nitrogen Oksida pada Infeksi*.
- Ellyanie, 2011. *Pengaruh Penggunaan Three-Way Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Toyota Kijang Innova*, Palembang.
- Fahrizal Nor, 2013. *Sintesis Biomassa Bulu Ayam Teraktivasi NaOH/Na₂SO₃ Sebagai Penurun Kadar Logam Tembaga Dalam Larutan*, Semarang.
- Ganjar Andaka, 2008. *Penurunan Kadar Tembaga Pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak Dengan Presipitasi Menggunakan Natrium Hidroksida*, Yogyakarta.
- I Ketut Suarsana, 2008. *Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan dan Ketebalan Lapisan*, Bali.
- Irawan B dan Subri M. 2005. *Unjuk Kemampuan Catalytic Converter Dengan Katalis Kuningan Untuk Mereduksi Gas Hidro Carbon Motor Bensin*. Semarang.
- Irawan B, 2009. *Efektifitas Pemasangan Catalytic Converter Kuningan Terhadap Penurunan Emisi Gas Carbon Monoksida Pada Kendaraan Motor Bensin*.
- Irawan Bagus, 2012. *Rancang Bangun Catalytic Converter Material Substrat Tembaga Berlapis Mangan Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida Motor Bensin*, Semarang.
- Irawan Bagus, dkk. 2013. *Unjuk Kemampuan Katalis Tembaga Berlapis Mangan Dalam Mengurangi Emisi Gas Carbon Monoksida Motor Bensin*. Semarang.
- Ismiyati, 2014. *Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*.
- Jayanti Eka Novita, dkk. 2006. *Emisi Gas Carbon Monoksida (CO) Dan Hidrokarbon (HC) Pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor "Supra X 125"*. Surabaya.
- Kusuma Nara Krisna, 2015. *Pengaruh Variasi Tekanan Pada Intake Manifold Terhadap Performance Mesin 1500 CC*, Bali.
- Kusminingrum Nanny dan Gunawan G, 2008. *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa Dan Bali*.

- Laki Fernando Rocky, dkk. 2013. *Analisis Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin Yang Terpasang Pada Sepeda Motor Suzuki Smash 110cc Yang Digunakan Pada Jalan Menanjak*.
- Marios S, 1998. *Methods For Monitoring And Diagnosing The Efficiency Of Catalytic Converters*.
- Manunggal Rido dan warju. 2013. *Pengaruh Penggunaan Metallic Catalytic Converter Berbahan Tembaga Dan Aplikasi Teknologi Sass Terhadap Performa Sepeda Motor Honda New Mega Pro*. Surabaya.
- Miaratiska Nurul Dan Azizah R, 2015. *Hubungan Paparan Nikel Dengan Gangguan Kesehatan Kulit Pada Pekerja Industri Rumah Tangga Pelapisan Logam*. Sidoarjo.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2009. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru*.
- Muhammad Agung SC, dkk. 2013. *Makalah Kimia Fisika IV Katalis dan Fungsinya*, Surakarta.
- Mustopo Dwi Yogik. 2011. *Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Khrom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar, Dengan Lapisan Dasar Tembaga Dan Tembaga – Nikel*. Surakarta.
- Nugraha Beni S, 2007. *Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (Efi) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor*, Jakarta.
- Parende Ferdywanto, dkk, 2012. *Analisis Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin Yang Terpasang Pada Sepeda Motor Suzuki Smash 110cc*.
- Pascal Kiwic. 2012. *Model-Based Control of Catalytic Converters*
- Purnomo H, 2011. *Analisa Pengaruh Knalpot Catalytic Converter Dengan Katalis Tembaga (CU) Berlapis Mangan (MN) Terhadap Gas Buang Pada Honda*, Surabaya.
- Prameswari A, 2007. *Pencemaran Udara oleh Hidrokarbon*.
- Prayitno Hadi A, 2009. *Perbedaan Sistem Kerja Mesin 2 Tak dan Mesin 4 Tak*, Jombang.
- Rosyidah, 1998. *Capability Test On Zeolites As Catalytic Converters To Reduce Air Pollutants From Gasoline Engines*.
- Reny Afriany, dkk, 2012. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Dan Waktu Pelapisan Nikel Pada Aluminium Terhadap Kekerasan*. Yogyakarta.
- Rufiati Etna, 2011. *Katalis*.
- Rusmariadi I Komang, 2010. *Pengaruh Penggunaan Air Sebagai Filter Terhadap Daya Penyerapan Emisi NOX Pada Gas Buang Motor Bakar Bensin*, Bali.
- Sanata A, 2012. *Analisis Variasi Temperatur Logam Katalis Tembaga (CU) Pada Catalytic Converter Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbonmonoksida(CO) Dan Hidrokarbon (HC) Kendaraan Bermotor*, Jember.
- Sari Ambar Yulinda. 2013. *Penentuan Kadar Nikel Dalam Mineral Laterit Melalui Pemekatan Dengan Metode Kopresipitasi Menggunakan Cu-Pirolidin Dithiokarbamat*. Semarang.
- Septia Ningsih Wulandari, 2012. *Efek Tembaga (Cu) Pada Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Bawang Merah*. Jember.
- Sindi Sehabudin. 2011. *Penambatan Karbon Dioksida dan Pengaruh Densitas Alga Air Tawar (Chlorella SP) Terhadap Pengurangan Emisi Karbon Dioksida*. Jakarta.

- Siregar Maulana F, 2009. *Performansi Mesin – Non Stationer (Mobile) Berteknologi VVT-i Dan Non VVT-i*, Medan.
- Subri. M 2012. *Kaji Experimental Pengaruh Bentuk Geometri Sudut Converging Duct dan Panjang Constant Area Section pada Perfoma Sistem Refrigerasi Steam Ejektor*. Semarang
- Sutiman. 2004. *Upaya Pengendalian Pencemaran Udara Melalui Pengembangan Teknologi Motor Bensin Dan Ems*.
- Sugiyarta. 2012. *Pengaruh konsentrasi larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah*. Semarang.
- Syahrani A, 2006. *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi*, Palu.
- Tossin A,dkk. 2012. *Wireless Measurement Gas, Karbon Monoksida (Co), Nitrogen Dioksida (No2) Dan Ozon (O3)*. Jakarta
- Umar Fahmi A, 1983. *Pengaruh Campuran Kadar Kerosin Dalam Premium Terhadap Emisi Gas Sulfur Oksida Dan Nitrogen Oksida Pada Kendaraan Bermotor*. Jakarta.
- White M F, 1986. *Mekanika Fluida*. Jakarta.Erlangga.Jilid 1.
- Widyastuti. 2005. *Tinjauan Model Eley - Rideal Pada Kinetika Oksidasi Katalitik Gas Buang*. Surakarta.
- Wiratmaja I Gede, 2010. *Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline*, Bali.
- Zulfah,dkk, 2011. *Analisa Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Pada Mesin Motor Empat Langkah Terhadap Penurunan Emisi Gas Buang*.
<http://digilib.unimus.ac.id/filesdisk1129jtpunimus-gdltegowiratn-6430-2-babii.pdf>
<http://iqbalsatriopambudi.blogspot.co.id/2015/03/catalytic-converter.html> di akses pada (19 september 2016 pukul 11.50)
<http://sid.wikipedia.org/wiki/Katalis>(21september 2016 pukul 11.50)
<http://soerleebook.files.wordpress.com/2009/10/polusi-udara.pdf>
http://eprints.undip.ac.id/415494/BAB_II.pdf