



**KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA DI BIDANG OTOMOTIF:  
TEKNOLOGI, KEAMANAN DAN POLUSINYA**

**Oleh: Prof. Dr. Marji, M.Kes**

Pidato Pengukuhan Guru Besar  
Bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Otomotif  
pada Fakultas Teknik (FT) Universitas Negeri Malang  
Disampaikan pada Sidang Terbuka  
Senat Universitas Negeri Malang

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)**

**2012**

# KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA DI BIDANG OTOMOTIF: TEKNOLOGI, KEAMANAN DAN POLUSINYA

Oleh: Prof. Dr. Marji, M.Kes

Guru Besar Bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Otomotif  
pada Fakultas Teknik (FT) Universitas Negeri Malang (UM)

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalam'alaikum warahmatulloohi wabarorakaatuh

Yang saya hormati,

Bapak Rektor Universitas Negeri Malang

Para Guru Besar dan Anggota Senat Universitas Negeri Malang

Bapak Dekan Fakultas Teknik

Pimpinan Fakultas dan Lembaga di lingkungan Universitas Negeri Malang

Teman Sejawat dan segenap Civitas Akademika Universitas Negeri Malang, serta hadirin undangan yang berbahagia

Pada pagi yang berbahagia ini marilah kita memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada kita semua sehingga kita dapat berkumpul diruangan ini dalam keadaan sehat wal afiat.

Pada kesempatan ini, perkenankanlah saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Bapak Rektor dan Senat Universitas Negeri Malang yang telah memberi kepercayaan kepada saya untuk menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar dalam ilmu Keselamatan dan Kesehatan Kerja otomotif pada Fakultas Teknik.

Oleh karena itu, sebagai tradisi dalam pengukuhan Guru Besar baru, pada kesempatan ini saya akan memberikan orasi dengan judul:

## **KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA DI BIDANG OTOMOTIF TEKNOLOGI KEAMANAN DAN POLUSINYA**

**Hadirin yang saya mulyakan,**

### **1. Keselamatan Kerja (K2)**

Didefinisikan sebagai: suatu upaya perlindungan dari kecelakaan agar tenaga kerja selalu dalam keadaan selamat dan sehat selama melakukan pekerjaan di tempat kerja serta bagi orang lain yang memasuki tempat kerja maupun sumber sehingga proses produksi dapat secara aman dan efisien dalam pemakaiannya (Toyota, 2006).

Menindaklanjuti pentingnya keselamatan di dalam bekerja, maka Pemerintah Indonesia di dalam hal ini mengeluarkan Undang-Undang yang menjamin diberlakukannya keselamatan di dalam bekerja oleh setiap perusahaan. Undang-Undang pokok Keselamatan dan Kesehatan Kerja No. 1 tahun 1970 dikeluarkan dengan tujuan :

- Agar tenaga kerja dan setiap orang yang berada di tempat kerja selalu dalam keadaan sehat dan selamat
- Agar sumber-sumber produksi dapat dipakai dan digunakan secara efisien
- Agar proses produksi dapat berjalan secara lancar tanpa adanya hambatan

Sebelum teori Heinrich, kecelakaan utamanya di bidang otomotif dianggap sebagai kehendak tuhan, karena itu seorang yang tertimpa kecelakaan menerimanya sebagai nasib atau takdir. Tambah tahun pertumbuhan kendaraan berkembang semakin pesat, Ada sekitar 600 juta mobil penumpang di seluruh dunia. Diperkirakan terdapat satu mobil tiap sebelas orang. Di seluruh dunia, ada sekitar 806 juta mobil dan truk ringan di jalan pada 2007 (Edukasia, 2012).

Seiring pesat pertumbuhan kendaraan tersebut kecelakaan juga semakin banyak. Meningkatnya kecelakaan ini, membuat orang berfikir bahwa kecelakaan itu sendiri tidak hanya takdir saja melainkan juga ada penyebabnya. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi seiring dengan perkembangan jaman kecelakaan itu dicari penyebabnya

Menurut ILO (1990), faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

1. Keadaan yang tidak aman (*Unsafe Condition*)
2. Tindakan /gerakan yang tidak aman (*Unsafe Act*)

Kedua faktor ini sangat erat hubungannya dan dapat merupakan hubungan sebab akibat yaitu keadaan yang tidak aman dapat menimbulkan bahaya yang tidak aman dan begitu juga sebaliknya.

Pada tahun 1931 Heinrich mengeluarkan buku *Industrial Accident Prevention*. Dalam buku tersebut mengemukakan teori sebab akibat yang terkenal dengan teori domino. Apabila salah satu dari domino jatuh, akan menubruk domino lainnya akan menimbulkan kerugian. Agar tidak dapat memutuskan serentetan tersebut dicabut domino C (hazard) sehingga tidak terjadi kecelakaan (Sulakmono, 1988).

Akibat dari kecelakaan adalah kerugian yang berakibatkan kerusakan harta benda maupun kerugian proses operasi. Jenis dan derajat kerugian sebagian tergantung pada hal yang kebetulan dan sebagian tergantung pada tindakan yang dilakukan untuk memperkecil kecelakaan.

**Para hadirin yang terhormat**

## **2. Kesehatan Kerja**

Kesehatan Kerja adalah upaya penyesuaian antara kapasitas kerja, beban kerja dan lingkungan kerja agar setiap pekerja dapat bekerja secara sehat tanpa membahayakan dirinya sendiri maupun masyarakat di sekelilingnya, agar diperoleh produktivitas kerja yang optimal khusus di bidang otomotif (UU Kesehatan Tahun 1992 Pasal 23).

Konsep dasar dari Upaya Kesehatan Kerja ini adalah : Identifikasi permasalahan, Evaluasi dan dilanjutkan dengan tindakan pengendalian.

## **3. Ruang Lingkup Kesehatan Kerja**

Kesehatan Kerja meliputi berbagai upaya penyesuaian antara pekerja dengan pekerjaan dan lingkungan kerjanya baik fisik maupun psikis dalam hal cara/metode kerja, proses kerja dan kondisi di bidang otomotif yang bertujuan untuk :

1. Memelihara dan meningkatkan derajat kesehatan kerja masyarakat pekerja di semua lapangan kerja setinggi-tingginya baik fisik, mental maupun kesejahteraan sosialnya.
2. Mencegah timbulnya gangguan kesehatan pada masyarakat pekerja yang diakibatkan oleh keadaan/kondisi lingkungan kerjanya.

3. Memberikan pekerjaan dan perlindungan bagi pekerja di dalam pekerjaannya dari kemungkinan bahaya yang disebabkan oleh faktor-faktor yang membahayakan kesehatan.
4. Menempatkan dan memelihara pekerja disuatu lingkungan pekerjaan yang sesuai dengan kemampuan fisik dan psikis pekerjanya.

#### **4. Kapasitas Kerja, Beban Kerja dan Lingkungan Kerja**

Kapasitas kerja, beban kerja dan lingkungan kerja merupakan tiga komponen utama dalam kesehatan kerja, dimana hubungan interaktif dan serasi antara ketiga komponen tersebut akan menghasilkan kesehatan kerja yang baik dan optimal di bidang otomotif. Kapasitas kerja yang baik seperti status kesehatan kerja dan gizi kerja yang baik serta kemampuan fisik yang prima diperlukan agar seorang pekerja dapat melakukan pekerjaannya dengan baik.

Kondisi atau tingkat kesehatan pekerja sebagai (modal) awal seseorang untuk melakukan pekerjaan harus pula mendapat perhatian. Kondisi awal seseorang untuk bekerja dapat dipengaruhi oleh kondisi tempat kerja, gizi kerja dan lain-lain. Kondisi lingkungan kerja (misalnya panas, bising debu, zat-zat kimia dan lain-lain) dapat merupakan beban tambahan terhadap pekerja. Beban-beban tambahan tersebut secara sendiri-sendiri atau bersama-sama dapat menimbulkan gangguan atau penyakit akibat kerja. Kendaraan dan Bengkel merupakan tempat kerja yang sering digunakan oleh pekerja dalam mengkais rejeki dan memperbaiki kendaraan. Penyakit akibat kerja dan atau berhubungan dengan pekerjaan dapat disebabkan oleh pemajanan dilingkungan kerja tersebut.. Dewasa ini terdapat kesenjangan antara pengetahuan ilmiah tentang bagaimana bahaya-bahaya kesehatan berperan dan usaha-usaha untuk mencegahnya.

Beban kerja meliputi beban kerja fisik maupun mental. Akibat beban kerja yang terlalu berat atau kemampuan fisik yang terlalu lemah dapat mengakibatkan seorang pekerja menderita gangguan atau penyakit akibat kerja. Gangguan kesehatan pada pekerja dapat disebabkan oleh faktor yang berhubungan dengan pekerjaan maupun yang tidak berhubungan dengan pekerjaan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa status kesehatan masyarakat pekerja dipengaruhi tidak hanya oleh bahaya kesehatan ditempat kerja dan lingkungan kerja tetapi juga oleh factor-faktor pelayanan kesehatan kerja, perilaku kerja serta faktor lainnya.

**Hadirin yang saya muliyakan**

## **5. Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bidang Otomotif**

Keselamatan dan kesehatan kerja otomotif , merupakan satu kesatuan yang menjadi isu penting didalam percaturan dunia modern, didalam terkandung dua disiplin ilmu yang saling melengkapi yaitu ilmu teknik dan kedokteran. Tanpa teknologi dan perilaku pekerja yang baik dan benar serta dapat menyebabkan kecelakaan yang dahsyat bahkan menimbulkan kematian.

Kecelakaan mobil hampir sama tua dengan mobil itu sendiri. Joseph Cugnot menabrak mobil tenaga-uapnya "Fardier" dengan tembok pada 1770. Kecelakaan mobil fatal pertama kali yang dicatat adalah Bridget Driscoll pada 17 Agustus 1896 di London dan Henry Bliss pada 13 September 1899 di New York City. (Wikimedia, Mobil.@google.id.com. <http://wikipedia.org/wiki/mobil> diakses 22 mei 2012)

Selanjutannya menurut penelitian yang dilakukan Saini AK, selama periode 5 tahun (1991-1995) terdapat 2277 kasus kecelakaan lalu lintas di Provinsi Riau, dengan korban meninggal sebanyak 1290 orang, luka berat 1287 orang, luka ringan 1308 orang. Faktor penyebab kecelakaan terbesar adalah faktor manusia yaitu sebesar 95%, faktor kendaraan sebesar 2,6%, faktor jalan sebesar 1,3%, dan faktor lingkungan sebesar 1,1%. (Saini AK : 2008)

Tercatat di Indonesia, sedikitnya kematian akibat kecelakaan lalu lintas sepanjang tahun 2007 menelan korban mencapai jumlah 16.548 jiwa. Dengan kata lain, setiap hari minimal 45 orang tewas di jalan raya. Padahal, pada tahun 2003 angka dari korban tewas akibat kecelakaan lalu lintas baru mencapai 9.856 jiwa atau mengambil 24 jiwa setiap harinya (darwis97.wordpress.com: diakses 19 April 2009)

Lebih Lanjut ditegaskan pula oleh Muharsanto dari 105 hasil pemeriksaan luar yang memenuhi kriteria inklusi dari 108 hasil pemeriksaan luar di RSUD Arifin Achmad Pekanbaru selama periode 1 Januari 2005 – 31 Desember 2007. Korban meninggal disebabkan kecelakaan lalu lintas terbanyak menurut jenis kelamin adalah laki-laki (85,71%), menurut lokasi perlukaan yang terbanyak adalah perlukaan di kepala (98,10%), menurut kategori pengguna jalan yang terbanyak adalah kategori pengendara sepeda motor (88,57%), dan Jenis perlukaan terbanyak ditemukan dalam penelitian ini adalah luka robek/terbuka (89,52%) (Muharsanto : 2008)

## 5.1 Ancaman Eksistensi Populasi

Dengan fakta angka demikian, tak ayal lagi kecelakaan lalu lintas menempati posisi pembunuh nomor 3 di Indonesia setelah penyebab kematian nomor 1 dan 2 adalah penyakit jantung dan stroke. “Prestasi” tersebut memposisikan Indonesia duduk di peringkat ke-3 diantara negara-negara di ASEAN yang jumlah kecelakaan lalu lintasnya paling tinggi. Dengan demikian, secara tidak langsung telah menjadikan suatu hal yang serius untuk ditangani.

Jalan raya telah menjadi medan belantara yang menakutkan. Fakta angka kematian yang disebutkan diatas sungguhlah fantastis. Dibandingkan angka kematian Demam Berdarah Dengue & serangan virus H5N1 atau *avian influenza*, angka kematian di jalan raya jauh lebih tinggi diatas kedua penyakit yang masuk kategori sebagai kejadian luar biasa (KLB) tersebut.

Sekedar melengkapi, data dari Badan Kesehatan Dunia (WHO), korban kematian dari kecelakaan lalu lintas 2007 telah menelan korban sedikitnya 1,2 juta jiwa per tahunnya. Diperkirakan 90% dari total jumlah tersebut mengambil porsi korban jiwa dari penduduk negara berkembang. ( [www.g2glive.com](http://www.g2glive.com) : diakses : 19 april 2009)

Perlu diingat, angka-angka tersebut belum termasuk angka para korban yang mengalami cacat fisik. Dimana cacat fisik merupakan dampak samping memprihatinkan dari fenomena kecelakaan lalu lintas dalam skala nasional maupun dunia.

Koordinator Persatuan Bangsa Bangsa untuk Indonesia Bo Asplund, pernah menyinggung bahwasanya di seluruh dunia terdapat sekitar 140.000 orang mengalami kecelakaan di jalan setiap harinya. Lebih dari 3.000 orang meninggal akibat kecelakaan di jalan dan sekitar 15.000 orang mengalami cacat seumur hidup.( **[www.klikdokter. Com](http://www.klikdokter.com)** diakses 20 april 2009)

Dalam laporan berjudul *World Report on Road Traffic Injury Prevention*, untuk pertama kalinya badan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) itu memberi perhatian serius pada masalah ini, setelah meninjau fakta statistik mengenai ancaman kecelakaan lalu lintas pada keberlangsungan eksistensi manusia yang notabene kecelakaan lalu lintas juga telah menjadi penyebab 90 persen cacat seumur hidup.

Bila masalah kecelakaan di jalan tidak diperhatikan dengan sungguh-sungguh, maka dikawatirkan pada tahun 2020 nanti, jumlah korban yang meninggal atau mengalami kecacatan setiap harinya mencapai lebih dari 60% di seluruh dunia. Sehingga kecelakaan



di jalan menjadi penyebab utama kesakitan dan kecacatan. (**www.klikdokter. Com diakses 20 april 2009**)

## **5.2 Kerugian Ekonomi**

Selain kematian dan cacat fisik, dampak kecelakaan lalu lintas lainnya adalah dampak ekonomi. Pada skala mikro ekonomi, kecelakaan lalu lintas sangat merugikan pihak korban. Situasi keuangan keluarga dapat mengalami intervensi karena pada umumnya mereka yang terkena kecelakaan adalah usia produktif, yaitu 15-44 tahun. (**www.g2glive.com**).

Secara demografis, penduduk Indonesia dalam kategori usia produktif (15-44 tahun) mengambil porsi sekitar 75% dari total populasi. Dengan rasio intensitas frekuensi kematian di jalan raya 16.548 jiwa per tahunnya, maka persentase jumlah populasi generasi penerus bangsa tereduksi menjadi hanya sekitar 60%. (**www.klikdokter. Com diakses 20 april 2009**)

Di kawasan Asia Tenggara saja, pada tahun 2001 diperkirakan 354.000 orang meninggal akibat kecelakaan di jalan dan diperkirakan 6,2 juta terpaksa dirawat di rumah sakit akibat kecelakaan di jalan. Biaya akibat kecelakaan di jalan di negara-negara kawasan Asia Tenggara diperkirakan mencapai 14 milyar dolar Amerika. Secara nasional kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh kecelakaan lalu lintas mencapai 1-2% PDB Nasional. Perlu diingat, persentase ini belum termasuk lagi kerugian akibat gangguan kesehatan yang disebabkan polusi udara, padahal kerugian akibat gangguan kesehatan yang disebabkan polusi udara pada tahun 1996 saja sudah diperkirakan sebesar US\$ 2,16 milyar. (**www.klikdokter. Com diakses 20 april 2009**)

Faktor kendaraan yang paling sering terjadi adalah ban pecah, rem tidak berfungsi sebagaimana seharusnya, kelelahan logam (logam yang sudah berumur) yang mengakibatkan bagian kendaraan patah, peralatan yang sudah aus tidak diganti dan berbagai penyebab lainnya. Keseluruhan faktor kendaraan sangat terkait dengan teknologi yang digunakan, perawatan yang dilakukan terhadap kendaraan.

Teknologi yang tidak mendukung dengan medan yang ditempuh, tidak ergonomis, kaku, membuat pengendara tidak nyaman dalam berkendara, oleh sebab itu suspensi aktif dapat digunakan sebagai salah satu untuk memperkecil kecelakaan.

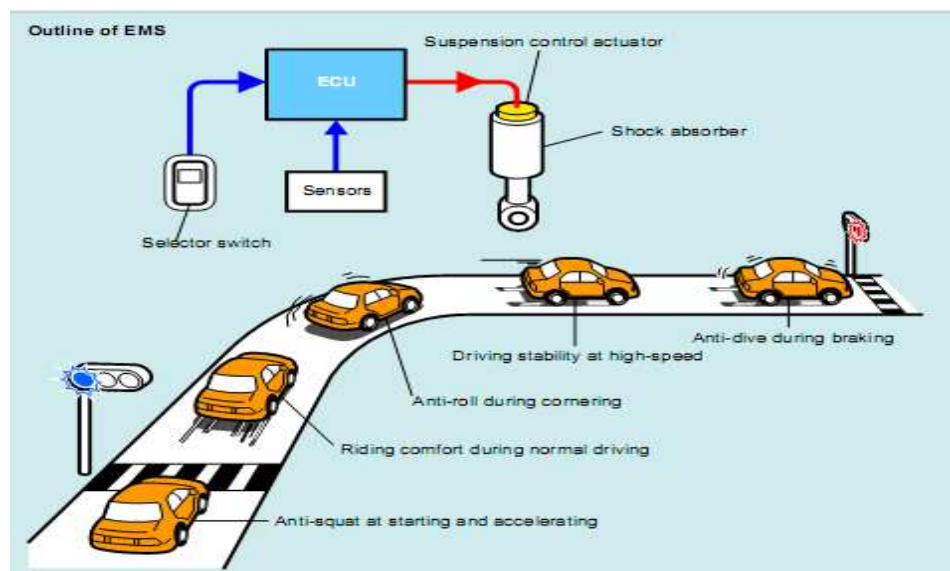


Hadirin yang saya muliyakan

## 6. Teknologi Keamanan

### 6.1 EMS (Electronically Modulated Suspension)

EMS adalah singkatan dari *Electronically Modulated Suspension Anti-dive during braking* adalah suspensi udara menggunakan sebuah ECU untuk secara elektronik mengontrol suspensi yang menggunakan pegas-pegas udara yang memanfaatkan elastisitas udara yang terkompres. Terdapat pula model-model yang menggabungkan suspensi udara dengan EMS. Suspensi udara mempunyai fitur-fitur berikut: Tenaga damping dapat diubah. Nilai pegas dan tinggi kendaraan dapat diubah dengan menyesuaikan volume udara.



**Gambar 6.1 Peran EMS pada Tikungan Tajam ( Toyota: 2003)**

Kontrol Anti-squat mengubah tenaga damping menjadi lebih keras. Ini menekan kondisi seperti jongkok saat akselerasi, sehingga meminimalkan perubahan pada postur kendaraan. Kontrol Anti-roll, mengubah tenaga damping menjadi lebih keras. Ini kondisi bergulir, sehingga meminimalkan menekan perubahan pada postur kendaraan, dan memberikan kemampuan kontrol yang sangat baik. Kontrol *Anti-dive*, mengubah tenaga damping menjadi lebih keras. Ini menekan kondisi penurunan hidung kendaraan (nose ) saat pengereman, sehingga meminimalkan diving perubahan pada postur kendaraan.

Kontrol kecepatan tinggi (hanya mode normal), mengubah tenaga damping menjadi lebih keras. Kontrol ini memberikan kestabilan pengemudian dan kemampuan mengontrol yang sangat baik pada kecepatan tinggi. Kontrol Semi-active, mengubah dengan halus tenaga damping ke nilai yang dituju yang sesuai dengan perubahan-perubahan pada permukaan jalan atau kondisi pengemudian. Oleh karena itu, kenyamanan berkendara yang baik telah dihasilkan pada getaran. saat memastikan tingkat tinggi performa damping *Sky-hook EMS* (Toypota : 2003)

Dengan membuat kendaraan berada pada kondisi sky-hook, secara konstan akan mendapatkan kinerja kendaraan yang stabil sehubungan dengan perubahan pada kondisi jalan. Pada *sky-hook EMS* dengan menggunakan teori ini, gerakan naik dan turun dari badan kendaraan terasa lebih nyaman karena sebuah komputer akan mengontrol dan menyesuaikan gerakan dari peredam guncangan dengan baik. Sistem ini sangat memperbaiki kenyamanan berkendara dan kestabilan pengemudian. Pada model-model terakhir, seperti pada LS430, kontrol *semi-active* dari kontrol tenaga damping telah berubah dari kontrol *sky-hook* menjadi kontrol non-linear H untuk mendapatkan kontrol yang lebih baik lagi. Sebagai hasilnya, kenyamanan berkendara telah terlaksana.

## 6.2 ABS (Anti-lock Brake System)

Ide kontrol dari ABS untuk menghindari ban dari penguncian dan kehilangan kemampuan untuk membelokkan roda steering saat pengereman darurat, adalah hal yang efektif untuk menekan dan melepaskan rem berkali-kali. Namun saat pengereman darurat tidak ada waktu untuk melakukan ini. ABS menggunakan sebuah komputer untuk menentukan kondisi rotasi dari keempat roda saat pengereman dan dapat secara otomatis menekan dan melepaskan rem. Perbedaan rasio antara kecepatan badan kendaraan dan kecepatan roda dikenal dengan "slip ratio". Bila perbedaan antara kecepatan roda dan kecepatan kendaraan menjadi terlalu besar, selip terjadi antara ban dan permukaan jalan. Ini juga menghasilkan friksi dan pada akhirnya akan berfungsi sebagai tenaga pengereman dan memperlambat kecepatan kendaraan.

Tenaga pengereman tidak proporsional terhadap slip ratio, berada pada kondisi maksimum bila persentase slip ratio antara 10 sampai dengan 30%. Diatas 30%, tenaga pengereman secara bertahap akan menurun. Karenanya, untuk mempertahankan tingkat maksimum dari tenaga pengereman, slip ratio harus dipertahankan antara 10 hingga 30% setiap waktu. Sebagai tambahan, sangat penting untuk mempertahankan cornering force

pada tingkat yang tinggi untuk menjaga stabilitas langsung. Untuk melakukan hal ini, ABS didisain untuk memaksimalkan kinerja rem dengan menggunakan slip ratio 10-30% apapun kondisi jalannya, pada saat yang sama juga menjaga cornering force setinggi mungkin untuk mempertahankan stabilitas langsung (directional stability) (Suzuki, 2008, Toyota, 2003).

Meskipun ABS merupakan keamanan yang andal namun pada jalan yang licin, pengendara harus mengurangi kecepatan karena permukaan jalan mempunyai friksi koefisien yang rendah ( $\mu$ ), karena jarak pengereman bertambah sebagai perbandingan dengan permukaan jalan yang mempunyai nilai tinggi dari  $\mu$  walaupun ABS diaktifkan.

Pada jalan yang kasar, atau pada jalan berbatuan atau jalan dengan salju baru, operasi ABS akan berakibat pada jarak berhenti yang lebih panjang daripada bagi kendaraan yang tidak dilengkapi dengan ABS .

Sebagai tambahan, suara dan getaran akan dihasilkan bila ABS diaktifkan untuk memberi informasi kepada pengemudi bahwa ABS sedang bekerja. Berdasarkan signal dari sensor kecepatan, Skid Control ECU merasakan kecepatan rotasi roda dan kecepatan kendaraan.

Selama pengereman, walaupun kecepatan rotasi roda menurun, jumlah perlambatan akan bervariasi tergantung pada baik kecepatan kendaraan selama pengereman maupun kondisi permukaan jalan, seperti aspal kering, permukaan basah dan beres, dll.

Dengan perkataan lain, ECU menentukan jumlah ketergelinciran (slipping) antara roda dan permukaan jalan dari perubahan pada kecepatan rotasi roda selama pengereman, dan mengendalikan pentil solenoid dari penggerak rem dalam 3 mode berikut: pengurangan tekanan, mempertahankan tekanan, dan mode meningkatkan tekanan, untuk secara optimal mengendalikan kecepatan roda.

Para hadirin yang terhormat

## 7. Polusi

Sejak Robert Bosch menemukan Pompa Injeksi Diesel tahun 1922, maka dikembangkan secara marak sistem injeksi bensin, tahun 1995 hampir semua produksi mobil dilengkapi dengan sistem injeksi, dengan tujuan agar emisi gas buang bisa dikendalikan.

Adapun pengertian dari EPI adalah sebuah sistem penyemprotan bahan bakar di Intake yang dalam kerjanya dikontrol secara elektronik agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar selalu sesuai dengan kebutuhan motor bakar, sehingga didapatkan *daya motor yang optimal dengan pemakaian bahan bakar yang minimal* serta mempunyai gas buang yang *ramah lingkungan*.

Gas buang di dapat dari kendaraan bermotor, dari data statistik kendaraan bermotor makin lama makin besar jumlahnya. Menurut Scholz kandungan gas buang kendaraan bermotor (motor bensin dan motor diesel) dapat dilihat seperti Tabel 1.

Tabel 7. 1 Kandungan Gas Buang Hasil Pembakaran

		Conventional gasoline engine	Diesel engine	Lean-burn gasoline engine
O <sub>2</sub>	vol. %	0.2 – 2	5 – 15	4 – 18
CO <sub>2</sub>	vol. %	10 – 13.5	2 – 12	2 – 12
H <sub>2</sub> O	vol. %	10 – 12	2 – 10	2 – 12
N <sub>2</sub>	vol. %	70 – 75	70 – 75	70 – 75
CO	vol. %	0.1 – 6	0.01 – 0.1	0.04 – 0.08
HC	vol. % C <sub>1</sub>	0.5 – 6	0.005 – 0.05	0.002 – 0.015
NO <sub>x</sub>	vol. %	0.04 – 0.4	0.003 – 0.06	0.01 – 0.05
SO <sub>x</sub>	Dependent on fuel S content			

(Sumber: Scholz, 2007)

Oleh karena itu, komisi eropa membuat aturan semua kendaraan yang melintas di kawasan eropa terutama di Jerman tidak boleh melebihi euro IV, pada tahun 2014 akan menerapkan euro VI, namun di negara kita sekarang masih berkatat euro II aja belum tuntas, artinya masih banyak kendaraan yang menghasilkan emisi gas buang melebihi ketentuan dari euro II,

**Tabel 7.2 European Emission Standards for light commercial vehicles ≤1305 kg , g/km**

Tier	Date	CO	THC	NMHC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	PM	P
<b>Diesel</b>								
Euro 1	October 1994	2.72	-	-	-	0.97	0.14	-
Euro 2	January 1998	1.0	-	-	-	0.7	0.08	-
Euro 3	January 2000	0.64	-	-	0.50	0.56	0.05	-
Euro 4	January 2005	0.50	-	-	0.25	0.30	0.025	-
Euro 5	September 2009	0.500	-	-	0.180	0.230	0.005	-
Euro 6 (future)	September 2014	0.500	-	-	0.080	0.170	0.005	-
<b>Petrol (Gasoline)</b>								
Euro 1	October 1994	2.72	-	-	-	0.97	-	-
Euro 2	January 1998	2.2	-	-	-	0.5	-	-
Euro 3	January 2000	2.3	0.20	-	0.15	-	-	-
Euro 4	January 2005	1.0	0.10	-	0.08	-	-	-
Euro 5	September 2009	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005*	-
Euro 6 (future)	September 2014	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005*	-

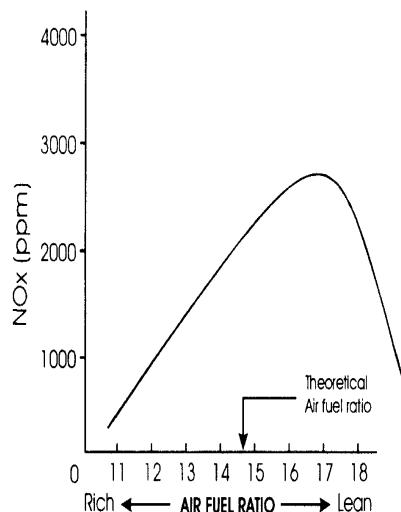
(Sumber: <http://gudangvirtual.blogspot.com/2012/03/standar-euro-untuk-emisi-gas-buang.html#axzz1tYSieX8h>, diakses 24 mei 2012)

### 7.1 NO<sub>x</sub> (Nitrogen Oksid)

Meskipun dampak gas buang pada motor bensin masih ada misal HC (hidrokarbon), bila uap bensin dipanaskan pada temperature tinggi, akan terjadi oksidasi. Akibatnya adalah pembakaran tidak sempurna bahkan ada bagian yang tidak terbakar. Bensin yang tidak terbakar ini keluar dan ruang bakar dalam bentuk HC. Menurut Suzuki (2005) HC bersumber dari

- Bensin yang tidak terbakar akibat overlap katup
- Gas sisa di dinding silinder dan terbangun saat langkah buang
- Gas yang tidak terbakar yang tertinggal di belakang ruang bakar setelah misfiring ketika jalan menurun atau saat engine brake
- Gas yang tidak terbakar akibat pembakaran terlalu singkat atau campuran terlalu kaya.

Nitrogen oksid terjadi karena reaksi molekul nitrogen dengan oksigen pada temperature yang tinggi ( $1800^{\circ}\text{C}$ ). dengan demikian  $\text{NO}_x$  terbentuk selama berlangsungnya pembakaran yang sempurna, karena pada pembakaran yang sempurna akan menghasilkan panas yang maksimal. Bila temperature tidak naik sampai diatas  $1800^{\circ}\text{C}$ , kemudian nitrogen dan oksigen dibuang ketika langkah buang tanpa bergabung membentuk  $\text{NO}$  (Suzuki, 2005).



Dengan demikian, factor yang mempunyai efek terbesar terhadap timbulnya  $\text{NO}_x$  selama proses pembakaran adalah temperature maksimum di ruang bakar dari perbandingan udara dan bensin. Jalan terbaik untuk mengurangi  $\text{NO}_x$  adalah dengan mencegah temperature di ruang bakar mencapai  $1800^{\circ}\text{C}$  atau memperpendek waktu dalam mencapai temperature tinggi, kemungkinannya adalah menurunkan konsentrasi oksigen. Konsentrasi  $\text{NO}_x$  paling besar dihasilkan pada perbandingan udara dan bensin 16:1. perbandingan di atas atau di bawah nilai tersebut akan menghasilkan  $\text{NO}_x$  yang lebih

rendah.

Konsentrasi  $\text{NO}_x$  pada campuran kaya ( $< 16:1$ ) akan rendah karena konsentrasi oksigen rendah, sedangkan untuk campuran yang lebih kurus, pembakarannya lebih lambat sehingga menghambat kenaikan temperature di ruang bakar sampai tingkat maksimumnya.

Di samping perbandingan campuran udara dan bensin berpengaruh pada produksi  $\text{NO}_x$ , saat pengapian juga sangat berpengaruh pada produksi  $\text{NO}_x$ . Hal ini karena maju atau lambatnya saat pengapian yang mempengaruhi temperature maksimum yang dapat dicapai di dalam ruang bakar. Pada perbandingan udara dan bensin teoritis, konsentrasi  $\text{NO}_x$  menjadi lebih besar karena temperature pembakaran naik saat pengapian dipercepat.

## 7.2 Karbon Monoksida (CO)

Proses pembakaran kendaraan bermotor pada kenyataannya dapat mengakibatkan timbulnya polusi udara yang berupa gas racun CO akibat proses pembakaran motor yang tidak sempurna (*abnormal combustion*). Polusi udara ini dikeluarkan melalui saluran buang kendaraan bermotor yang secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan manusia dan lingkungan hidup.



Timbulnya gas racun CO, menyebabkan penyakit saluran pernapasan pada manusia, justru banyak terjadi di kota-kota metropolitan sebagai pusat segala aktivitas umat manusia, akibat dari banyaknya kendaraan bermotor.

Akibat ketergantungan manusia terhadap sarana transportasi kendaraan bermotor ternyata telah menjadi penyumbang terbesar penyebab polusi udara kota. Inti dari timbulnya pencemaran udara di kota-kota yang berlalu lintas padat adalah produk *emisi gas buang* dari proses pembakaran yang tidak sempurna dari kendaraan bermotor.

Pembakaran mesin kendaraan bermotor yang tidak sempurna juga akan menghasilkan emisi gas karbonmonoksida (CO). Gas karbonmonoksida ini lebih berbahaya lagi, tidak berbau dan tidak berwarna dan bisa mematikan manusia bila dihirup terlalu lama dalam ruangan tertutup (Suyanto, 1989).

Persenyawaan CO dan hemoglobin akan membentuk karboksihemoglobin (COHb) yang dapat membuat penurunan sel darah yang tak mampu mengangkut O<sub>2</sub> yang mengakibatkan terjadinya *anoxia* pada jaringan. Jika di dalam aliran darah manusia mengandung kadar karboksihemoglobin (COHb) sebesar 40 - 50 %, maka akan mengalami gejala klinis seperti pusing, mual, iritabilitas, frekuensi pernafasan naik, sakit dada, bingung, *impaired judgment*, *cyanosis* dan pucat (Depkes, 1996).

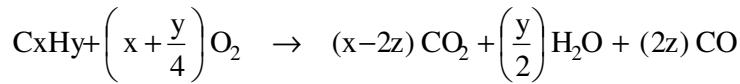
Untuk mengurangi hal tersebut banyak cara yang digunakan misal di dalam kendaraan dibuat FUEL CUT OFF (sistem perlambatan)

Menurut Marji (2006) besarnya kadar emisi CO sebelum dan sesudah menggunakan alat tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2. *Mean* tanpa menggunakan alat pemutus perlambatan sebesar 4.6150%, nilai paling tinggi 5.50% dan paling rendah 4,00%, setelah menggunakan alat pemutus perlambatan nilai paling tinggi 2.20% dan paling rendah 1,35%.

Hasil penelitian Marji (2006) menunjukkan bahwa ada pengaruh dengan digunakannya alat pemutus sistem perlambatan otomatis terhadap kadar emisi gas buang CO. Hal ini sesuai sebagaimana dijelaskan pada kajian teori mengenai cara kerja alat pemutus sistem perlambatan otomatis terhadap kerja motor. Diperkuat oleh rerata menunjukkan mean CO sesudah menggunakan alat lebih kecil dari CO ketika tidak menggunakan alat ( $1,8830 < 4,6150$ ).

Proses pembakaran kendaraan bermotor pada kenyataannya dapat mengakibatkan polusi udara akibat proses pembakaran motor yang tidak sempurna (*abnormal combustion*). Menurut De Nevers (1995) persamaan reaksi untuk pembakaran yang menghasilkan CO adalah





Pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan nilai z sebesar

$z = 0,1 (x + y/4)$ , maka untuk bahan bakar bensin ( $C_8H_{18}$ )  $= 0,1 (8 + 18/4) = 1,25$ . Mol oksigen dari udara sebesar ( $N_2 / O_2$ )  $= 0,79 / 0,21 = 3,76$  mol ; sehingga total mol produk pembakarannya.

$$n_{totalout} = 3,76 \left(x + \frac{y}{4} - z\right) + (x-2z) + \frac{y}{2} + (2z) \text{ , maka:}$$

Fraaksi mol CO ( $y_{CO}$ )

$$\begin{aligned} &= \frac{2z}{3,76 \left[x + \left(\frac{y}{4}\right) - z\right] + x + \left(\frac{y}{2}\right)} \\ &= \frac{2 \cdot 1,25}{3,76 \left[8 + \left(\frac{18}{4}\right) - (1,25)\right] + 8 + \left(\frac{18}{2}\right)} = 0,042 \\ &= 4,2\% \end{aligned}$$

Angka 4,2 % adalah kadar rata-rata yang dihasilkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna motor dengan bahan bakar bensin. Pernyataan ini juga didukung oleh pendapat Arends & Berenschot (1997), hasil temuannya bahwa kadar emisi gas buang CO terbesar persentasenya terjadi pada saat putaran menengah, pada saat secara umum putaran berkisar 3000 rpm. Menurut Arends & Berenschot (1997) terjadi pada saat kendaraan mengalami perlambatan.

Hal ini disebabkan kevakuman di bawah katup gas lebih tinggi dari pada saat putaran *idle* / stasioner sehingga disini banyak sekali jumlah karbonmonoksida yang tidak terbakar. Kadar emisi CO jika motor masih dalam keadaan masih baik atau idial ( $\lambda = 1$ ), gerakan campuran bahan bakar *stream line* tidak terjadi turbulensi. Akan tetapi kenyataannya, motor Toyota 4K yang digunakan sebagai obyek penelitian ini kondisinya sudah jauh berkurang dan mungkin disebabkan oleh umur pemakaian motor tersebut disertai dengan perlakuan menutupnya katup gas yang mendadak, sehingga mengakibatkan kevakuman dan gerakan campuran bahan bakar cenderung turbulensi, tidak homogen, sisa bensin pada saluran *idle* setelah katup selenoid cenderung membuat

campuran kaya, sehingga pembakaran tidak sempurna artinya  $> 1$  sehingga kadar CO menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan penegasan Gambar 2 semakin kaya campuran bahan bakar maka semakin tinggi kadar CO yang dihasilkan (Geschler, 1988).

Oleh karena itu, penggunaan alat pemutus sistem perlambatan otomatis sangat bermanfaat pada saat putaran motor menengah. Alat ini dapat menurunkan kandungan CO di dalam gas buang, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2 mean CO sesudah menggunakan alat lebih kecil dari CO ketika tidak menggunakan alat ( $1,8830 \% < 4,6150\%$ ).

Ditambahkan lagi oleh Suess dan Crawford (1976) bahwa kadar CO selain tergantung pada perbandingan campuran udara -bahan bakar juga dipengaruhi oleh saat pengapian. Saat pengapian *idle*, saat pengapian putaran menengah tergantung dari advance vakum dan advance sentrifugal (tergantung beban motor) atau posisi katup gas. Dengan penggunaan alat pemutus sistem perlambatan ini tidak berpengaruh pada kestabilan saat pengapian sehingga saat pengapian yang telah disetel  $\pm 8^\circ$  sebelum TMA tidak akan berubah sebelum motor di tune-up kembali, pada saat *idle*, namun pada putaran menengah sudah dipengaruhi oleh advan vakum (selang penghubung dan mimbran) dan sentrifugal tergantung putran dan kekuatan pegas. Dengan demikian, secara berkala kendaraan bermotor perlu di *tune up*, agar kondisi advance vakum dan sentrifugal bekerja normal sehingga fungsi saat pengapian tepat dan menghasilkan CO yang minimal.

Jika kendaran menggunakan alat pemutus perlambatan kadar CO yang dihasilkan dapat ditekan serendah mungkin maka komulasi CO di jalan yang ada *traffic light* atau perempatan jalan atau di *halte* menjadi rendah, sehingga pengguna jalan tidak akan mengalami gejala klinis seperti pusing, mual, iritabilitas, frekuensi pernafasan naik, sakit dada, bingung, *impaired jugment*, *cyanosis* dan pucat.

Polutan CO sangat berbahaya bagi kesehatan manusia khususnya, dan daya racun CO adalah menurunkan kemampuan sel darah dalam mengang-kut oksigen. Setelah masuk dalam tubuh melalui paru, CO akan terikat dengan *hemoglobin (COHb)* sehingga tidak dapat mengikat oksigen (Depkes, 1996). Bahkan daya ikat *hemoglobin* dengan gas CO lebih besar dari pada daya ikat dengan oksigen. Pada saat keseimbangan maka ratio karboksi *hemoglobin* dalam darah mencapai 210 kali lebih kuat daripada dengan oksigen (Depkes, 1996). Begitu berbahayanya polutan CO, maka penggunaan alat pemutus sistem perlambatan otomatis sangat diperlukan terutama pada angkutan kota seperti mikrolet, untuk menurun produksi gas racun CO. Angkutan kota merupakan kendaraan umum yang menggunakan karburator berbahan bakar bensin, yang jumlahnya paling banyak, sehingga merupakan kontributor terbesar dalam menyumbangkan polutan CO. Alat pemutus sistem perlambatan otomatis merupakan alat yang sangat praktis dapat untuk menurunkan produksi CO serta dengan merekayasa dudukan sakelar pada pedal gas dapat digunakan pada angkutan kota seperti mikrolet.

Dari hasil pengukuran CO di lingkungan kerja Laboratorium IKIP Malang, data dikelompokkan sesuai dengan kelompoknya yaitu sebelum/setelah dimodifikasi kemudian di uji dan analisis dengan statistik deskripsi hasilnya seperti pada tabel 10 dan 11.

Sebelum saluran gas buang dimodifikasi (standar) rerata 1,895 ppm dengan standar deviasi 0,403 (sebelum mulai kerja) dan 6,585 ppm dengan standar deviasi 0,587 (setelah selesai kerja) berarti keluhan sakit pada saat praktikum disebabkan bukan kadar CO melainkan adanya gas beracun lain seperti aldehida atau amoniak (Bosch, 1976).

Berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No. SE – 01/MEN/1997 tentang NAB Faktor Kimia Lingkungan Kerja, NAB Karbon Monoksida adalah 25 ppm (Depnaker, 1997). Jadi kadar CO pada saluran gas buang standar tersebut masih dibawah nilai ambang batas, penyebabnya adalah adanya pengaruh ventilasi seperti terbukanya semua kaca nako dan gerakan angin saat pengambilan data. Hal ini dipertegas oleh ACGIH (1982) yang menuliskan pergantian udara tidak tergantung dari ukuran ruangan melainkan masalah ventilasi.

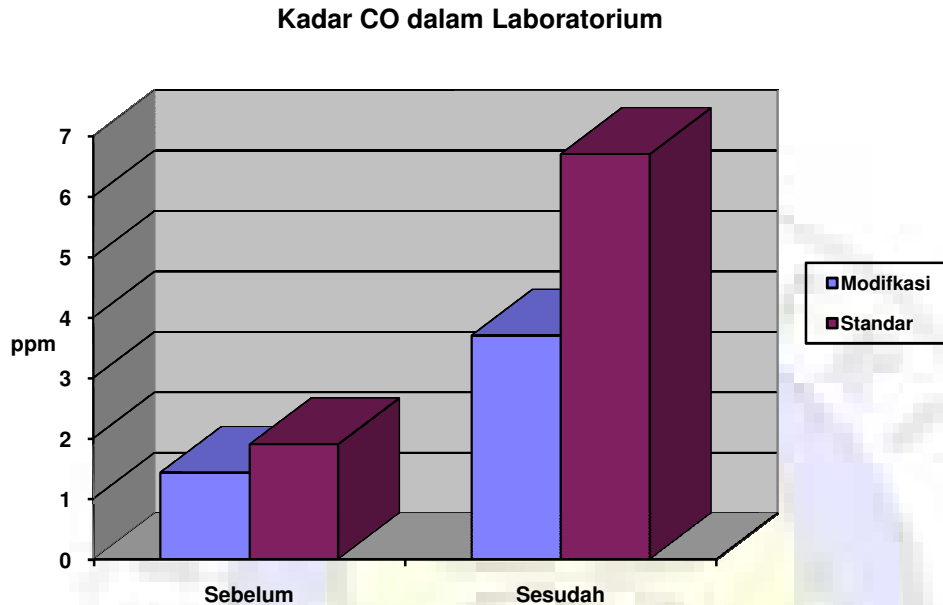
Menurut Suess dan Caxford (1979) dalam rumusnya menyebutkan konsentrasi CO dalam ruangan sangat tergantung dari nilai pergantian udara, keseimbangan akan lebih tercapai jika nilai pergantian udara besar. Selanjutnya setelah saluran gas buang dimodifikasi, dihasilkan pengukuran rerata 1,425 ppm dengan standar deviasi 0,035 (sebelum mulai bekerja) dan 3,710 ppm dengan standar deviasi 0,226 (setelah bekerja).

Dari data tersebut, ternyata masih ada kenaikan kadar CO yang disebabkan oleh kurangnya komponen pada *engine stand* seperti: tidak adanya sistem sirkulasi ventilasi karter yang baik, sehingga gas sisa lewat karter dapat keluar dengan mudah bersama dengan uap oli melalui tutup silinder. Hal ini sesuai dengan penjelasan WPU (1998) yang menuliskan bahwa sisa gas buang hasil pembakaran selain dibuang lewat saluran gas buang akan masuk melalui celah cincin torak masuk ke dalam ruang karter oleh sebab itu ruang karter harus diberi ventilasi. Selanjutnya menurut Staudt (1988) tekanan pembakaran yang tinggi 60 bar, ada sebagian kecil gas yang menerobos lewat celah cincin torak menuju ke ruang karter.

Namun masih adanya penurunan rata rata kadar CO dalam ruang praktikum jika dibandingkan dengan sebelum saluran dimodifikasi, penyebabnya CO yang dihasilkan *engine stand* keluar lewat ventilasi karter jauh lebih rendah. Jika sebelum saluran dimodifikasi CO yang masuk ruangan melalui ventilasi karter dan lewat saluran gas buang, sedang setelah saluran gas buang dimodifikasi CO yang masuk ruangan hanya yang lewat ventilasi karter.

Jika digambar dengan diagram batang didapat hasil rata rata sebelum dan sesudah bekerja baik pada saluran standar maupun modifikasi hasilnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Rata rata sebelum dan setelah kerja dengan saluran standar diperoleh kenaikan dari 1,895 ppm menjadi 6,585 ppm
- b. Rata rata sebelum dan setelah kerja dengan saluran modifikasi diperoleh kenaikan dari 1,425 ppm menjadi 3,710 ppm.



**Gambar 1. Grafik Perbandingan Mean Kadar CO Sebelum dan Sesudah Kerja pada Saluran Standar dan Modifikasi**

- c. Rata rata sebelum kerja dengan saluran standar dan modifikasi diperoleh penurunan dari 1,895 ppm menjadi 1,425 ppm.
- d. Rata rata setelah kerja dengan saluran standar dan modifikasi diperoleh penurunan dari 6,585 ppm menjadi 3,710 ppm.

**Para hadirin yang mulyakan**

### **7.3 Kadar COHb dalam Darah**

Menurut Marji (1999) hasil analisis kadar COHb sebelum dan sesudah bekerja pada saat saluran belum dimodifikasi menerima hipotesis “Ada perbedaan kadar COHb dalam darah mahasiswa sebelum dan setelah praktikum sebelum saluran dimodifikasi ( $p < 0,05$ ). Hal ini berarti adanya kenaikan yang signifikan dengan kadar COHb dalam darah mahasiswa yang sedang praktikum dari sebelum kerja dan setelah kerja. Kenaikan tersebut jelas dipengaruhi oleh adanya akumulasi gas CO sisa hasil pembakaran *engine stand* di dalam ruang kerja atau laboratorium. Hal ini juga ditegaskan oleh Peterson dan Stewart

(dalam WHO, 1979) secara empiris kadar karboksihemoglobin merupakan fungsi konsentrasi karbon monoksida dengan waktu paparan. Jadi dalam waktu 3 jam terjadi kenaikan terjadi kenaikan konsentrasi CO akan mengakibatkan kenaikan COHb dalam darah para pekerja tersebut.

Kemudian setelah saluran gas buang dimodifikasi hasil analisis kadar COHb sebelum dan sesudah bekerja pada saat saluran belum dimodifikasi tidak ada perbedaan yang signifikan kadar COHb dalam darah mahasiswa sebelum dan setelah praktikum.. Dengan demikian, dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa modifikasi saluran gas buang dapat mendukung menurunkan kadar COHb dalam darah para mahasiswa.

Bahkan dari analisis, menurut Marji (1999) memperkuat dengan uji t yang menjelaskan ada perbedaan yang bermakna kadar COHb sebelum dan setelah saluran gas buang dimodifikasi ( $p < 0,05$ ), dan nilai rata ratanya pada saluran gas buang standar 1,5720 dan setelah saluran dimodifikasi menjadi 0,5180 berarti ada penurunan. Hal ini disebabkan adanya nilai rerata CO saluran gas buang modifikasi lebih rendah nilai rerata saluran gas buang standar selama mesin bekerja 3 jam. Menurut forbe et.al. (dalam WHO,1979) ada hubungan linier seperti rumus  $COHb = k \times CO \times t$  maka jika kadar CO dalam ruang kerja turun pada pada konstanta dan waktu paparan yang sama maka kadar COHb akan turun juga. Penurunan kadar CO dalam ruang disebabkan oleh semua gas buang yang lewat saluran gas buang yang dimodifikasi keluar ruangan dan berdilusi dengan udara luar.

Paparan CO yang terus menerus memicu terjadinya oksidatif stress. Oksidatif stress merupakan kata lain dari kerusakan oksidatif yang mengakibatkan rusaknya membran mitokondria yang bertanggung jawab atas peningkatan peroksida lipid. Hal ini akan menyebabkan disfunksinya mitokondria. Menurut Miro dalam penelitiannya menjelaskan, pemaparan CO menyebabkan kerusakan oksidatif sehingga oksidatif membran merusak mitokondria reaktif. Oksidasi sitosom mitokondria ( $CO_x$ ) berpengaruh aktifitas limposit akibatnya peroksida lipid meningkat. Kerusakan oksidatif pada mimbran limposit meningkat disebabkan oleh penghambatan mitokondria (Miro et. al., 1999).

Ini juga diperkuat hasil penelitian Miro tahun 1998 yang menjelaskan bahwa hasil studi aktifitas enzim mitokondria dalam limposit dari 3 pa-sien yang keracunan CO akut diperoleh HbCO 11,6%, 19, 6% dan 22,3% dalam pase akut, 2,3%, 2,4 % dan 1,5 % dalam 3 hari dan 1,2%, 3,3% dan 1,1 % dalam 12 hari. Hasilnya oksidasi sitosom mitokondria merupakan target dari keracunan CO akut (Miro et. al., 1998).

Mitokondria sebagai produsen ATP, jika terjadi paparan CO maka akan mengakibatkan produksi ATP (*Adenin Tri Phosfat*) . Penurunan ATP mengakibatkan pasokan energi sel berkurang. Jika ini terus menerus berlangsung maka dapat memdiiasi timbulnya resptor sel B yang dapat membunuh sel itu sendiri (*Apoptosis*). Katz dalam penelitian yang berjudul *B cell receptor-stimulated mitochondrial phospholipase A 2 activation and result disruption of*



*mitochondrial membrane potential correlate with the induction of apoptosis in WEHI 231 B cell* menjelaskan bahwa munculnya sel B pada reseptor yang memediasi apoptosis sangat korelasi dengan penurunan fungsi mitokondria dan depleksinya ATP (Katz et. al., 2001).

Fungsi ATP yang berasal dari ADP sangat tergantung dari membran pembawa yang merupakan protein yang berada pada mitokondria. Disini dapat dikatakan bahwa mitokondria bertanggung jawab terhadap stagnasi fungsi ATP. Berikut ini penelitian dari Ryan dengan judul *Function staging of ADP/ATP carrier translocation across the outer mitochondrial membrane*, menyimpulkan fungsi stagnasi ATP/ADP sangat tergantung dalam membran pembawa protein pada mitokondria (Ryan et. al., 1999).

Penurunan ATP memicu terjadinya peningkatan glikolisis, yang bekerja lebih keras lagi. Glikolisis itu sendiri dimaksudkan suatu proses untuk mengubah glukosa menjadi glukogen sebagai energi yang digunakan untuk transfer  $\text{Ca}^{2+}$ . Hal ini sesuai dengan penjelasan Kahlert yang menyatakan glikolisis sangat penting sebagai sumber ATP, ATP lokal sangat diperlukan untuk memompa  $\text{Ca}^{2+}$  (Kahlert dan Reiser, 2000).

Kerja keras yang tinggi glikolisis tidak ada artinya jika sumber glukosa yang diproses bocor, yaitu energi yang diperoleh tetap saja rendah (glukogen rendah) yang tidak mampu untuk menghidup dari sel itu sendiri dapat memicu naiknya asam laktat dan menyebabkan kematian sel (Nekrosis). Hal sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Single dengan judul *Differential Effects of Bcl 2 on Cell Death Triggered under ATP Depleting Condition EXP Cell*, menjelaskan bahwa level ATP dimodulasi oleh penggunaan inhibitor mitokondria seperti s-nitroglutathione sebagai media tambahan glukosa. Kebocoran glukosa akan menurunkan ATP yang memicu naiknya staurosporin (STS). STS > 90% akan terjadi nekrosis (Single et. al., 2001).

Kemunduran atau kematian sel dapat mengganggu fungsi kerja jaringan yang dibentunya misalnya jantung, paru, otak dan lain lain. Oleh karena itu perusahaan/bengkel, pemerintah harus memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja dalam hal ini adalah ventilasi ruangan kerja, saluran gas buang sehingga para teknisi bekerja dengan udara yang segar, tidak terlalu banyak menghirup gas racun CO.

## 8. Penutup

Keselamatan dan Kesehatan di bidang otomotif merupakan bagian dari K3 secara umum, yang isinya sangat luas menyangkup: upaya perlindungan dari kecelakaan, upaya penyesuaian antara kapasitas kerja, beban kerja dan lingkungan kerja agar setiap pekerja dapat bekerja secara sehat di bidang otomotif. Kecelakaan Lalu lintas, kecelakaan di bengkel, polutan berupa gas racun  $\text{NO}_x$ , HC, CO, Pb, Sulfur dan bising (ancaman ketulian) ini akan selalu menghantui para pekerjanya terutama mekanik, sopir, masinis, dan nahkoda yang bekerja di bidang otomotif.

K3 dibidang otomotif diperlukan Teknolog yang yang handal untuk mendesign kendaraan canggih agar aman dan nyaman, serta para ahli kesehatan dan Dokter yang dapat mengatasi dampak kesehatan dan penyakit yang ditimbulkan dari perkembangnya dan operasional kendaraan serta ahli psikologi yang mampu mengendalikan perilaku pekerja, karena 85% perilaku merupakan penyumbang kecelakaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH DAN PENGHARGAAN

Hadirin yang berbahagia,

Sebelum saya mengakhiri pidato pengukuhan ini, sekali lagi saya memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas ridha, rahmat, bimbingan dan lindungannya sehingga pada hari yang sangat membahagiakan ini dengan resmi saya memangku jabatan Guru Besar yang sangat terhormat serta besar tanggung jawabnya.

Pertama-tama saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pemerintah Republik Indonesia, dalam hal ini Bapak Menteri Pendidikan Nasional yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk memangku jabatan Guru Besar dalam ilmu Keselamatan dan Kesehatan Kerja K3 bidang Otomotif pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada Prof. Dr. Suparno selaku Rektor dan Ketua Senat Guru Besar Universitas Negeri Malang, serta seluruh anggota Senat Guru Besar Universitas Negeri Malang atas persetujuan mengusulkan pengangkatan saya sebagai Guru Besar.

Kepada Ketua dan seluruh anggota Badan Pertimbangan Senat Universitas Negeri Malang saya juga mengucapkan terima kasih atas penilaian dan pengusulan saya sebagai Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

Kepada Bapak Dekan Dr. Waras MPd dan mantan Prof. Dr. Ir. H. Djoko Kustono, M.Pd, serta seluruh anggota Senat dan Majelis Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, saya mengucapkan terima kasih yang tak terhingga atas bantuan dan usulannya untuk memangku jabatan ini.

Kepada ketua Prodi di lingkungan Teknik Mesin, serta teman sejawat yang tidak bisa saya sebut satu persatu di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, dengan tulus dan ikhlas membantu tercapainya jabatan ini saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan atas kerjasama dan suasana yang nyaman selama ini. Juga kepada Direktur Pusdiklat Suzuki UM dan karyawan, saya mengucapkan terima kasih atas kerjasama serta suasana kekeluargaan yang terbina selama ini.



Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada guru-guru saya mulai dari SD, SMP, SMK, sampai Perguruan Tinggi. Bapak bapak dan Ibu ibu. Berkat bimbingan dan jasa beliau semua sehingga saya menjadi seseorang seperti sekarang ini.

Begitu pula kepada sahabat-sahabat saya, Prof Dr Gempur Santoso, Prof Dr. Aulani, Prof Dr. Sarwani, Prof Dr. Teddy Ontoseno.yang telah banyak memberikan dorongan kepada saya, tidak lupa saya mengucapkan terima kasih.

Terima kasih saya haturkan kepada Ketua Kelompok Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Prof. Dr. Tjipto Suwandi dan seluruh anggota yang tersebar di Indonesia atas bimbingan dan kerjasama yang baik selama ini.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankanlah saya mengucapkan terima kasih pada penghormatan yang sedalam-dalamnya kepada ayah saya alm Pramu serta ibu Suyati saya. Almarhumah yang saya cintai. Atas asuhan serta didikan beliaulah berdua diterima dan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

Kepada ayah mertua saya Supardi Serta ibu mertua saya Marsini, rasa terima kasih yang tak terhingga saya persembahkan atas doanya sehingga saya memperoleh jabatan yang tinggi.

Kepada adik-adik dan saudara ipar saya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, saya mengucapkan terima kasih atas pengertian, dorongan dan doa yang adik-adik dan saudara-saudara berikan sehingga saya memangku jabatan ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan adik-adik dan saudara-saudara semua.

Kepada istri tercinta, Endang Iriani, saya mengucapkan terima kasih tak terhingga atas perhatian, pengertian, kesabaran dan pengorbanannya selama ini. Suka duka telah kita arungi bersama. Dan saya bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan pendamping yang selalu mencurahkan cinta kasih kepada saya yang merupakan sumber kebahagiaan dalam hidup saya. Juga kepada anak-anak saya, Swisstyn Rianita dan Arni Imawati, terima kasih atas pengertian dan pengorbanannya. Bapak bangga dan sangat mencinati kalian semua. Nsihat untuk kalian, bahwa untuk mencapai sesuatu, selain berusaha janganlah lupa berdoa kepada Allah SWT. Ingat pepatah lama “Manusia berencana, Tuhan yang menentukan”.

Akhirnya saya mengucapkan banyak terima kasih kepada semua hadirin atas kehadiran dan kesabarannya mengikuti pidato pengukuhan saya ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak dan Ibu semua.

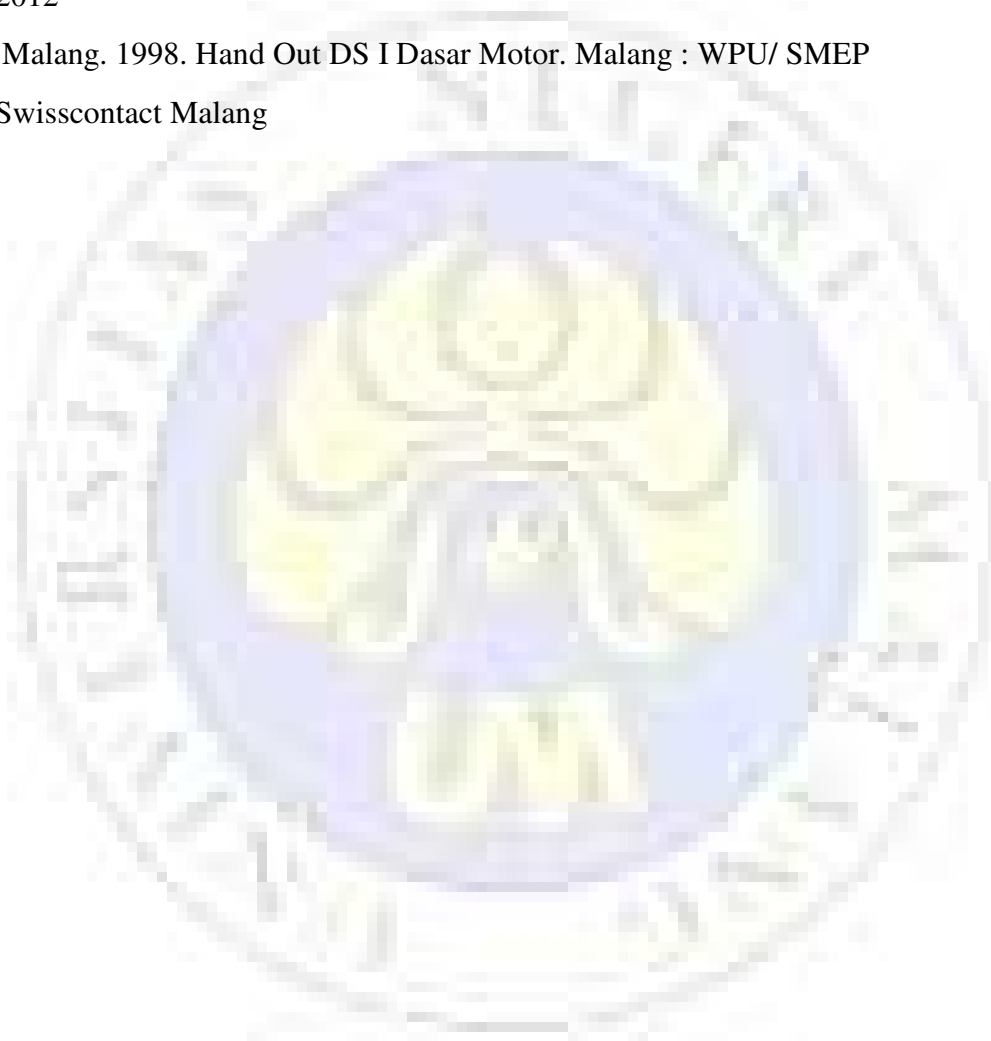
Alhamdulillahilabbil’alamiin,  
Wabillahi taifik wal-hidayah,  
*Wassalamu’alaikum warahmatullahi wabarakaatuh.*

## DAFTAR RUJUKAN

- Arends, BPM. & Berenschot, H. 1997. Motor Bensin, alih bahasa oleh Umar Sukrisno. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bosch. 1976. Kraftfahr Technisches Taschenbuch. Duesseldorf: VDI-Verlag
- Edukasia, 2012. Sejarah Otomobil, Jakarta : PT Berita Nusantara, Email: redaksi@koran-jakarta.com, diakses 30 april 12
- Darwis. 2008. Kecelakaan lalu-lintas, [www.darwis97.wordpress.com](http://www.darwis97.wordpress.com) diakses 19 April 2009
- De Nevers, N. 1995. Air Pollution Control Engineering. Singapore: McGraw-Hill chemical Engineering Series, Inc.
- Depkes RI. 1996. Bahan Bahan Berbahaya dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Manusia, Sub Proyek Dampak Kesehatan Lingkungan, Proyek Kesehatan Lingkungan Bantuan UNDP INS/91/019.
- Depnaker. 1997. Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja Jakarta : Proyek Pengembangan Hygine dan Kesehatan Kerja.
- Geschler, H. 1988. Fachkunde Kraft-fahrzeugtechnik. Stuttgart : Verlag Europa
- 2009-Kematian di jalan Raya [www.klikdokter.com](http://www.klikdokter.com) diakses 20 april 2009
- .....2009.Kecelakaan lalulintas [www.g2glive.com](http://www.g2glive.com) : diakses : 19 april 2009
- .....2012.European emission standards <http://gudangvirtual.blogspot.com/2012/03/standar-euro-untuk-emisi-gas-buang.html#axzz1tYSieX8h>, diakses 24 mei 20012
- Katz, E. et al, 2001. B Cell Receptor-Stimulated Mitochondrial Phospholipase A 2 Activation and Result Disruption of Mitochondrial Membrane Potential Correlate with the Induction of Apoptosis in WEHI 231 B cell. Glasgow: D I. P137-47.
- Kahlert, S. and Reiser, G. 2000. Requirement of Glycolytic and Mitochondrial Energy Supply for Loa-ding of Ca 2+ Stores and insP3 Mediated Ca 2+ signaling in Rat Hippocampus Astrocytes. J. Neurosci. Magdeburg: UM-IN. P 409-20.
- ILO, 1990 Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Indonesia. Manila : ILO
- Marji, 2006. Sistem perlambatan untuk mereduksi Gas Buang CO pada Kendaraan Bermotor Bensin. J. Teknologi dan Kejuruan Malang: Fakultas Teknik Vol 29 No 2 P 165 -173

- Marji. 1999. Penggunaan saluran Gas Buang untuk mereduksi Karbon Monoksida dan menurun Karbosi hemoglobin di Laboratorium Otomotif. Thesis Surabaya: Unair
- Miro, O. et. al., 1998. Mitochondrial Cytochrome C Oxi-dase Inhibition During Acute Monoxide Poisoning. *Pharmacol Toxicol*. Barcelona: DIMHC. P219-23.
- Miro, O. et. al., 1999. Oxidative Damage on Lymphocyte Membranes is Increased in Patients Suffering from Acute Carbon Monoxide Poisoning *Toxicol Lett*. Barcelona: DIMHC. P219–23.
- Muharsanto Peni, 2008. Gambaran hasil pemeriksaan luar jenazah pada korban kecelakaan lalu lintas di RSUD Arifin achmad pekanbaru periode 1 januari 2005 – 31 desember 2007. Pekanbaru : PT Asuransi Jiwa Jasa Raharja.
- Ryan, M.T., et. al., 1999. Function Staging of ADP ATP Carrier Translocation Across the Outer Mitochondrial Membrane. *J Biol Chem*. Freiburg: IBM UF. P20619–27
- Saini AK. 1998 Analisis Kecelakaan Lalulintas di Propinsi Riau (kasus Ruas Jalan Rimbo Panjang - Bangkinang). Diakses pada tanggal 2 Juni 2008 dari : [http://mstt.ugm.ac.id/abstrak/abs\\_1.htm](http://mstt.ugm.ac.id/abstrak/abs_1.htm).
- Single, B. et al , 2001. Differential Effects of Bcl 2 on Cell Death Triggered under ATP Depleting Condition. *EXP Cell*. Kontanz: F B UK. P8–16.
- Silalahi. Bennett. NB dan Silalahi B. Rumondang. 1995. Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo
- Staudt, Wilfried. 1988. *Karftfahrzeug Technik*. Teknologi fuer Auto-mobil und Kraftfahrzeug-mekaniker. Braunschweig: Vieweg & Sohn.
- Suess, MJ dan Craxford, SR. 1976. *Manual Of Urban Air Quality Management*. Geneva: World Health Organisation
- Sulakmono, 1988. Penyakit Akibat Kerja, Diklat . Surabaya : FKM
- Suyanto, W. 1989. Teori Motor Bensin. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Dikti PPLPTK.
- Schholz, Louise Maria Ctharina. 2007. NOx Storage and Reduction over Alean-Burn Automotive Catalyst. Eindhoven: Eindhoven University
- Suzuki 2005. APV 415 GC Jakarta : Suzuki Training Center.
- Suzuki 2008. Grand Vitara Jb 2,4 Jakarta : Suzuki Training Center
- Toyota, 2003 EMS Electrically Modulated Suspension, Jakarta : PT. Toyota Astra Motor
- Toyota, 2006 Lingkungan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.

- Toyota. 1983 General Servis Fuel System. Japan: Toyota Motor Cooperation.
- WHO. 1979 Carbon Moxide, Environmental Health Criteria 13. Geneva : World Health Organization.
- WHO. 2007. Kematian Utama Manusia Berumur 10 – 24 Tahun . [www.g2glive.com](http://www.g2glive.com) diakses 19 april 2009
- Wikimedia 2012. Mobil. @ [google.id.com](http://google.id.com). <http://wikipedia.org/wiki/mobil> diakses 22 mei 2012
- WPU Malang. 1998. Hand Out DS I Dasar Motor. Malang : WPU/ SMEP Swisscontact Malang



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA PRIBADI

Nama Dr. Mardji, M.Kes  
NIP 19590203 1984 03 1 001  
Pangkat/Golongan Pembina/ Lektor Kepala/ IV b  
Tempat/tgl lahir Tulungagung, 3 Pebruari 1959  
Agama Islam  
Nama Istri Endang Iriani  
Jumlah Anak 2 (dua)  
Nama Anaka  
1. Swisstyn Rianita, Spd  
2. Arni Imawati, SH  
Nama Ayah Pramu (Almarhum)  
Nama Ibu Suyati (Almarhum)  
Alamat Kantor Jl. Semarang 5 Malang  
Alamat Rumah Prn. Tunjungtirto Semarak B 39 Singosari Malang

### A. RIWAYAT PENDIDIKAN DALAM NEGERI :

No	Nama	Alamat	Kepala Sekolah/Rektor
1	SD	POJOK II	MASHURI
2	SMP	NGANTRU	KAJIN
3	STM NEGERI	TULUNGAGUNG	MOCH SALEH
4	S1-IKIP NEGERI	MALANG	DRS. M. ICHSAN
5	S2-UNAIR	SURABAYA	PROF.DR. SOEDARTO,DTM&H
6	S3-UNAIR	SURABAYA	PROF. DR. PURUHITO

**B. RIWAYAT PENDIDIKAN LUAR NEGERI:**

No	Nama	Alamat	Kepala Sekolah/Rektor
1	Beruf paedagogik fuer dozenten	Ulm	SAIBLE
2	Beruf paedagogik fuer dozenten	Mannheim	BURG

**C. TRAINING DALAM NEGERI:**

No	Bidang	Perusahaan	Alamat	Lama
1	Otomotif	Astra motor sales	Malang	2 bulan
2	Otomotif	Astra motor sales	Surabaya	3 bulan
3	Alat berat	Trakindo utama	Jakarta	3 bulan

**D. TRAINING LUAR NEGERI (JERMAN BARAT):**

No	Bidang	Perusahaan	Tempat	Lama
1.	Listrik Otomotif	Fa. Mack	Ulm	3 bulan
2.	Listrik Otomotif	Fa. Kaessborer	Ulm	3 bulan
3.	Listrik Otomotif	Mercedes Benz Gmbh	Stuttgart	1 bulan
4.	Listrik Otomotif	Gewerbe Schule	Braisah	1bulan
5.	Elektropneumatik	<b>Festo</b>	Ostfildern	40 jam
6.	Otomotif	Gewerbe Schule	Ulm	3 bulan
7.	Pneumatis & Hidrolik	Handwerk kammer	Ulm	80 jam

## E. Pengalaman Kerja

No	Bidang	Jabatan	Instansi	Lama
1	Listrik Otomotif	Instruktur	VEDC Malang	11 Tahun
2	Pengembangan Usaha Kecil	Konsultan	Swiss contact Bandung raya	4 tahun
3	Teknik Mesin/Otomotif	Dosen Tetap	UM	1993 – sekarang
4.	Pengembang Pelatihan Otomotif	Koordinator	Pusdik Suzuki UM	2004 – 2009
5.	Pelatihan Otomotif	Direktur	Pusdik Suzuki UM	2009 – 2010
6	Prodi Otomotif	Kaprodi	TM, FT,UM	2010 -2011
7.	Jurusan Mesin	Kajur	TM, FT, UM	2011 - sekarang

## F. KARYA PENELITIAN :

1. Pengaruh Advan Vakum pada berbagai Posisi Katup Gas terhadap Konsumsi Bahan Bakar sebagai ketua (!995).
2. Pengaruh Sistem pengapian dan Putaran terhadap Konsumsi Bahan Bakar anggota (1996)
3. Persepsi K3 bagi siswa swasta di kabupaten dan kodya Malang anggota (1997)
4. Sistem perlambatan untuk menghemat Bahan bakar Besin dan memninalisize Emisi Gas Buang pada Kendaraan bermotor.ketua (1998).
5. Perancangan Teaching Aid Pengapian Elektronik untuk meningkatkan Hasil Pembelajaran Sistem Pengapian. Anggota (1999)
6. Perancangan Teaching Aid AC meningkatkan Hasil Pembelajaran Sistem AC. Anggota (2000)
7. Penggunaan saluran Gas Buang untuk mereduksi Karbon Monoksida dan menurun Karbosi hemoglobin di Laboratorium Otomotif Ketua (1999).
8. Interaksi Faktor Individu, Meknisme Peredaman dan Intensitas Kebingsingan terhadap Tingkat Ketulian . Ketua (2003)
9. Modifikasi Camshaft untuk meningkatkan Daya dan dampaknya terhadap Gas Racun CO dan HC ketua (2007)
10. Identifikasi Potensi Kesehatan Lingkungan untuk Bahan Ajar PLH di Kabupaten Tulungagung Ketua (2007).
11. Air Pendingin Knalpot untuk Peredam Kebisingan IM-Here Ketua (2008)
12. Pengembangan Model Percepatan Pengomposan Sampah Organik dengan Teknologi Rasio Optimum C/N dan Agitasi untuik Skala Rumah Tangga. Hibah Bersaing Ketua(2008-2009)



13. Pengaruh Penambahan Etanol dalam Premium terhadap Gas Buang (Imhere – Anggota) 2011

## H. JURNAL

1. Pengaruh Advan Vakum pada berbagai Posisi Katup Gas terhadap Konsumsi Bahan Bakar (!995).
2. Perkembangan Teknologi Sistem Pengapian (1996)
3. Hidrokarbon dapat menghemat energi dibanding R 12 , R 22 dan R 134a (1998) Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Instrumen Berteknologi Hidrokarbon (1999)
4. Pengaruh Saluran Bambu Gas Buang terhadap Tingkat Kebisingan (2000)
5. Pengaruh Saluran Pipa Gas Buang terhadap Tingkat Kebisingan (2001).
6. Pengaruh Pelatihan Pekerja SD terhadap Tingkat Ketulian (2005)
7. Sistem perlambatan untuk mereduksi Gas Buang CO pada Kendaraan bermotor. (2006).
8. Sistem perlambatan untuk mereduksi Gas Buang HC pada Kendaraan bermotor. (2006).
9. Modifikasi Camshaft untuk mengurangi Gas Racun CO (2007)
10. Dampak Modifikasi Camshaft terhadap Gas Racun HC (2007)
11. Ancaman Gas Racun CO terhadap Sel pada Mekanik Otomotif (2009)

Demikian Curriculum Vitae ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya

Malang, 24 Mei 2012

Yang membuat,

**Prof. Dr. Marji, M.Kes**  
NIP 19590203 198403 1001