



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development

Pelatihan UNITED ke-2 Melaka

Dari ICE ke Powertrain Alternatif (ICE SLOT 1) Thomas Esch

CONTENT OF THE PRESENTATION: FOR EDUCATIONAL PURPOSE ONLY



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP

WP 2 – Ringkasan Pelatih



Academic CV

- Adjunct professor di Royal Melbourne University of Technology, Australia (sejak Februari 2013)
- Kepala Institut "Termodinamika Terapan dan Teknologi Pembakaran" di FH Aachen (sejak 1998)
- Kepala Institut "Daya Termal dan Mesin Panas dan Mekanika Kendaraan" di FH Aachen (1993 hingga 1998)
- FH Aachen: Dosen eksternal bidang mesin pembakaran dalam (1985 sd 1993)
- RWTH Aachen University: Dosen di bidang teknologi energi dan mesin pembakaran internal (1984 hingga 1989)
- Ph.D. (1992): Judul tesis "Pengaruh desain silinder pada sifat tribologi mesin pembakaran internal empat langkah berpendingin air", pembimbing akademik Prof. Dr. Franz Pischinger
- Studi akademik: Semester di luar negeri di University of Las Vegas, Teknik Sistem Tenaga Surya (1984)
- Studi Akademik: Dipl.-Ing. Teknik Mesin "Rekayasa Proses" di RWTH Aachen (1979 hingga 1984)



Thomas F. Esch
Dekan Keuangan
Kepala Kursus Magister Teknik
Otomotif Internasional



WP 2 – Ringkasan Pelatih



Pengalaman profesional

- Layanan konsultasi ke berbagai perusahaan, direktur "Pusat Kompetensi untuk Sistem Kereta Katup Elektromagnetik", manajemen proyek senior, penugasan pengesahan, manajer seminar (sejak 1994)
- FEV Aachen: Berbagai posisi dari pemimpin grup "Tribologi" (1989 hingga 1990), asisten kepala bisnis "Desain dan Pengembangan" (1990 hingga 1991) hingga kepala departemen untuk "Mekanika Mesin" (1991 hingga 1993)
- Institut Termodinamika Terapan di RWTH Aachen University dan FEV Aachen: Peneliti dan insinyur proyek di bidang teknik pembakaran ICE (1985 hingga 1989)
- Desert Research Institute, Boulder City (Nevada, AS): Insinyur penelitian di bidang teknologi penyimpanan panas laten (1984 hingga 1985)

Publikasi dan kegiatan editorial

- Lebih dari 130 publikasi dan presentasi ilmiah
- Pelaporan R&D lebih dari 150 proyek industri
- 52 paten dan aplikasi paten nasional dan internasional
- Pendiri dan editor seri buku "Termodinamika Terapan" (9 volumes)
- Co-founder and co-author buku teknis "Light and Heavy Duty Truck Technology"



WP 2 – Ringkasan Pelatih



Kuliah di Aachen University of Applied Sciences (Institut Termodinamika Terapan dan Teknologi Pembakaran)

Studi Sarjana:

- **Dasar-dasar Termodinamika** (Ba – 3. Semester)
- **Dinamika Kendaraan (Longitudinal !)** (Ba – 4. Semester)
- **Mesin Pembakaran Internal** (Ba – 5. Semester)
- **Teknologi Pembakaran** (Ba – 6. Semester)
- **Sistem Propulsi Luar Angkasa** (Ba – 6. Semester)

Studi Pascasarjana:

- **Efek Lingkungan dari Kendaraan Powertrains** (Ma – 1. Semester)



WP 2 – Ringkasan Pelatih



Kuliah di Aachen University of Applied Sciences (Institut Termodinamika Terapan dan Teknologi Pembakaran)

Oleh Kuliah Eksternal:

- **Hukum Paten untuk Insinyur** (Ba – 6. Semester)
- **Manajemen Umum Pemasok Otomotif** (Ma – 1. Semester)
- **Homologasi Otomotif Global dan Rilis Produksi Massal** (Ma – 2. Semester)

Kompetensi Umum Oleh Kuliah Eksternal:

- **Manajemen Proyek** (Ba – 1. Semester)
- **Retorika untuk Insinyur** (Ba – 1. Semester)
- **Kepemimpinan dan Pengambilan Keputusan** (Ba – 2. Semester)

WP 2 – Gambaran Umum Pelatihan



- Slot 1: Pengenalan dan Gambaran Umum Teknologi ICE
- Slot 1: Termodinamika ICE
- Slot 2: Karakteristik ICE dan Formasi Campuran
- Slot 2: Pertukaran Gas ICE dan Peningkatan Kinerja

Konten seminar (tingkat akademisi) ditujukan untuk mahasiswa pada akhir studi sarjana dan dosen profesional/manajer kurikulum program studi Otomotif



WP 2 – Penjualan Kendaraan Ringan Global



- Pada tahun 2017, 90 juta kendaraan ringan telah dijual secara global yang meningkat menjadi 118 juta unit pada tahun 2030.
- Tiga wilayah otomotif utama, Eropa, AMERIKA SERIKAT dan Cina, terhitung kira-kira 60 persen dari pasar global. Antara 2017 dan 2030, penjualan kendaraan cenderung tetap konstan di Eropa dan Amerika Serikat.
- Untuk Cina dan seluruh dunia, pertumbuhan penjualan tahunan diperkirakan antara 1,5 persen dan 4 persen. Penjualan dari powertrains berbasis mesin pembakaran (termasuk drivetrain listrik hibrida) diperkirakan akan meningkat sepanjang tahun 2025 mencapai maksimum sekitar 100 juta unit, yang merupakan peningkatan 12 persen dibandingkan tahun 2017.



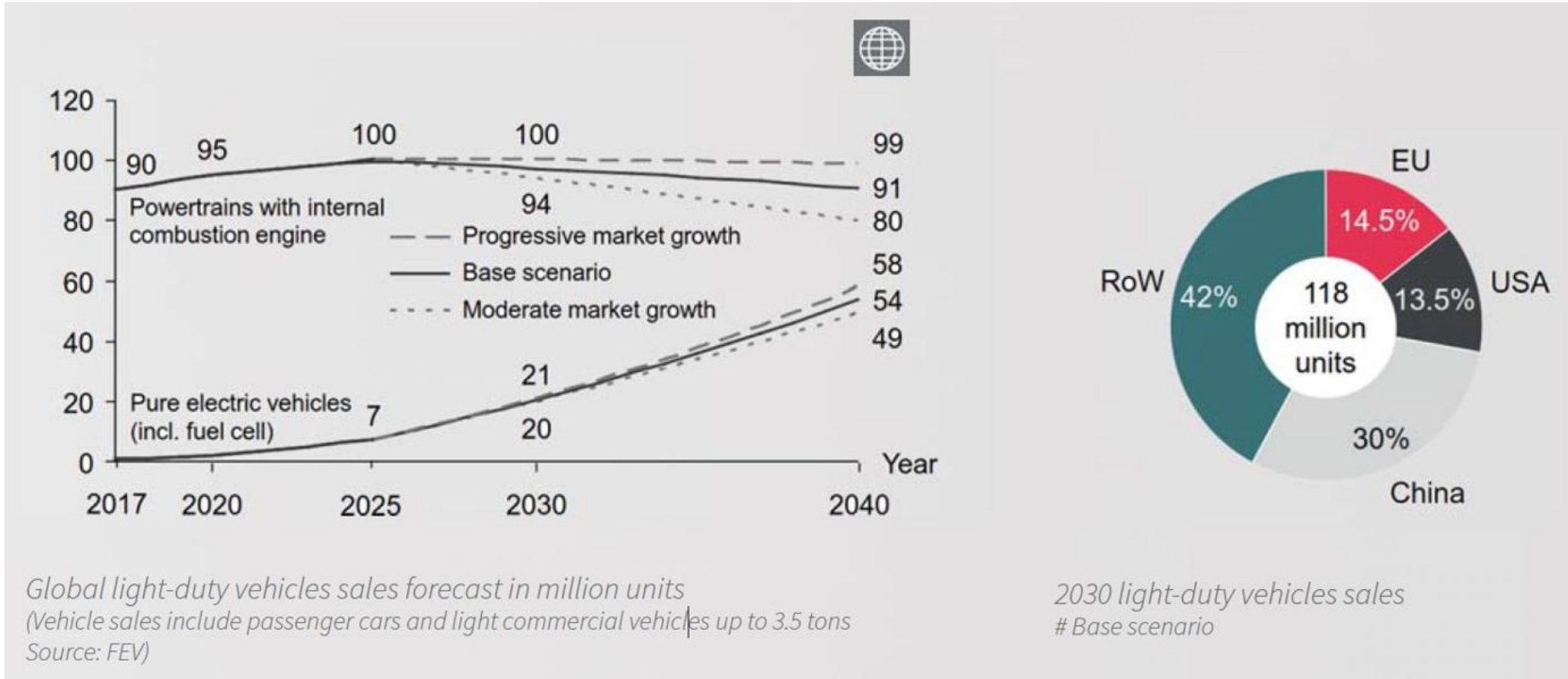
WP 2 – Penjualan Kendaraan Ringan Global



- Dalam skenario dasar, penjualan mesin pembakaran diharapkan mencapai puncak tertinggi antara tahun 2025 dan 2030 sebelum menurun dalam jangka panjang.
- Penjualan powertrain listrik diharapkan meningkat secara signifikan mencapai 20 juta unit pada tahun 2030.
- Ini termasuk secara eksklusif kendaraan listrik baterai, sedangkan penetrasi pasar skala besar drivetrain berbasis sel bahan bakar hanya diharapkan untuk periode setelah 2030.
- Di Eropa, AS, dan China, transisi dari sistem powertrain konvensional ke elektrifikasi akan terjadi secara signifikan lebih awal daripada di pasar yang kurang matang. Akibatnya, jumlah mesin pembakaran internal yang dijual di ketiga pasar ini pada tahun 2030 diperkirakan sekitar 10 persen di bawah volume penjualan 2016. Drivetrain hibrida (termasuk hibridisasi ringan dengan teknologi 48V) diperkirakan akan menghasilkan sekitar 56 persen penjualan di tahun 2030.



WP 2 – Penjualan Kendaraan Ringan Global



WP 2 – Volume Penjualan Global yang Diharapkan pada 2030



- Perubahan teknologi juga mempengaruhi komponen lain dari powertrain. Jumlah rata-rata silinder berkurang 8 persen dari 4,3 hingga 4,0 karena tren yang sedang berlangsung menuju mesin tiga dan empat silinder turbocharged.
- Di antara tiga wilayah otomotif utama, laju transisi menuju powertrain listrik bervariasi.
- Di Eropa, sebagian dari 21 persen kendaraan listrik baterai diperkirakan pada tahun 2030. Pendorong utama perkembangan ini adalah regulasi emisi CO2 untuk kendaraan yang baru terdaftar, yang harus dipatuhi oleh setiap produsen kendaraan secara individual.
- Selain itu, keengganan terhadap kendaraan berbasis mesin pembakaran meningkat di beberapa bagian masyarakat dan penerimaan e-mobilitas meningkat.



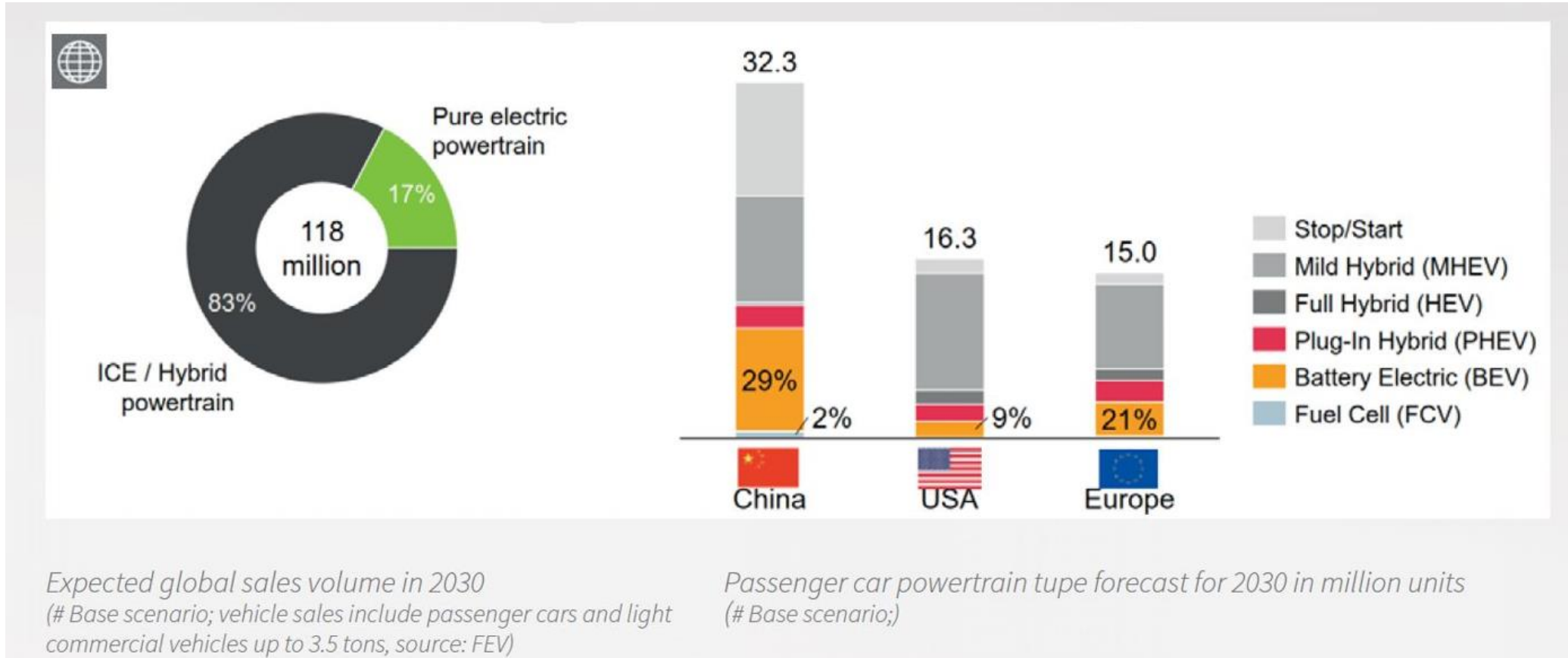
WP 2 – Volume Penjualan Global yang Diharapkan pada 2030



- Investasi yang diharapkan menjadi infrastruktur pengisian daya dan peluncuran portofolio kendaraan listrik oleh banyak produsen, cenderung memfasilitasi transisi. Untuk pasar AS, pangsa penjualan kendaraan listrik yang lebih rendah (9% pada tahun 2030) diperkirakan akan terjadi pada tahun 2030. Dibandingkan dengan Eropa, peraturan emisi CO2 AS tidak terlalu ketat.
- Selain itu, kendaraan listrik kurang cocok untuk rata-rata pelanggan AS, yang lebih menyukai kendaraan yang lebih besar dan dapat menempuh jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan Eropa. Namun, di beberapa wilayah Amerika Serikat, terutama daerah pesisir, pangsa pasar kendaraan listrik yang lebih tinggi diharapkan. Di Cina, pangsa kendaraan listrik tinggi sebesar 29 persen diharapkan pada tahun 2030.
- Pendorong utama penetrasi pasar yang tinggi adalah berbagai program regulasi yang mendorong penjualan kendaraan listrik, seperti target penghematan bahan bakar, kuota penjualan kendaraan listrik (“target kredit NEV”) dan keuntungan untuk kendaraan listrik dalam penugasan plat nomor.



WP 2 – Volume Penjualan Global yang Diharapkan pada 2030



WP 2 – Malaka SLOT 1



- **Pengantar** dan Gambaran Umum Teknologi ICE (30 menit)



WP 2 - Jerman: Look Back - Skandal Dieselgate Politik



- September 2015: EPA menemukan bahwa mesin diesel TDI mengaktifkan kontrol emisi hanya saat pengujian emisi laboratorium
 - Output memenuhi standar AS selama pengujian peraturan, tetapi lebih banyak NO(Nitrogen Oksida) hingga 40 kali dalam pengemudian di dunia nyata
 - Regulator di beberapa negara mulai menyelidiki Volkswagen
 - Harga saham turun sepertiga
 - CEO Grup VW Martin Winterkorn mengundurkan diri
- April 2016: Volkswagen mengumumkan rencana untuk menghabiskan €16,2 miliar untuk memperbaiki masalah emisi
- Januari 2017: Volkswagen mengaku bersalah atas tuduhan kriminal
- April 2017: Seorang hakim federal AS memerintahkan Volkswagen untuk membayar denda pidana \$2,8 miliar
- 3 Mei 2018: Winterkorn didakwa di Amerika Serikat atas penipuan dan konspirasi



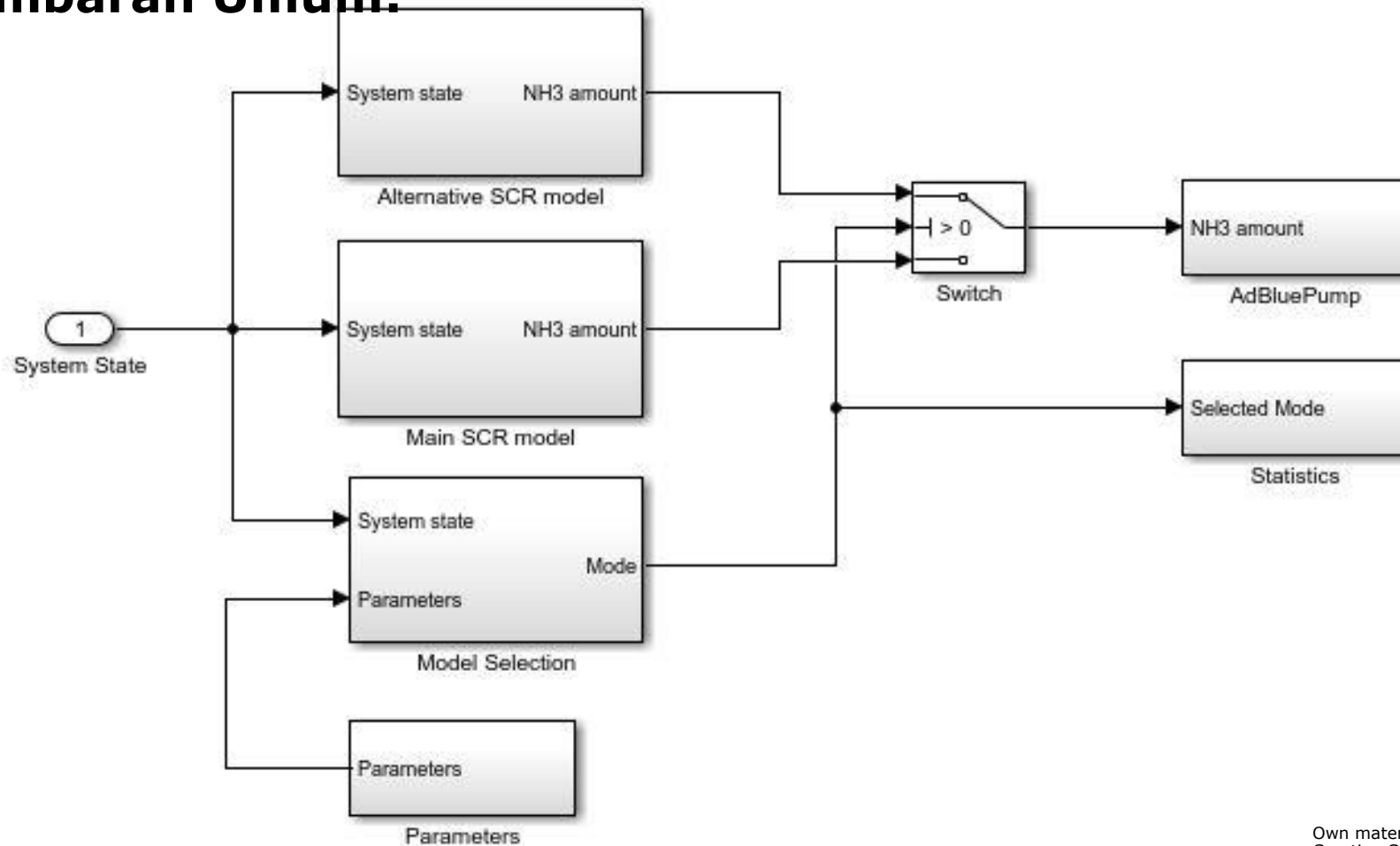
Defeat Device.

- Defeat Device adalah sejenis manipulasi, lebih tepatnya fungsi dalam unit kontrol dengan tujuan untuk mengubah atau memodulasi segala jenis sistem, bagian, atau fungsi yang terkait dengan emisi gas buang.
- Definisi serupa tetapi berbeda antara undang-undang UE dan AS.
 - > Salah satu alasan untuk kewajiban dan konsesi yang berbeda dari VW
- Perbedaannya kurang lebih tentang pengecualian larangan perangkat kekalahan tersebut.
 - > Definisi UE menawarkan ruang interpretasi yang luas
 - > “Perlindungan komponen”
- Pasal 2 (10) dan pasal 5 (2) peraturan UE 715/2007

Defeat Device dalam Skandal Gas Buang Diesel.

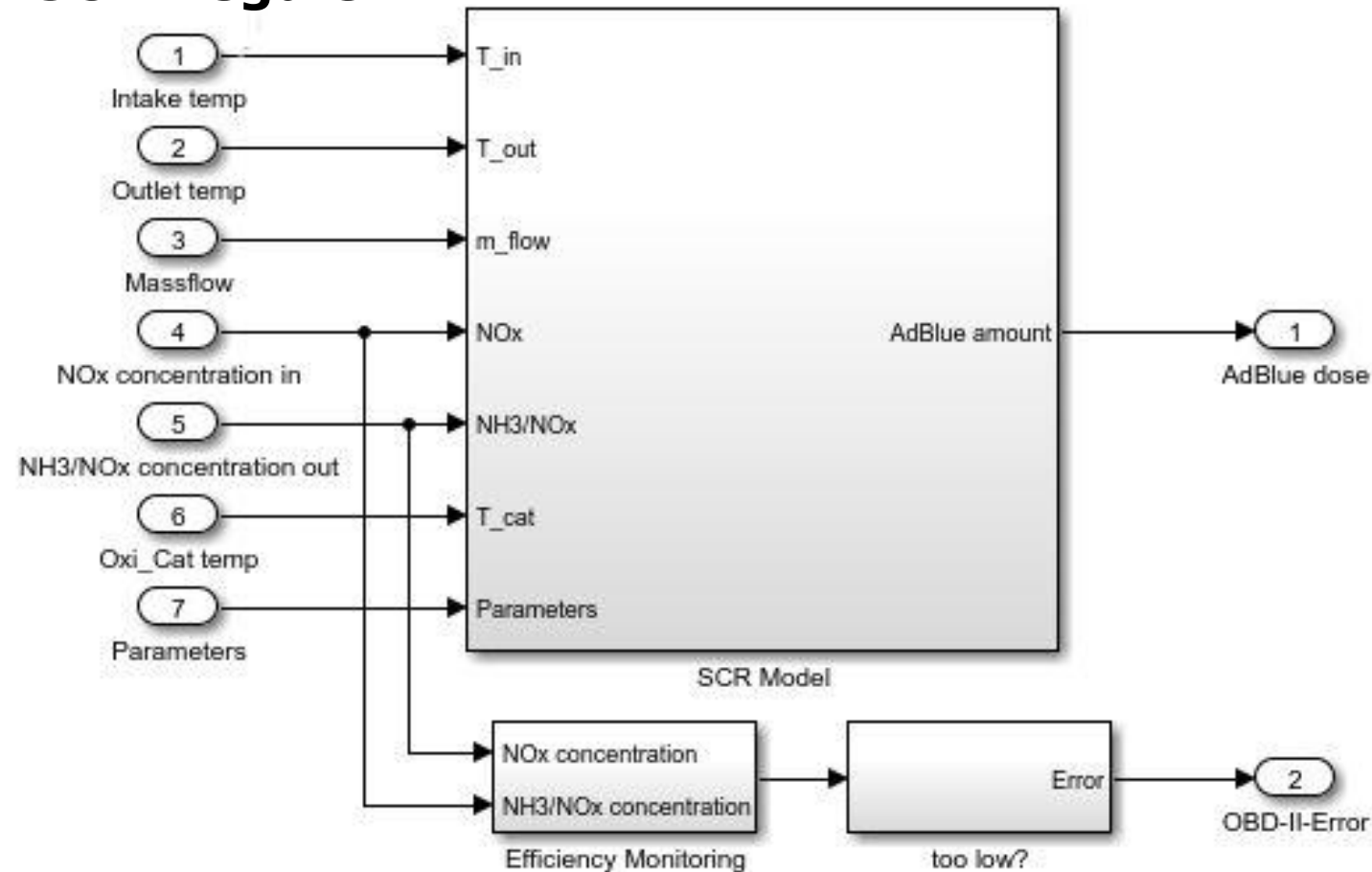
- Volkswagen ditipu dengan menonaktifkan sistem pengurangan Nox
 - > Beralih ke model kalibrasi dasar (katalis SCR)
 - > Menonaktifkan event DeNOx (LNT)
- Untuk manipulasi, deteksi siklus diperlukan
 - > Uji emisi dilakukan pada dinamometer dalam kondisi yang telah ditentukan.
 - > NEDC (UE), FTP 75 (AS)
- Struktur perangkat lunak, bagaimana penerapannya oleh VW, untuk memanipulasi sistem SCR ditunjukkan pada slide berikutnya.

Gambaran Umum:



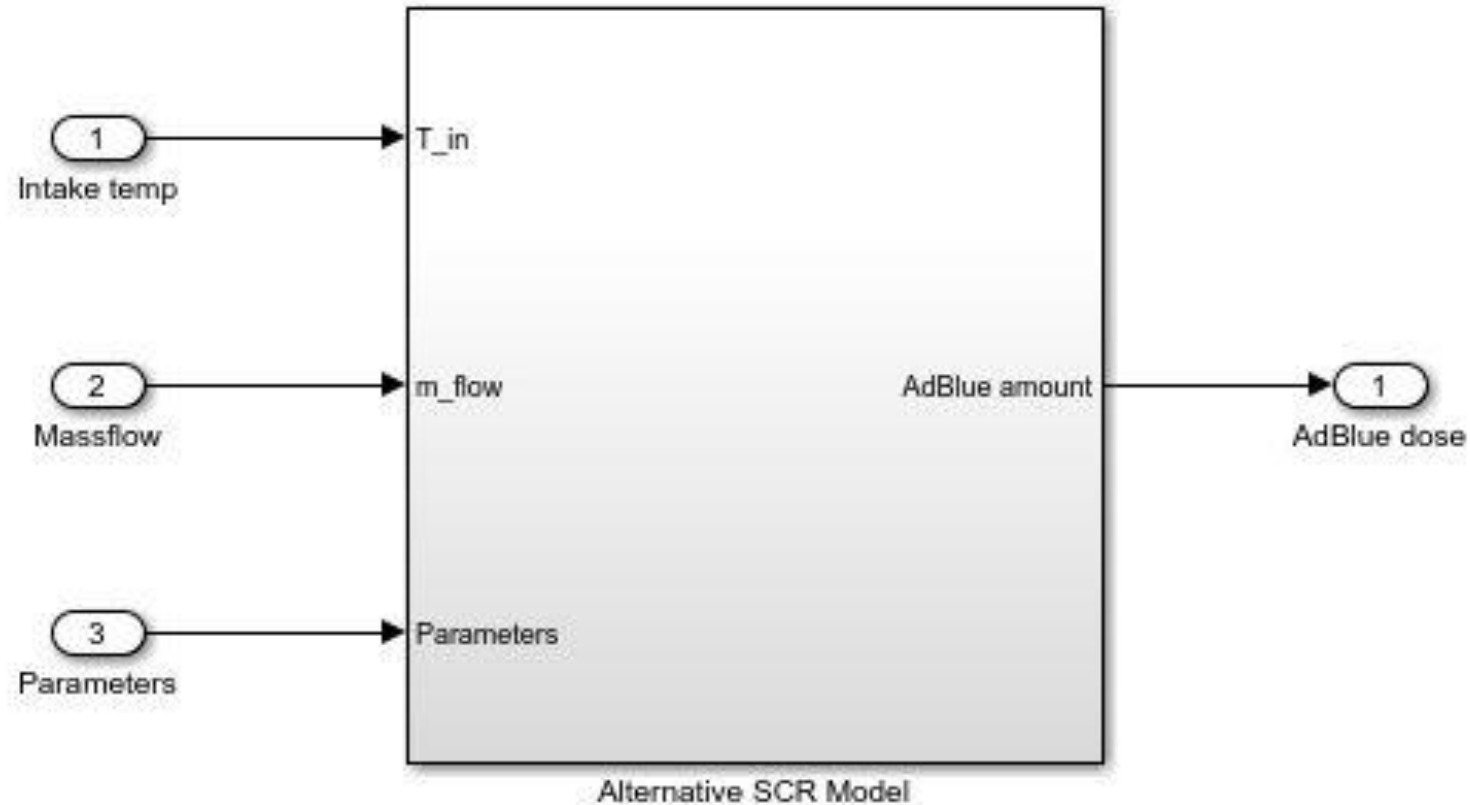
Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

Model SCR Regular:



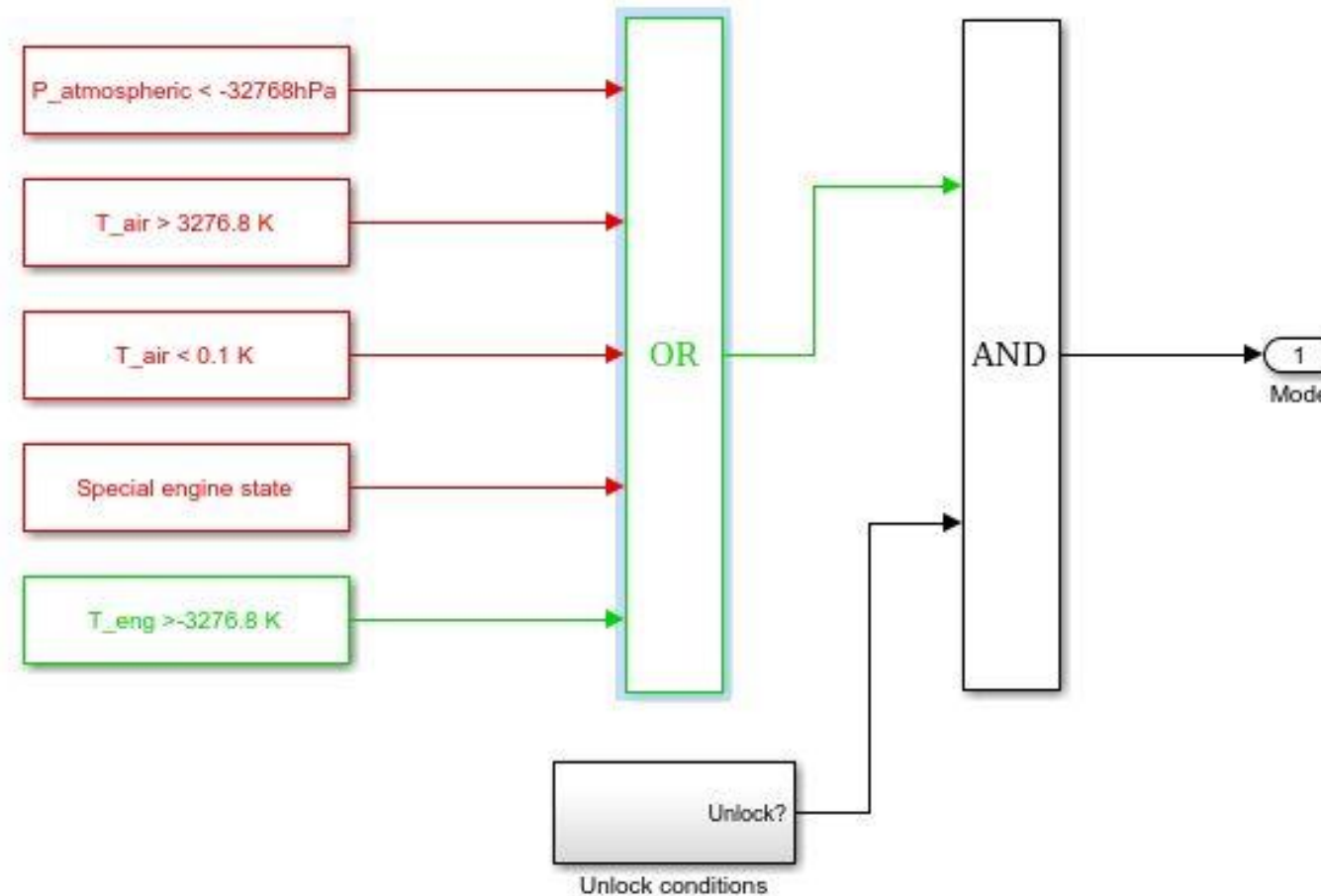
Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

Model SCR Alternatif:



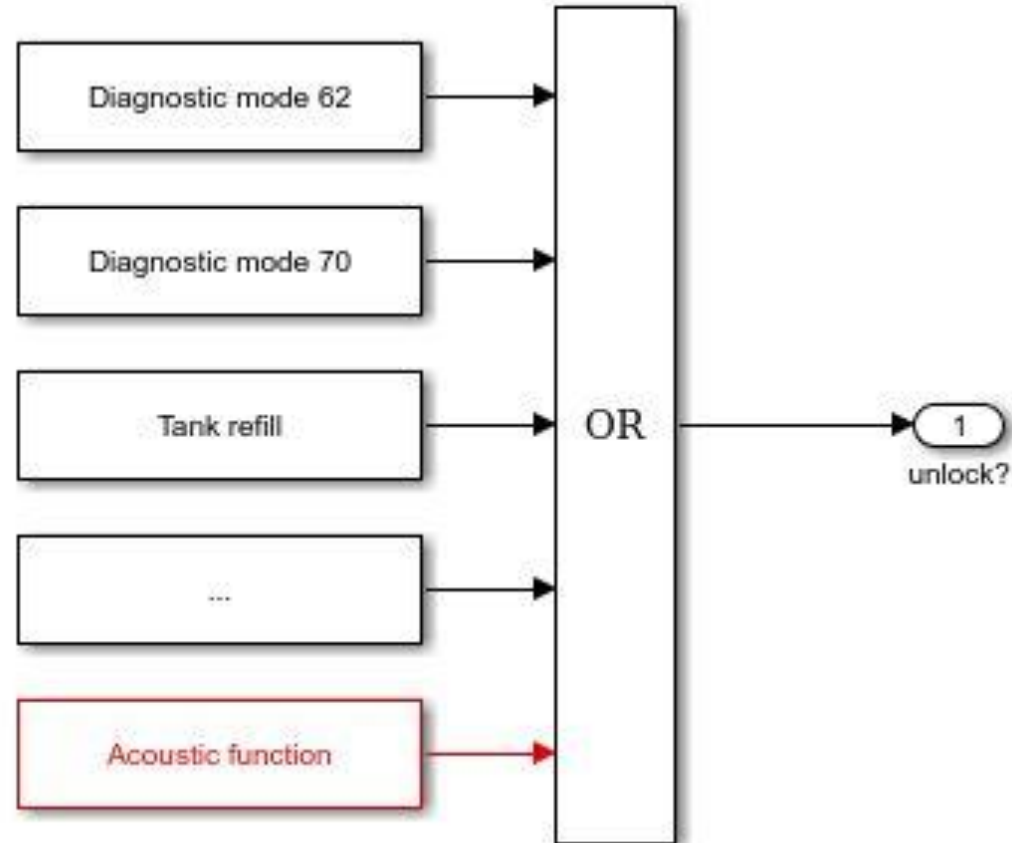
Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

Model Pemilihan:



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

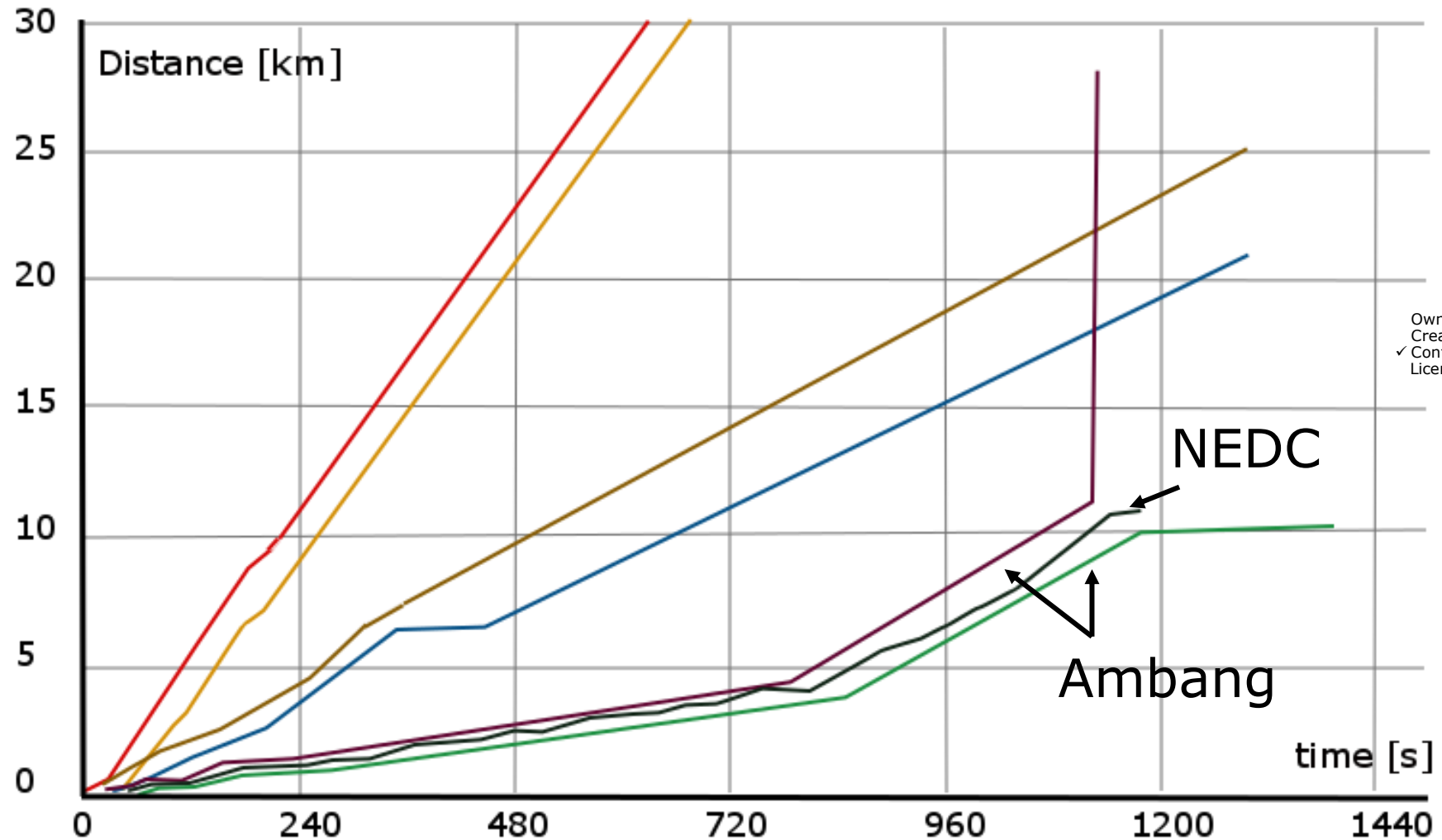
Kondisi Buka:



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

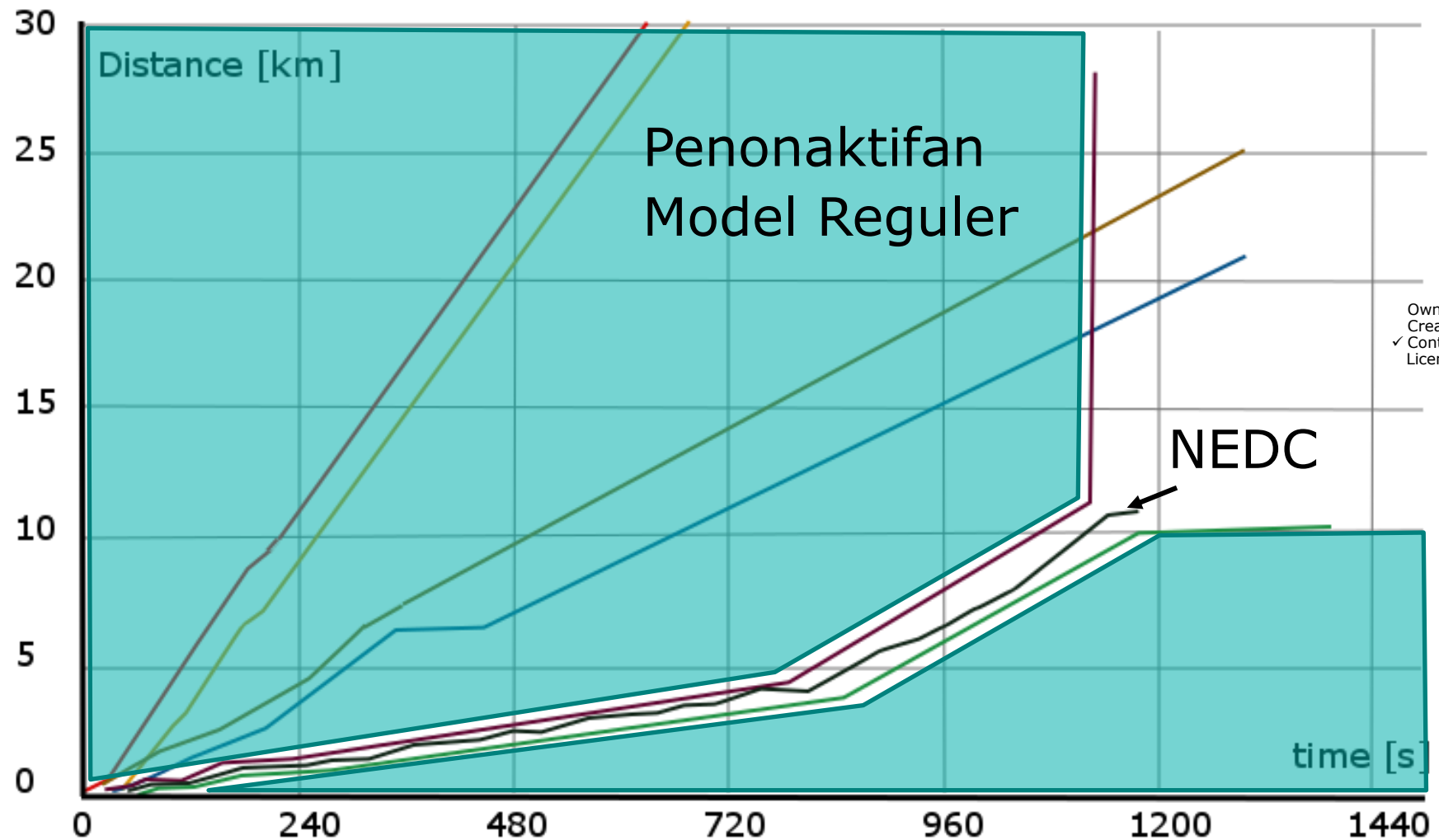
DieselGate – Skandal Gas Buang.

Defeat Device dalam Skandal Gas Buang Diesel.

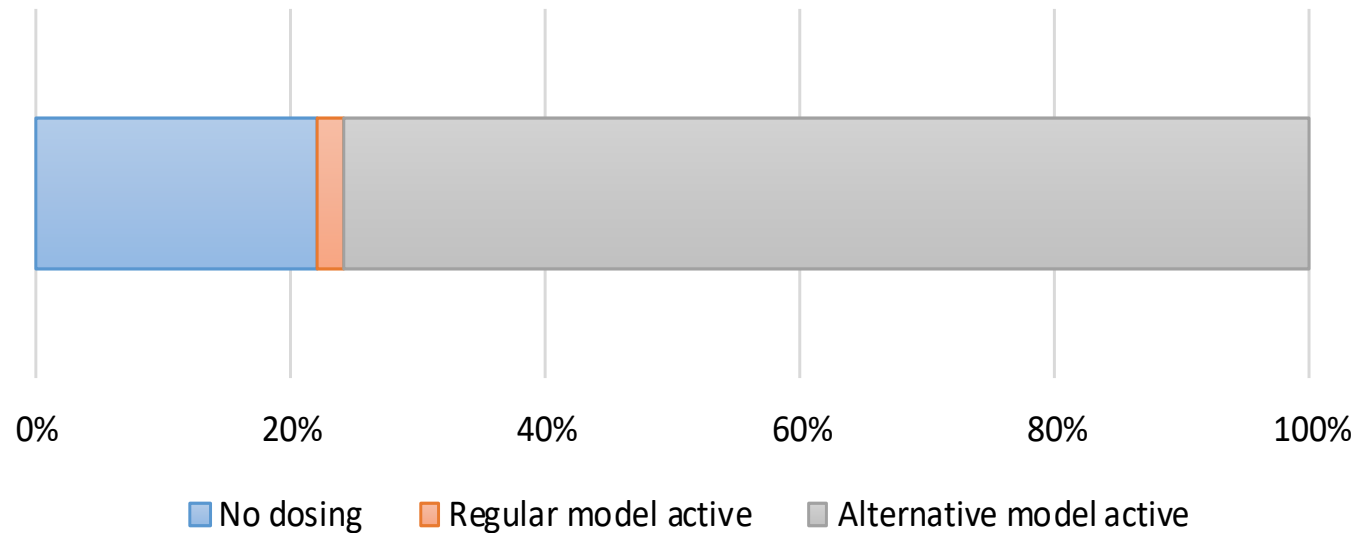


DieselGate – Skandal Gas Buang.

Defeat Device dalam Skandal Gas Buang Diesel.



Dosing strategy



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

- Dalam kondisi mengemudi yang sebenarnya, model SCR biasa dipilih hanya sekitar 5% dari waktu.
- Di lain waktu, pengurangan atau hampir tidak ada konversi NOx

Mnemonics.

- Skandal gas buang Diesel berakar pada tuduhan Badan Perlindungan Lingkungan (EPA) terhadap Volkswagen pada tahun 2015, di mana mereka mendakwa VW karena menipu dalam tes emisi dengan menggunakan apa yang disebut defeat device.
- Di seluruh dunia lebih dari 11 juta kendaraan dan setidaknya 2,5 juta kendaraan di Jerman terlibat. Semua kendaraan ini dilengkapi dengan EA 189 mesin Diesel, yang dirancang sebagai mesin 1,6 l dan 2,0 l.
- Sebuah defeat device merupakan suatu pengukuran yang diterapkan ke unit kontrol, misalnya ECU, dengan tujuan: memodifikasi, mengubah, atau menonaktifkan fungsi terkait emisi gas buang.
- Perangkat kekalahan digunakan dalam skandal gas buang Diesel untuk menonaktifkan atau setidaknya mengurangi efisiensi sistem reduksi oksida nitrogen (peningkatan nitrogen oksida).

Mnemonics.

- Untuk defeat device, bagaimana penerapannya oleh Volkswagen (manipulasi SCR), diperlukan suatu deteksi siklus.
- Motivasi untuk curang dalam kasus ini luas tetapi terutama dapat dijelaskan dengan pengurangan upaya kalibrasi, pengurangan konsumsi bahan bakar dan AdBlue dan pemeliharaan manfaat mesin Diesel.
- Beberapa contoh defeat device yakni penonaktifan sistem EGR di jendela suhu khusus, manipulasi katalis LNT dengan menahan peristiwa DeNO_x, atau pengurangan dosis AdBlue dalam kasus katalis SCR.

Mnemonics.

- Sebuah fungsi pada ECU, VW menyebutnya sebagai "Fungsi akustik", mendeteksi jarak tempuh terhadap waktu dan mengevaluasi, apakah kendaraan menjalankan siklus uji, misalnya NEDC, dalam uji emisi atau tidak.
- Jika deteksi siklus memberikan nilai "benar", strategi emisi yang dioptimalkan dipilih. Apabila diberikan nilai "salah", strategi alternatif dasar menjadi aktif.
- Penyelidikan otoritas Jerman mengenai Dieseldate mengungkapkan kecurigaan yang disarankan, bahwa Volkswagen bukan satu-satunya produsen mobil, yang memanipulasi hasil uji emisi dan mencemari emisi gas buang lebih dari yang diperbolehkan dalam peraturan.

WP 2 - Jerman: Skandal Dieselgate



- Hasil dari skandal gas buang Diesel ini merusak citra perusahaan Volkswagen dan mesin Diesel .
- Hal ini juga mengangkat kesadaran publik tertinggi atas tingkat polusi yang dipancarkan oleh semua kendaraan bertenaga diesel di bawah EURO 6d (suhu) terutama di Jerman dan AS



WP 2 - Masa Depan Mesin Pembakaran



- Diskusi pada tahun 2017 di Jerman, yang mencakup kritik yang diucapkan dan sebagian dibenarkan terhadap Mesin diesel, mengembangkan momentum tersendiri.
- Hal ini memuncak dalam diskusi umum tentang larangan ICE di kendaraan bermotor
- Untuk alasan ini, “Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik” (Masyarakat Ilmiah untuk Otomotif dan Teknologi ICE = WKM) telah menyusun tiga pernyataan inti pada peristiwa ini dan masa depan mesin pembakaran internal, yang dirumuskan berdasarkan keadaan pengetahuan ilmiah.



WP 2 - Pernyataan Inti ICE WKM



- a. Mesin pembakaran internal adalah dan merupakan mesin mobilitas, lalu lintas barang, dan mesin bergerak. Peran ini dilengkapi, tetapi tidak diganti, oleh penggerak listrik. SEBUAH teknologi-terbuka pengembangan lebih lanjut dari sistem penggerak adalah prasyarat untuk kebijakan iklim yang sukses dalam masyarakat yang makmur. Larangan memiliki efek sebaliknya.
- b. Karena kontribusi mesin pembakaran yang sangat rendah, Isu emisi dan terutama immision tidak akan menjadi argumen untuk melawan mesin diesel atau bensin di masa depan! Keadaan teknologi saat ini sudah memastikan bahwa nilai batas emisi dapat dipatuhi tanpa kecuali. Titik lemah yang diidentifikasi dalam retrospeksi tidak lagi relevan untuk masa depan. Atas dasar riset intensif, mesin pembakaran yang sepenuhnya netral terhadap lingkungan drive dapat disajikan.

[2]

WP 2 - Pernyataan Inti ICE WKM



- c. Keuntungan khusus dari mesin pembakaran internal terletak pada: penggunaan bahan bakar yang efisien dan fleksibel dengan kepadatan energi yang tinggi serta pilihan penyimpanan dan distribusi yang sangat baik. Dengan karakteristik mendasar ini, mesin pembakaran terus-menerus menemukan kembali dirinya sendiri dan, ketika mempertimbangkan sistem secara keseluruhan, memungkinkan emisi CO₂ lebih rendah daripada teknologi alternatif. Potensi untuk dapat secara fleksibel menggunakan non-fosil dan karenanya bahan bakar CO₂-netral adalah jaminan lebih lanjut untuk teknologi masa depan yang berkelanjutan dan berjangka panjang.

WP 2 - Partai Politik di Jerman tentang ICE Future



Memperkuat
transportasi umum,
Linke

Berpikiran terbuka
untuk teknologi-
budaya inovasi
melainkan
larangannya
CDU

Iya, untuk
diesel
AfD

Pada 2030
semua mobil
harus bebas
emisi
Die Grünen

Larangan
mengemudi
adalah aturan
kemarin
FDP

Diesel memiliki
masa depan,
terutama di
pedesaan
CSU



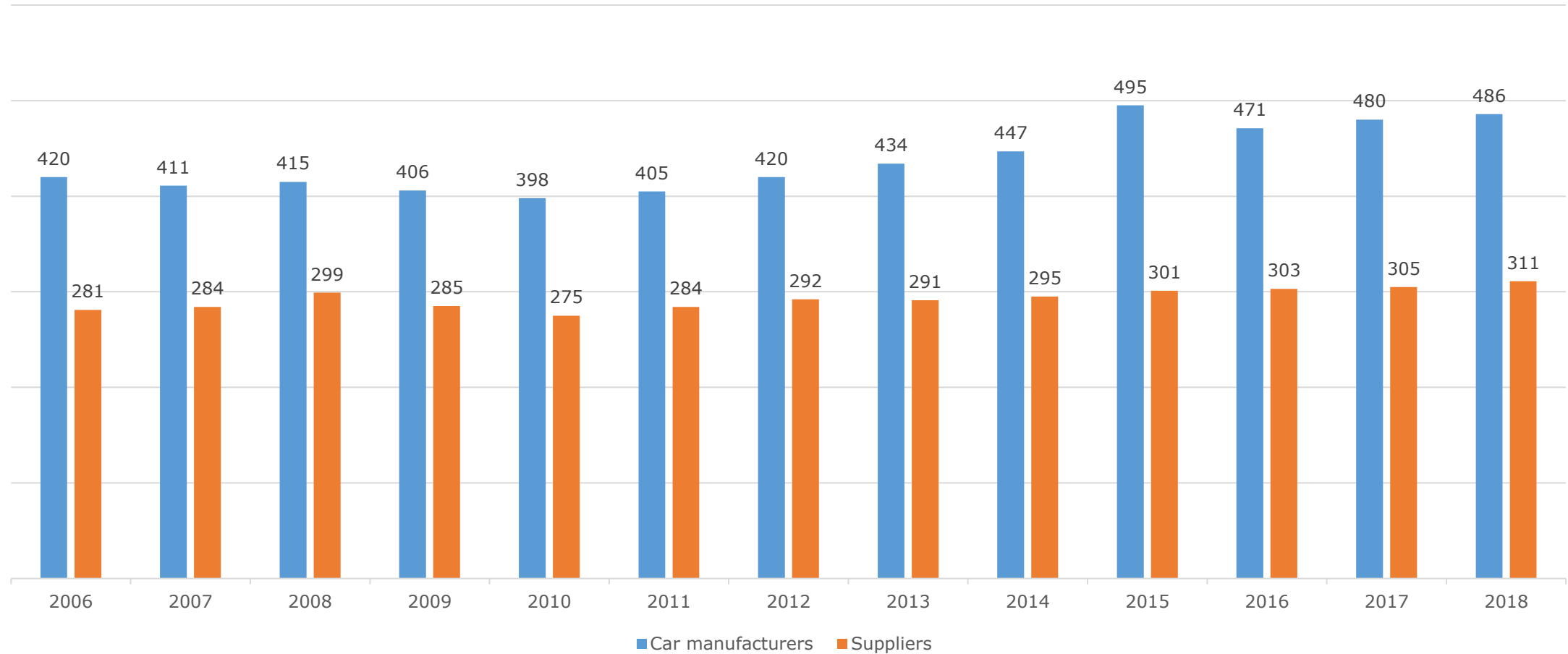
WP 2 - Larangan Penjualan Kendaraan Baru dengan Mesin Diesel atau Bensin di Eropa



Country	Ban announced	Ban commences
Denmark	2019	2030
France	2017	2040
Iceland	2018	2030
Ireland	2018	2030
Netherlands	2017	2030
Norway	2017	2025
United Kingdom	2017	2040 – England, Wales, Northern Ireland 2032 – Scotland
Sweden	2018	2030



WP 2 - Jumlah Rata-Rata Tahunan Karyawan di Industri Otomotif Jerman dalam 1000



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Gambaran Umum Pelatihan



- Q&A, SLOT Diskusi 1



WP 2 – Malaka SLOT 1



- Pendahuluan dan **Ikhtisar Teknologi ICE** (10 menit)



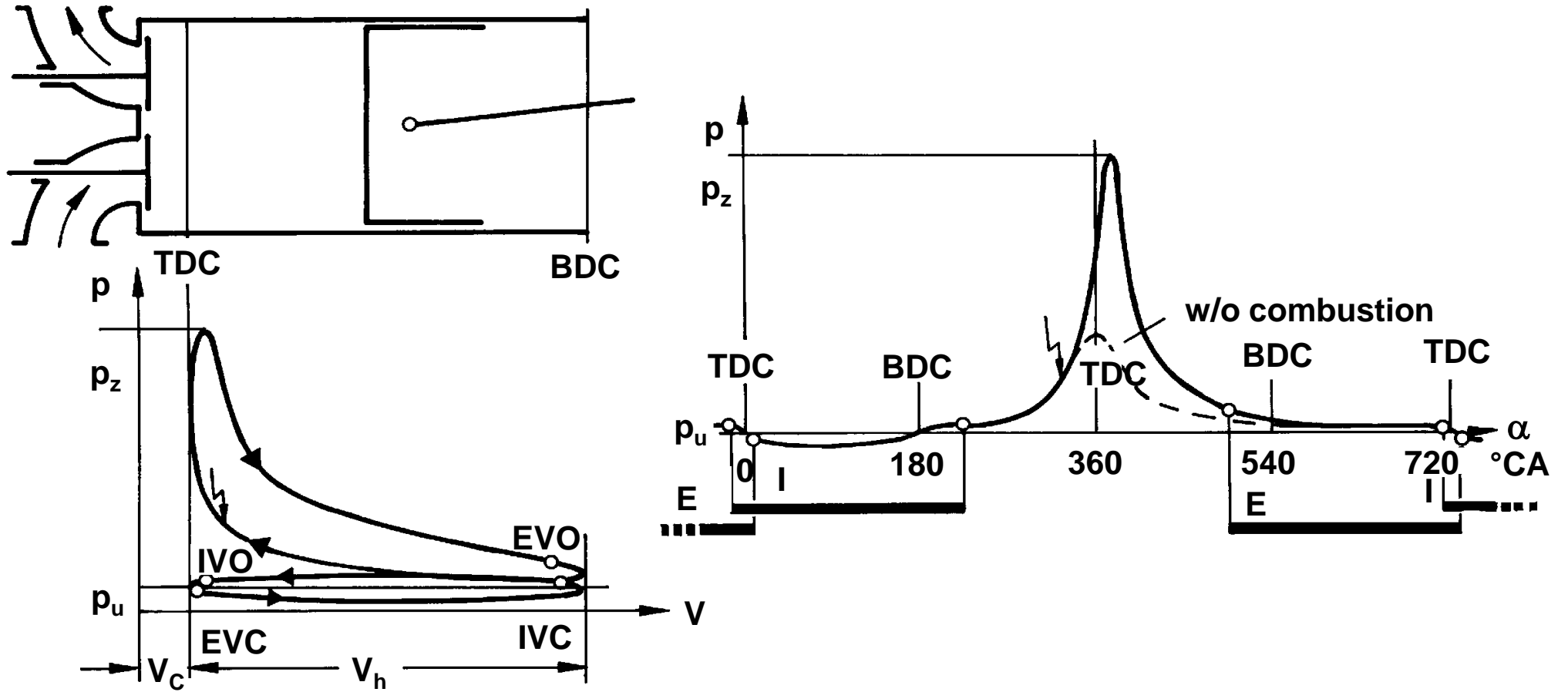
WP 2 – Sistematika ICE



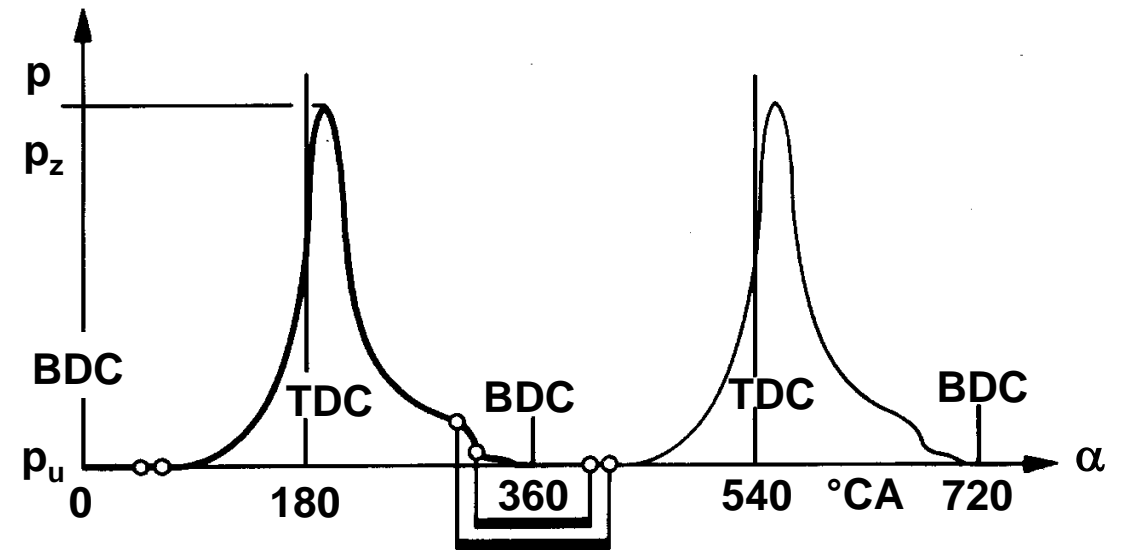
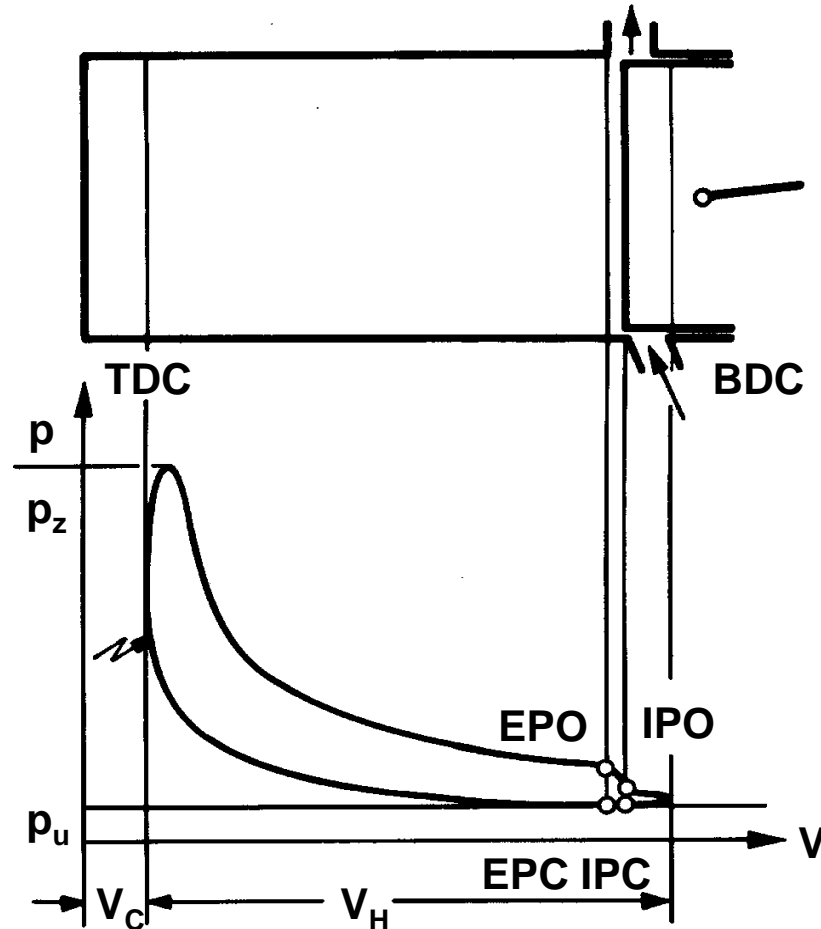
1. **Metode siklus kerja**
 - tertutup (pembakaran luar)
 - terbuka (pembakaran dalam)
2. **Proses pembakaran**
 - kontiniu
 - berselang
3. **Metode pertukaran gas**
 - 4-langkah
 - Two-stroke
4. **Tingkat tekanan muatan (Proses terbuka!)**
 - Mesin yang disedot secara alami
 - Mesin yang di boosted
5. **Waktu generasi campuran**
 - Kompresi udara
 - Kompresi campuran
6. **Lokasi generasi campuran**
 - Generasi campuran dalam
 - Generasi campuran luar
7. **Metode control daya**
 - Kontrol kuantitas
 - Kontrol kualitas
8. **Metode penyalaan**
 - Penyalaan percikan (mesin bensin)
 - Penyalaan kompresi (mesin diesel)



WP 2 – Siklus Operasi Empat Langkah



WP 2 – Siklus Operasi Dua Langkah



WP 2 – Karakteristik Proses Mesin



	Mesin Bensin (Konvensional)	Mesin Diesel
Kompresi	① Campuran Gas	① Udara
Keadaan Campuran Muatan	② Homogen	② Tidak Homogen
Pengapian	③ Percikan Api	③ Kompresi Pengapian
Kontrol Beban	④ Aliran Bahan Bakar Dan Udara	④ Aliran Bahan Bakar



WP 2 – Persyaratan untuk Powertrain / Motivasi Kendaraan Penumpang

penggunaan pelanggan

- Kenikmatan berkendara
- Kendaraan rendah dan biaya perasional
- Kualitas/keandalan
- Kenyamanan

Tuntutan/hukum lingkungan

- Emisi (lokal/global)
- CO₂ emissions (Efek Rumah Kaca)
- Daur Ulang
- Menghemat Sumber Daya

Daya Tahan

Spesifikasi, Kekuatan, dan Torsi Tinggi

Ringan dan Kompak

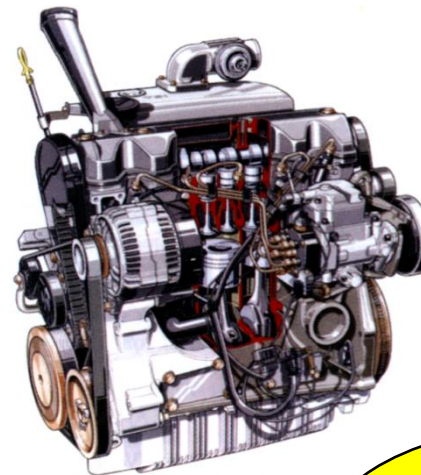
Biaya Produksi Rendah

Konsumsi bahan bakar rendah

Polusi Udara dan CO₂ Rendah

Kebisingan dan Getaran Rendah

Waktu Pengembangan Singkat



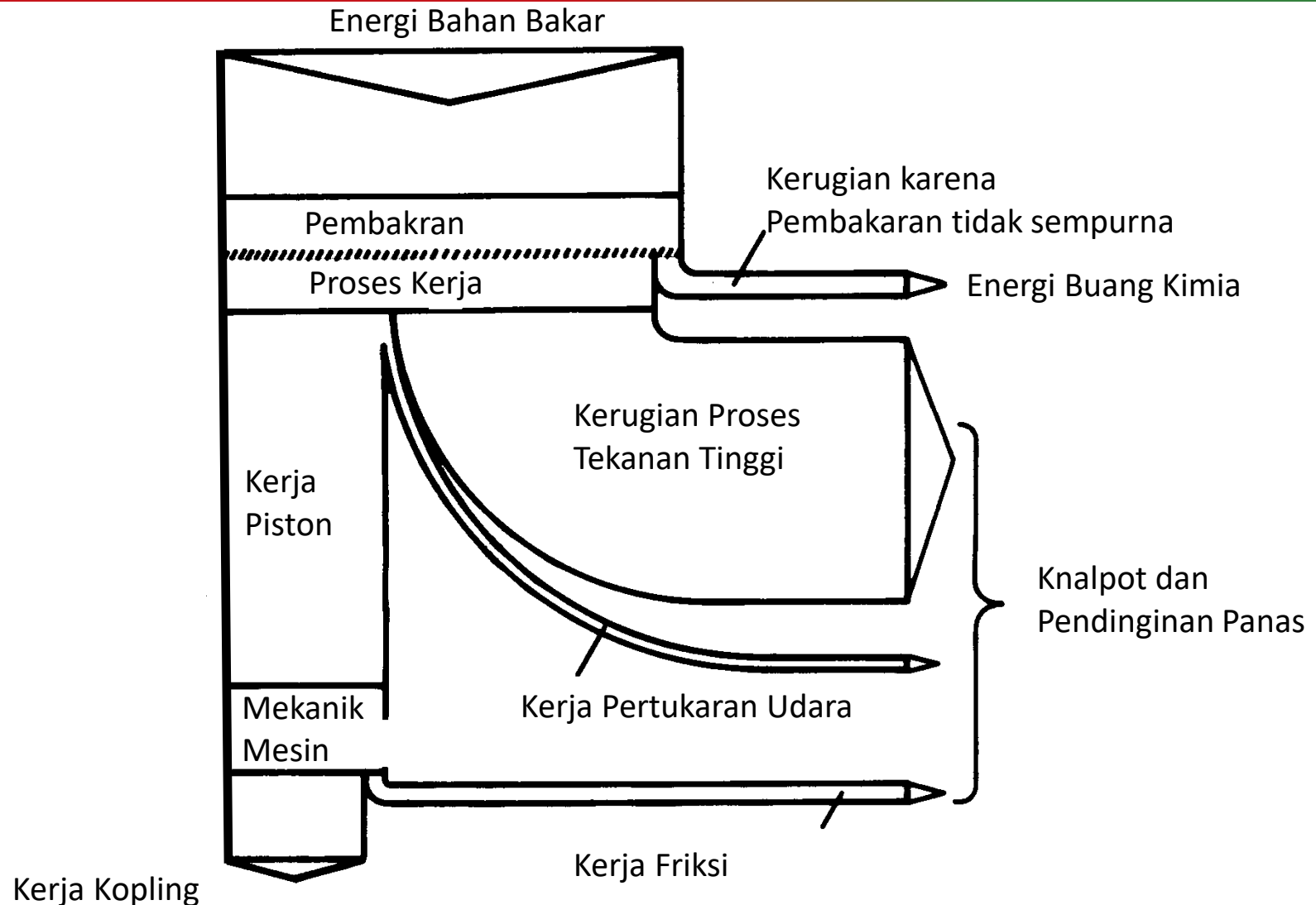
WP 2 – Malaka SLOT 1



- **Termodinamika ICE (30 minutes)**



WP 2 – Konversi Energi Pada ICE

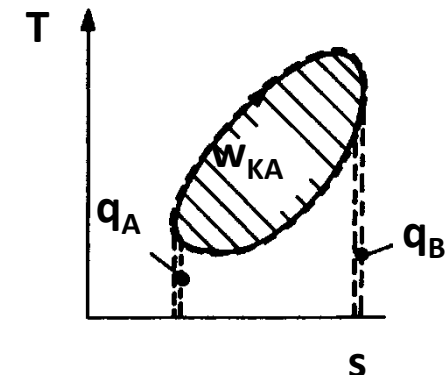
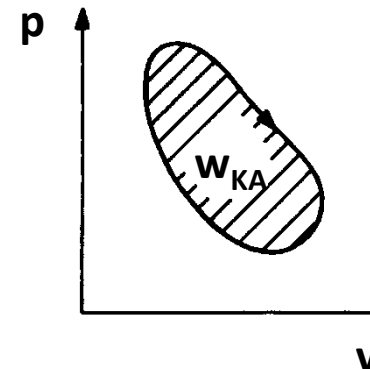


WP 2 – Asumsi Siklus Kerja

- Kompresi dan ekspansi adiabatik
- Pembakaran diganti dengan suplai panas
- Pertukaran gas diganti dengan pengurangan panas
- Cairan homogen
- Tidak ada ireversibilitas

$$\eta_{th} = \frac{W_{KA}}{Q_B} = \frac{w_{KA}}{q_B}$$

$$\longrightarrow \eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B}$$



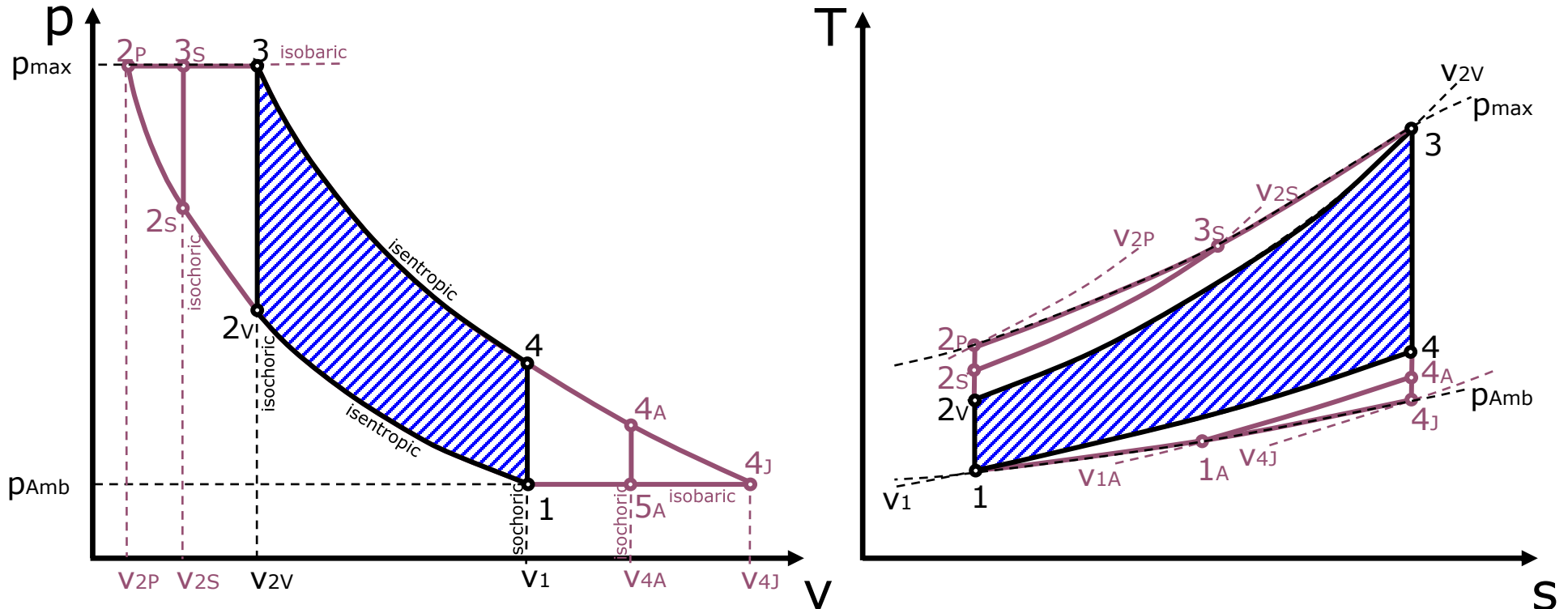
WP 2 – Asumsi Siklus Termodinamika



- Pembakaran dalam diganti oleh penambahan panas q_B .
- Proses pertukaran gas digantikan oleh penolakan panas luar q_A .
- Komposisi gas tetap tidak berubah selama siklus operasi.
- Massa fluida kerja tetap tidak berubah selama proses berlangsung.
- Kapasitas panas spesifik tidak tergantung pada keadaan gas.



WP 2 – Siklus Mesin Volume Konstan dalam Diagram T-S dan P-V



Siklus Volume Konstan

- 1 → 2_v Kompresi Isentropik
- 2_v → 3 Pasokan panas Isokhorik
- 3 → 4 Ekspansi isentropic
- 4 → 1 Derivasi panas iskhorik

1-2_v-3-4-1 Siklus Kerja:

WP 2 – Efisiensi Termal Siklus Mesin Volume Konstan



$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B}$$

$$\eta_{th,v} = 1 - \frac{c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

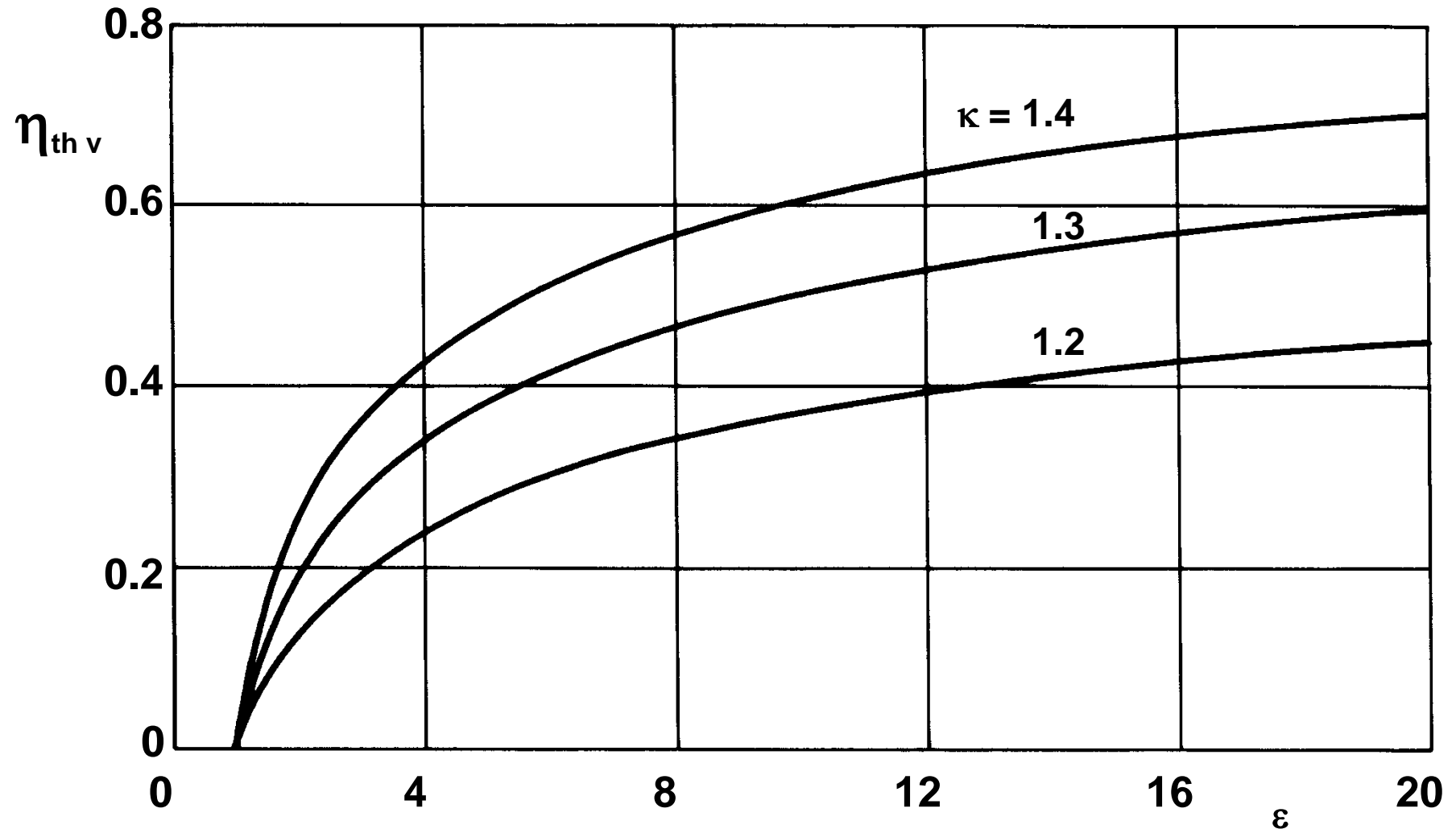
$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{\kappa-1} = \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{\kappa-1} = \frac{T_4}{T_3}$$

$$\eta_{th,v} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{\kappa-1}$$

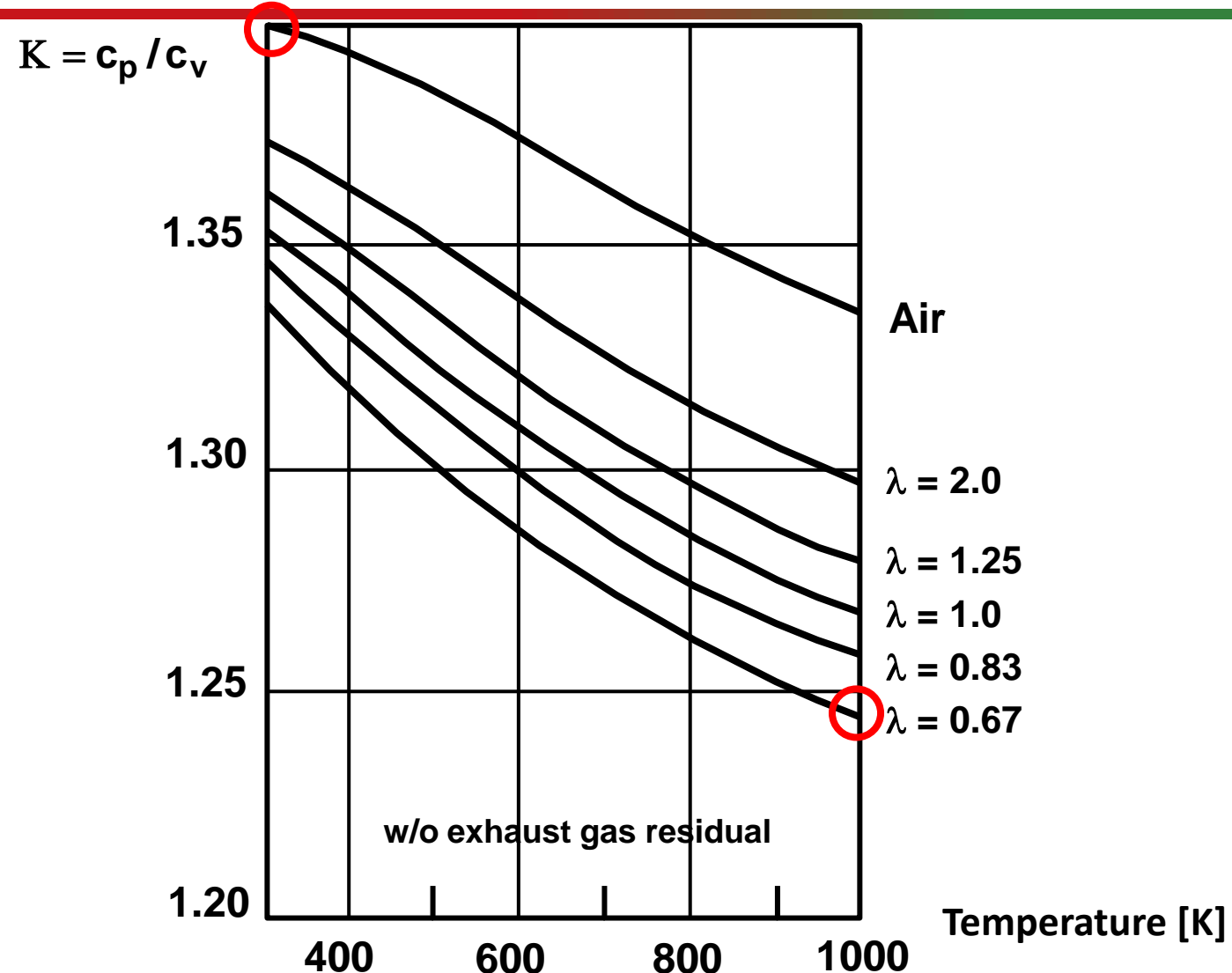
$$\eta_{th,v} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$$



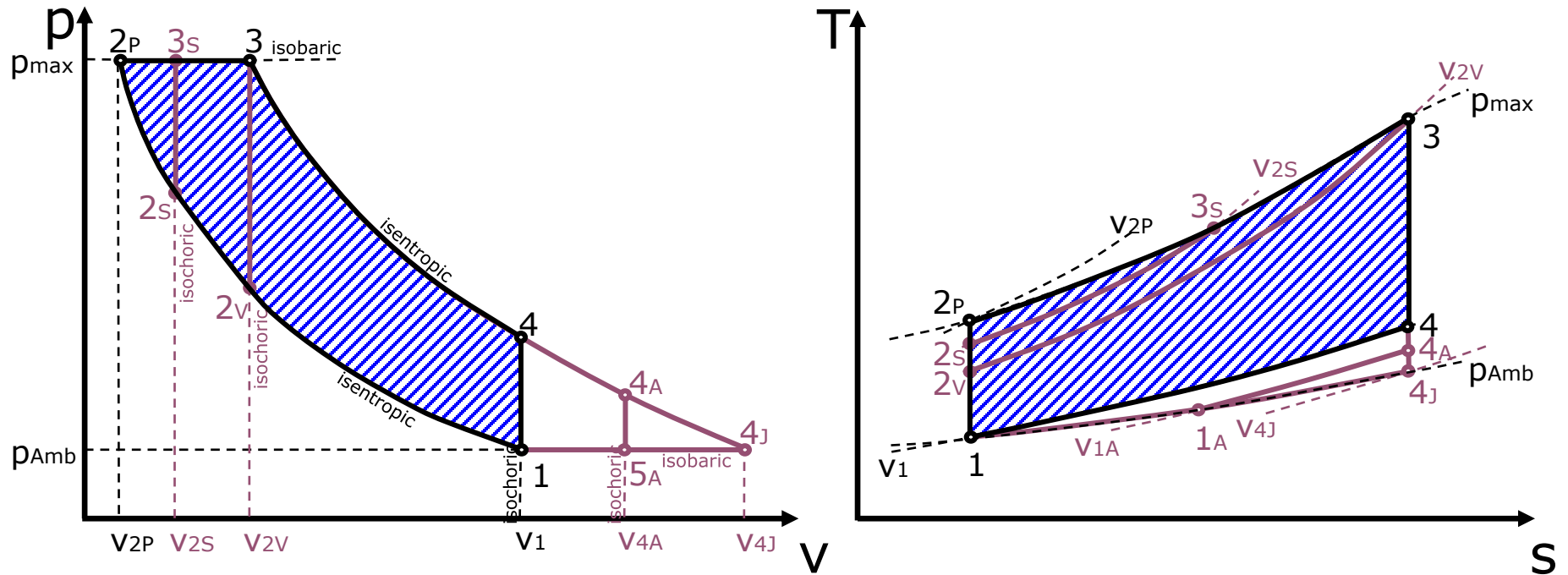
WP 2 – Efisiensi Termal Siklus Mesin Volume Konstan



WP 2 – Eksponen Isentropik untuk Campuran Bahan Bakar dan Udara



WP 2 – Siklus Mesin Tekanan Konstan



Siklus Tekanan Konstan

1-2_P-3-4-1

Siklus Kerja:

- 1 → 2_P Kompresi Isentropik
- 2_P → 3 Pasokan panas Isobarik
- 3 → 4 Ekspansi Isentropik
- 4 → 1 Derivasi panas Isokhorik

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Efisiensi Termal dari Siklus Mesin Tekanan Konstan



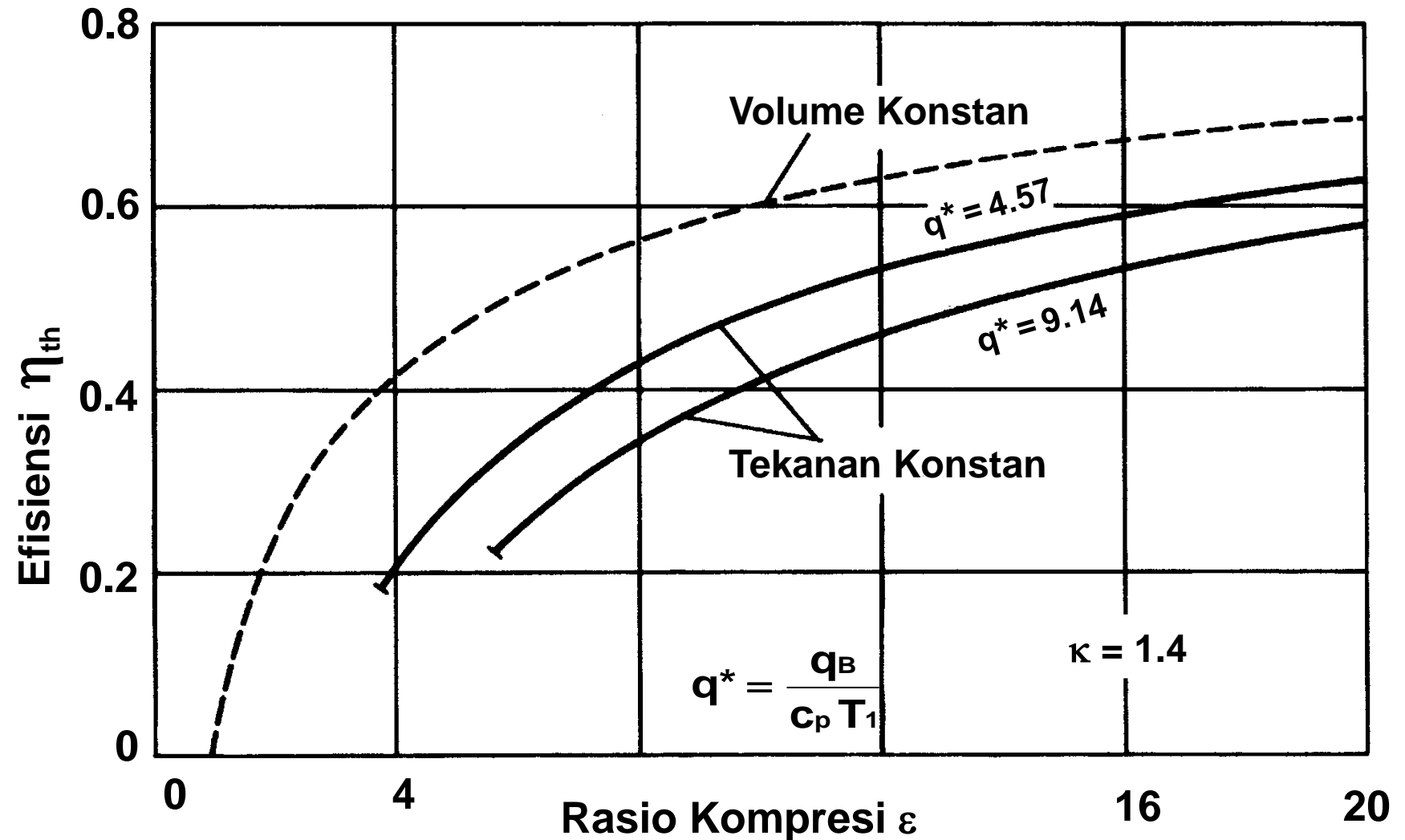
$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B}$$

$$\eta_{th,p} = 1 - \frac{c_p(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

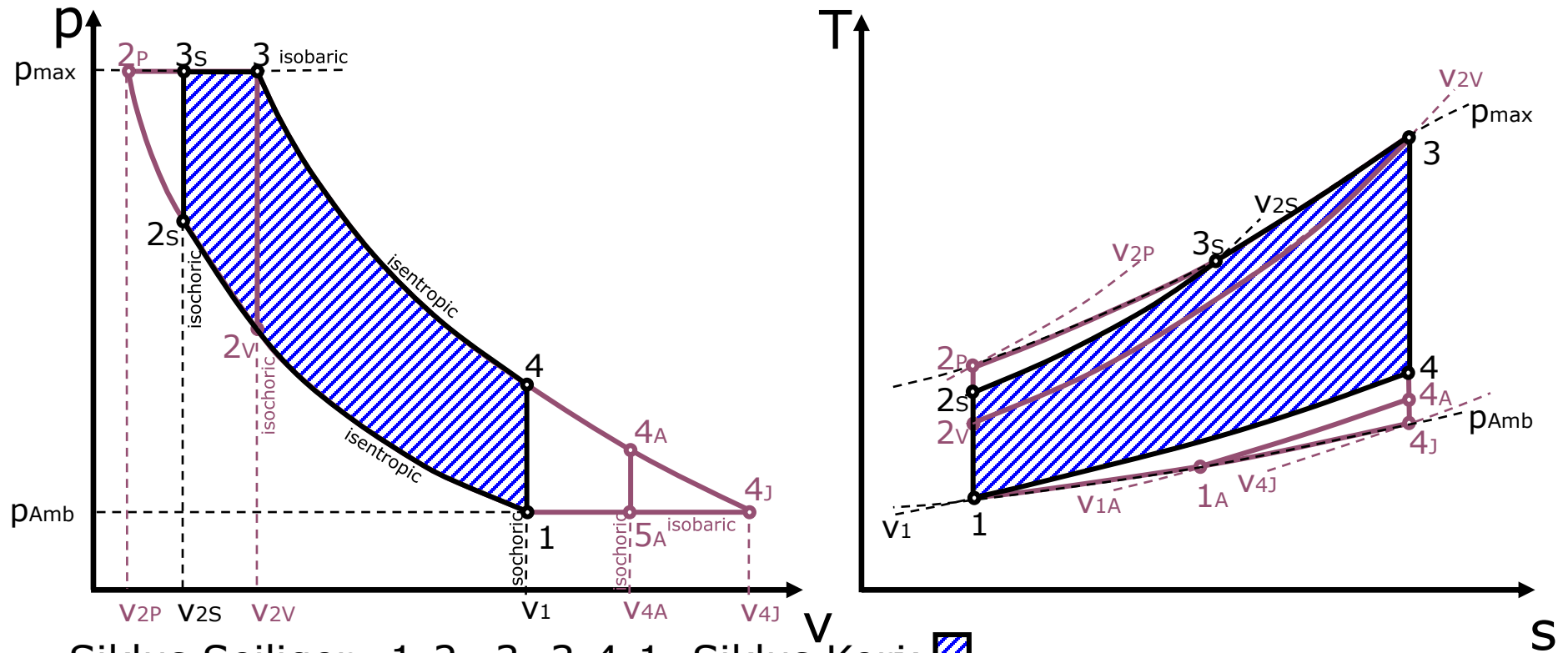
$$\eta_{th,p} = 1 - \frac{1}{\kappa q^*} \left[\left(\frac{q^*}{\varepsilon^{\kappa-1}} + 1 \right)^\kappa - 1 \right] \quad \text{with} \quad q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$



WP 2 – Siklus Mesin Konstan – P dan V yang Disederhanakan



WP 2 – Siklus Mesin Tekanan Terbatas



Siklus Seiliger 1-2s-3s-3-4-1 Siklus Kerj:

- 1 → 2s Kompresi Isentropik
- 2s → 3s Pasokan Panas Isokhorik
- 3s → 3 Pasokan Panas Isobarik
- 3 → 4 Ekspansi Isentropik
- 4 → 1 Derivasi Panas Isokhorik

WP 2 – Efisiensi Termal dari Siklus Tekanan Terbatas



$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\kappa q^*} \left\{ \left[q^* - \frac{1}{\kappa \varepsilon} \left(\frac{p_3}{p_1} - \varepsilon^\kappa \right) + \frac{p_3}{\varepsilon p_1} \right]^\kappa \left(\frac{p_1}{p_3} \right)^{\kappa-1} - 1 \right\} \quad \text{with } q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$

$$\eta_{th} = \eta_{th,Diesel} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\pi \cdot \tau^\kappa - \varepsilon^\kappa}{\pi - \varepsilon^\kappa + \kappa \cdot \pi(\tau - 1)}$$

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$$

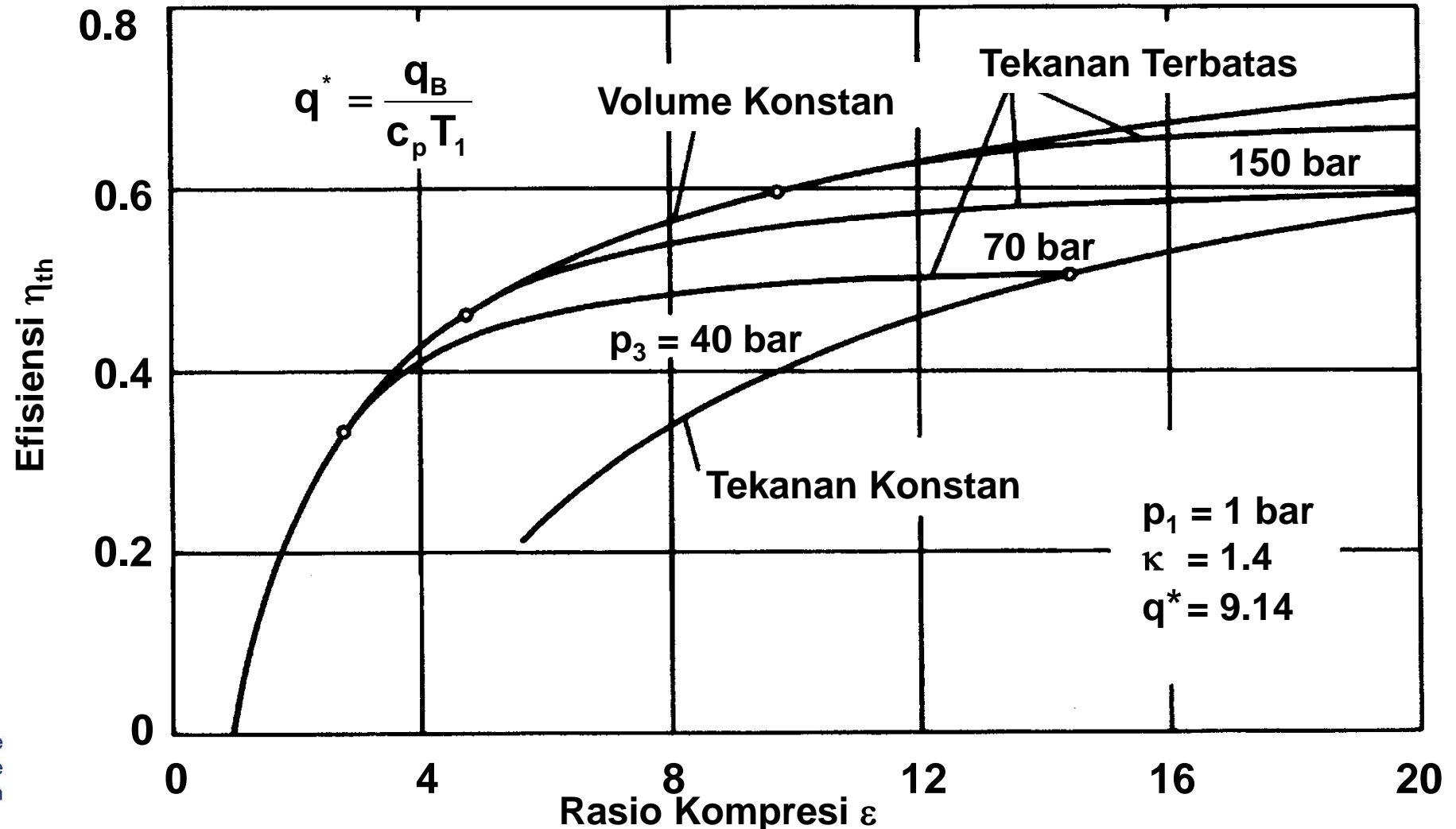
with

$$\pi = \frac{p_3}{p_1}$$

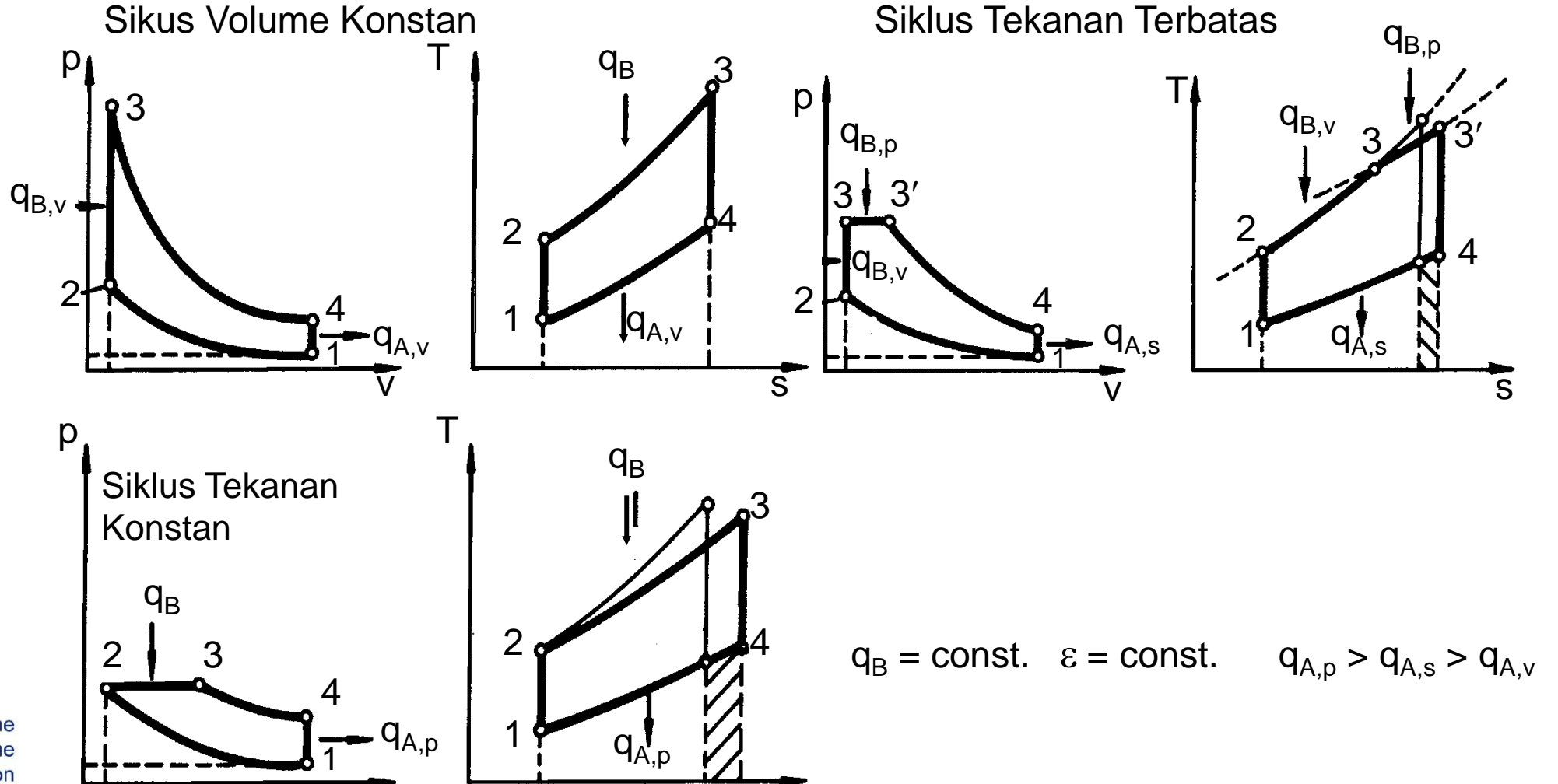
$$\tau = \frac{T_3}{T_{3s}}$$



WP 2 – Efisiensi Termal Sebagai Fungsi dari ϵ



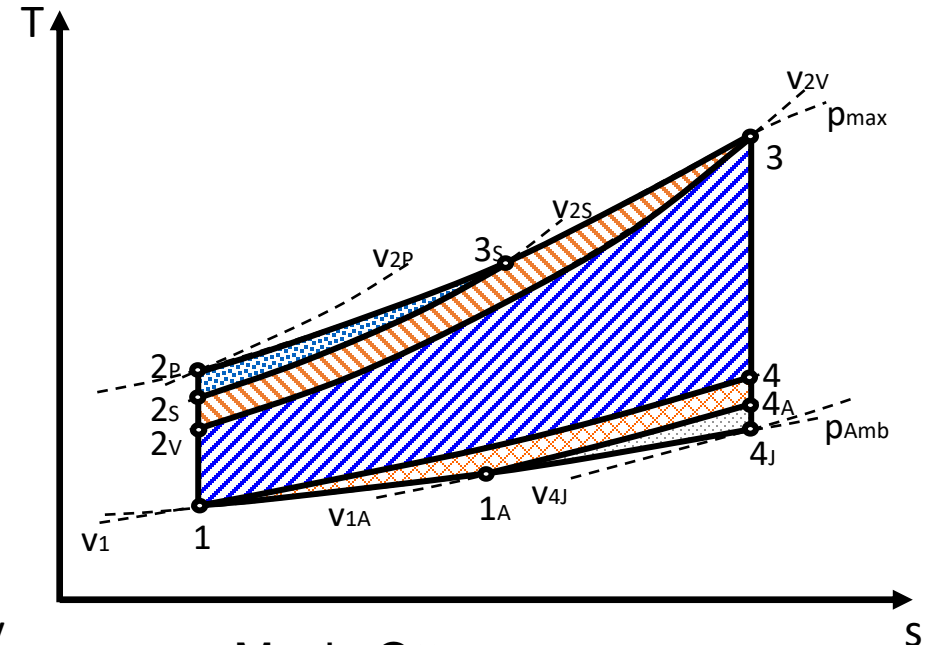
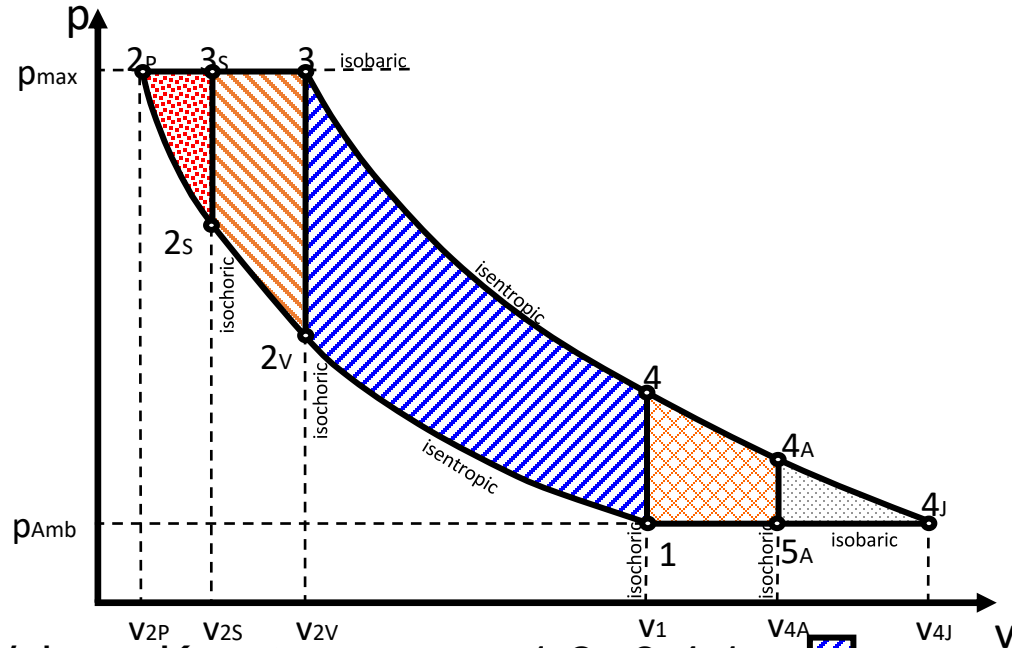
WP 2 – Siklus Kerja Mesin



WP 2 – Review Siklus Kerja Mesin



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Volume Konstan	1-2 _v -3-4-1					
Seiliger	1-2 _s -3 _s -3-4-1					
Tekanan Konstan	1-2 _p -3-4-1					
Const. vol - Atkinson	1-2 _v -3-4 _A -5 _A -1					
Seiliger - Atkinson	1-2 _s -3-4 _A -5 _A -1					
Const. pres. - Atkinson	1-2 _p -3-4 _A -5 _A -1					
Joule	1-2 _p -3-4 _J -1					

Mesin Otto
Mesin Diesel
icc - engine / Diesel
Otto dengan ekspansi diperpanjang
Diesel dengan ekspansi diperpanjang
Diesel / icc dengan turbin gas
Siklus terbuka ekspansi diperpanjang

WP 2 – Karakteristik Siklus Kerja : Efisiensi Siklus Atkinson

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_A}{q_B} = 1 - \frac{c_p \cdot (T_4 - T_1)}{c_v \cdot (T_3 - T_2)} = 1 - \kappa \cdot \frac{T_1}{T_3 - T_2} \cdot \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)$$

$$T_3 - T_2 = \frac{q_B}{c_v} = \kappa q^* \cdot T_1 \quad \text{with } q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{q^*} \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)$$

Efisiensi Volume Konstan
Siklus Atkinson dengan $p_4 = p_1$ (optimum)

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{\varepsilon_E^{\kappa-1}} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \varepsilon_V^{\kappa-1} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \left(\frac{\varepsilon_V}{\varepsilon_E} \right)^{\kappa-1}$$

$$\varepsilon_E = \left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = \left(\frac{p_3}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = \left(\frac{p_3}{p_2} \cdot \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = \varepsilon_V \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \quad \text{with } \frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

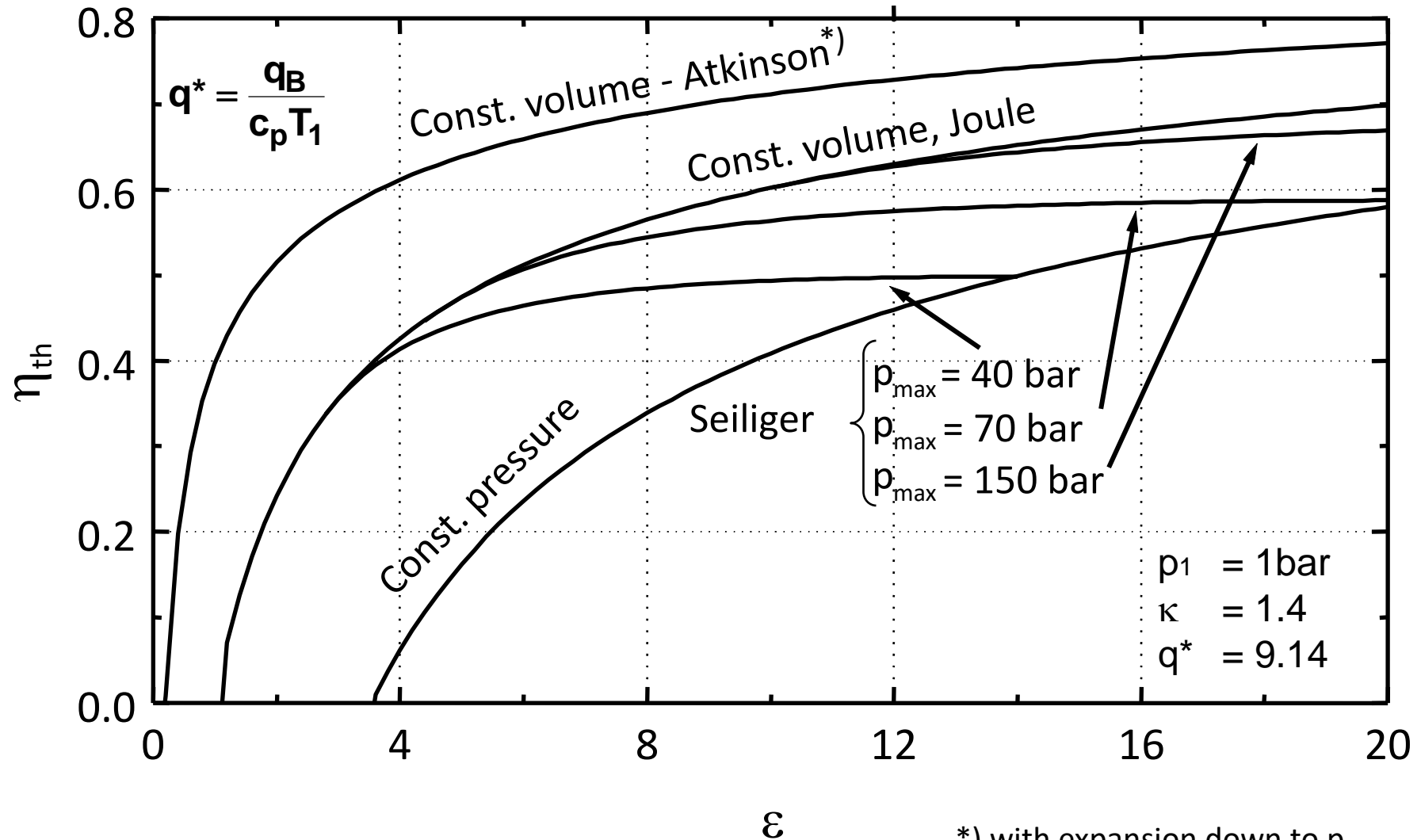
$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = \left(\frac{T_3}{T_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \kappa q^* \cdot \frac{T_1}{T_2} + 1 = \frac{\kappa q^*}{\varepsilon_V^{\kappa-1}} + 1$$

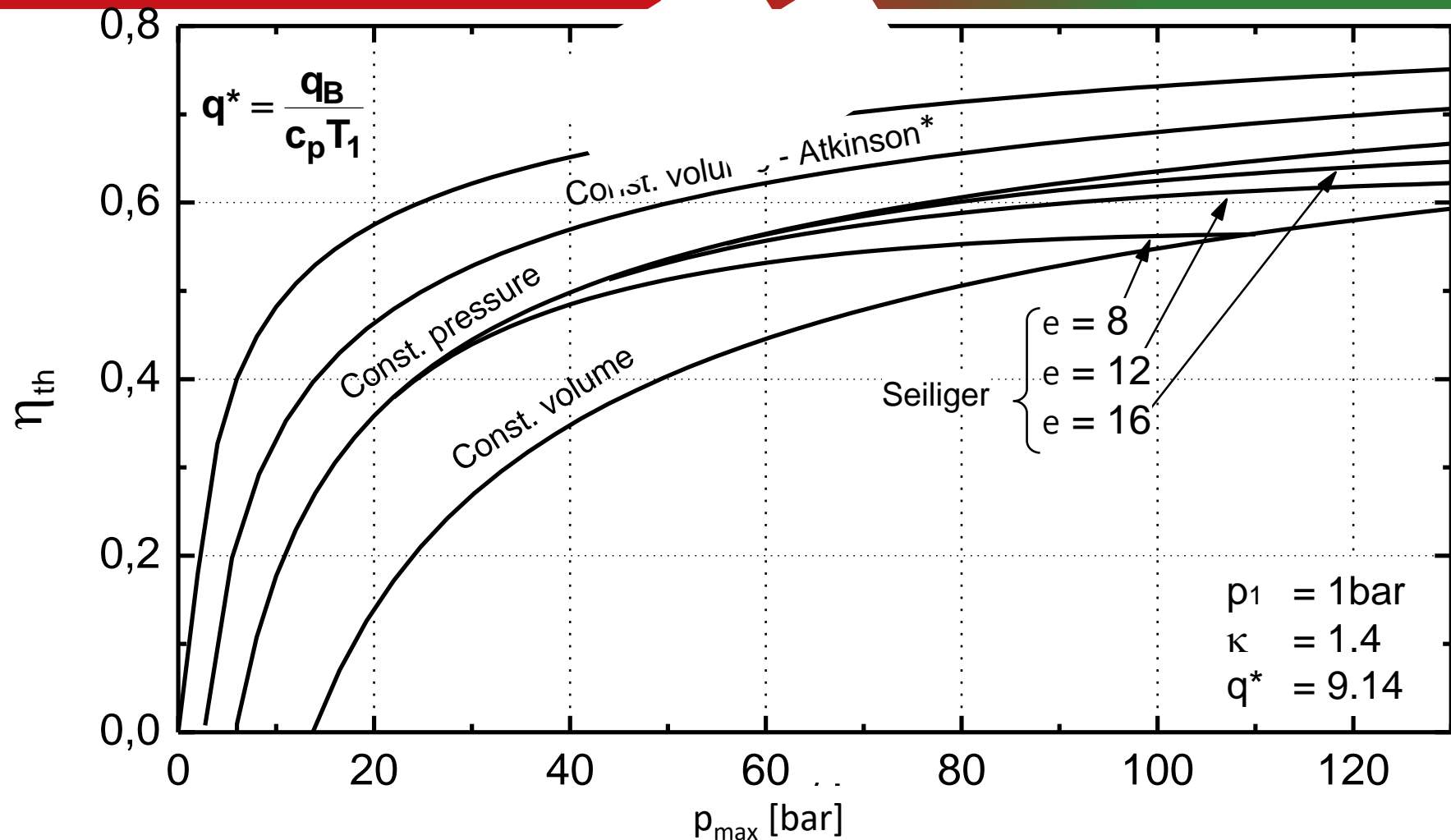
$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{q^*} \left[\left(\frac{\kappa q^*}{\varepsilon_V^{\kappa-1}} + 1 \right)^{\frac{1}{\kappa}} - 1 \right] \quad \text{with } q^* = \frac{q_B}{c_p T_1}$$





WP 2 – Karakteristik Siklus Kerja : Perbandingan Siklus Efisiensi

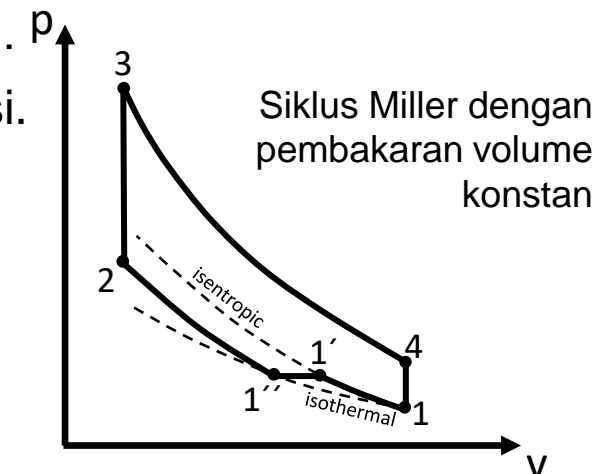
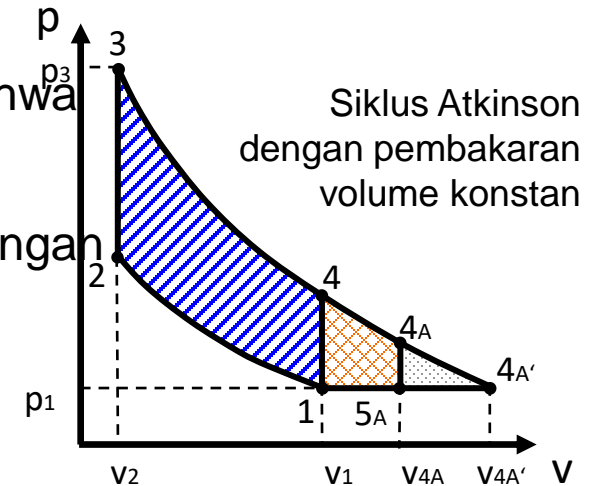


WP 2 – Karakteristik Siklus Kerja : Perbandingan Siklus Efisiensi



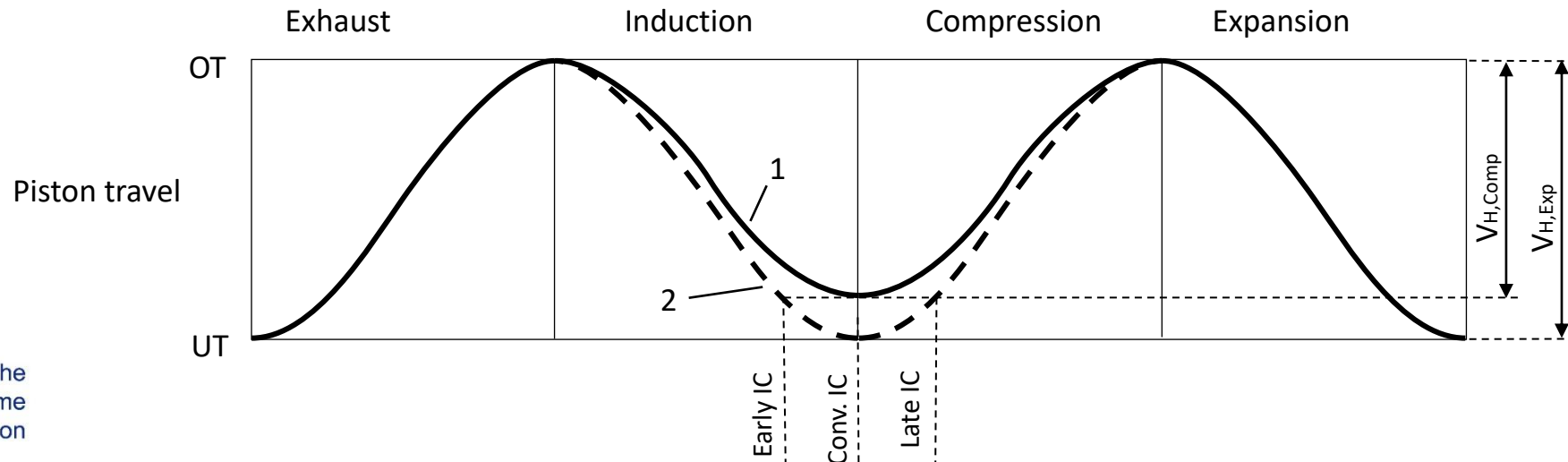
WP 2 – Karakteristik Siklus Kerja : Siklus Atkinson & Miller (1)

- Siklus Atkinson dan Miller menampilkan ekspansi yang diperpanjang dibandingkan dengan kompresi.
- Contoh di sebelah kanan (siklus volume konstan) menunjukkan, bahwa dengan ekspansi di luar hingga sebuah pekerjaan tambahan dapat diwujudkan  dengan pasokan panas yang sama. Kasus terbaik dengan $p_{4A} = P_{4A'} = P_1$ menghasilkan kerja tambahan .
- Hal ini menyebabkan meningkatnya efisiensi termal.
- Untuk Siklus Miller, udara yang disuplai untuk mesin dikompresi secara eksternal dari 1 hingga 1' dan kemudian didinginkan hingga 1'. hal ini menghasilkan suhu gas yang lebih rendah pada akhir kompresi.
- Ini sama dengan perkiraan kompresi isothermal dari 1 hingga 1'.

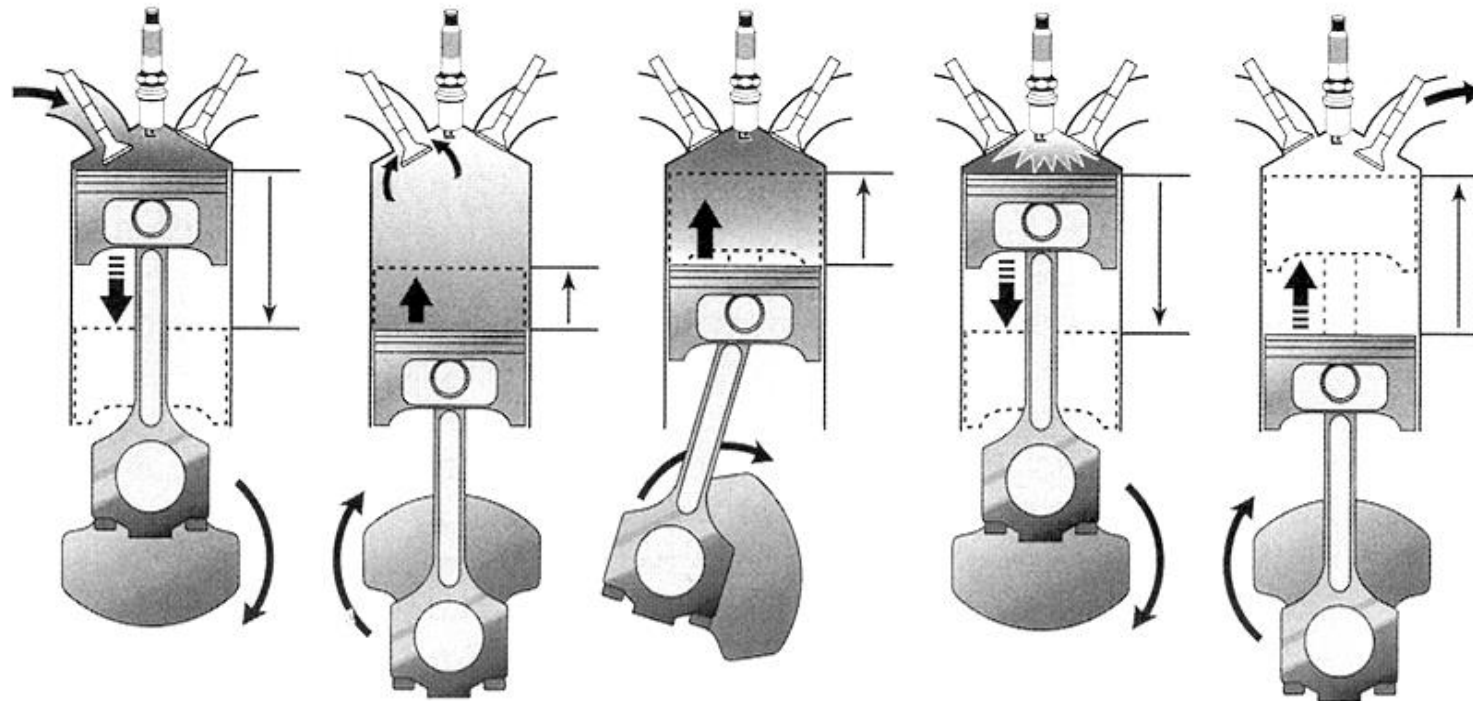


WP 2 – Karakteristik Siklus Kerja : Siklus Atkinson & Miller (2)

- Perluasan yang diperluas dapat diwujudkan dengan metode berikut:
- 1. Konstruksi mesin dengan perjalanan piston yang dikurangi untuk langkah induksi dan kompresi. (misalnya penggunaan jalur cam atau kereta engkol yang rumit)
- 2. Desain rangkaian katup dengan opsi untuk penutupan asupan akhir atau awal (yaitu EMV)
 - Dengan penutupan intake awal, udara yang dimuat secara isentropis diperluas dan dikompresi kembali.
 - Dengan penutupan intake yang terlambat, sebagian dari udara yang dimuat didorong Kembali ke port intake setelah langkah induksi sebelum dimulainya kompresi.



WP 2 – Karakteristik Siklus Kerja : Siklus Miller dari Mesin Mazda - 2.3l V6



Siklus Miller seperti yang diterapkan pada mesin Mazda 2.3 l V6: Katup masuk menutup secara signifikan setelah BDC. Oleh karena itu bagian dari udara yang dimuat didorong kembali ke dalam sistem induksi selama langkah kompresi. Biaya yang hilang dikompensasi oleh Mazda dengan meningkatkan udara yang diinduksi.

WP 2 – Karakteristik Siklus Kerja : Siklus Atkinson & Miller (3)



Evaluasi:

- Implementasi sebenarnya dari siklus Atkinson atau Miller tidak benar-benar menampilkan perluasan yang diperluas melainkan pengurangan kompresi.
- Langkah ekspansi yang lebih panjang menyebabkan peningkatan ukuran mesin. Ukuran tambahan ini menghasilkan kerugian gesekan yang lebih besar, yang mengurangi perolehan efisiensi dari modifikasi siklus.
- Penggunaan volume ekspansi penuh untuk kompresi akan menghasilkan efisiensi termal yang lebih rendah tetapi menghasilkan daya spesifik yang lebih tinggi.
- Oleh karena itu implementasi siklus Atkinson menjanjikan terutama untuk operasi beban sebagian. Ini hanya dapat dicapai dengan pengaturan waktu katup variabel.
- Siklus Miller juga menawarkan peningkatan tenaga mesin karena pengisian dan pendinginan udara yang diinduksi.

Solusi alternatif:

- Energi yang terkandung dalam gas buang dari siklus mesin konvensional dapat dimanfaatkan dengan turbocharger. Ini adalah keadaan seni dan umum digunakan dalam mesin Diesel.



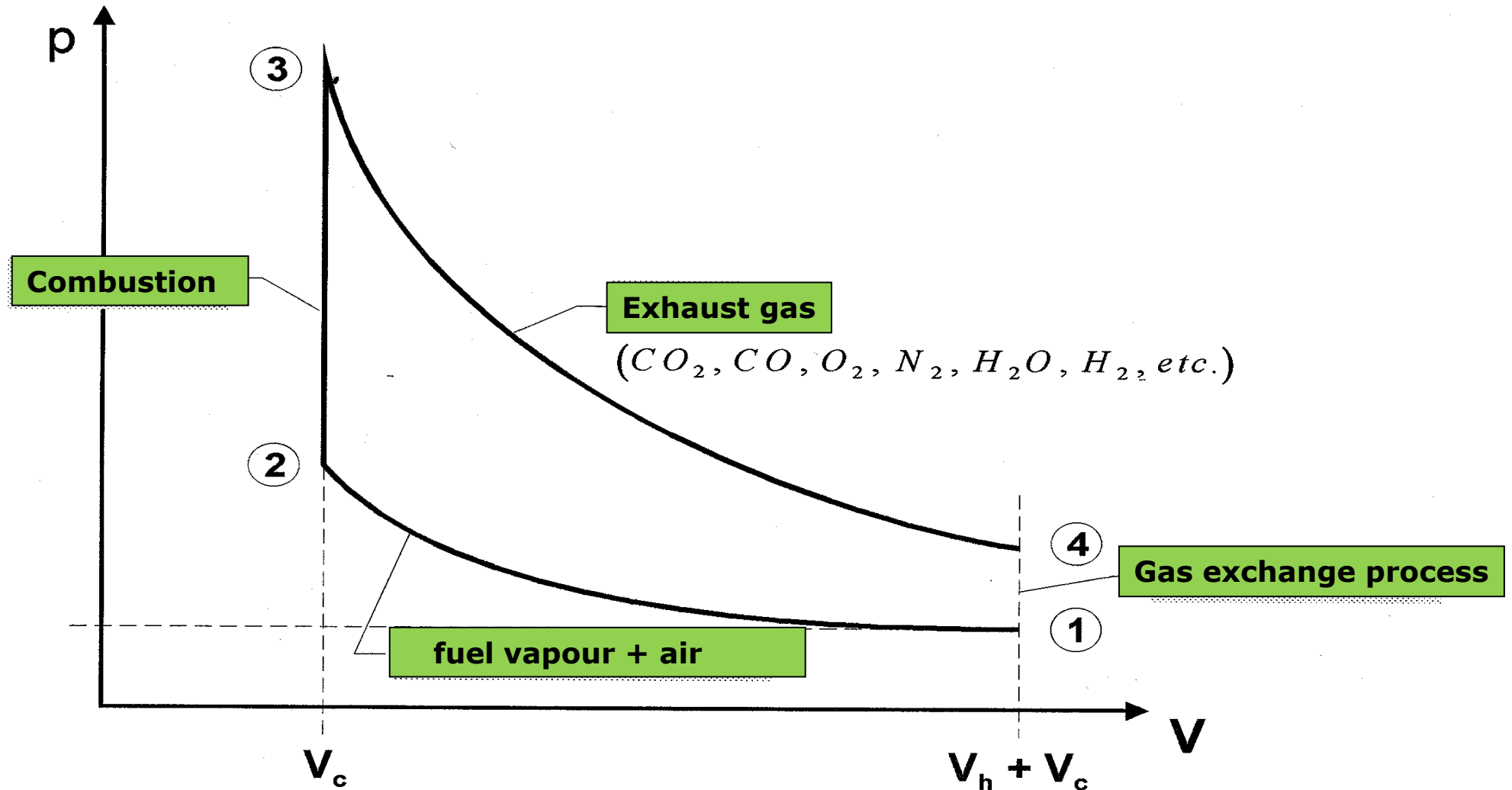
WP 2 – Asumsi untuk Siklus Ideal Termodinamika



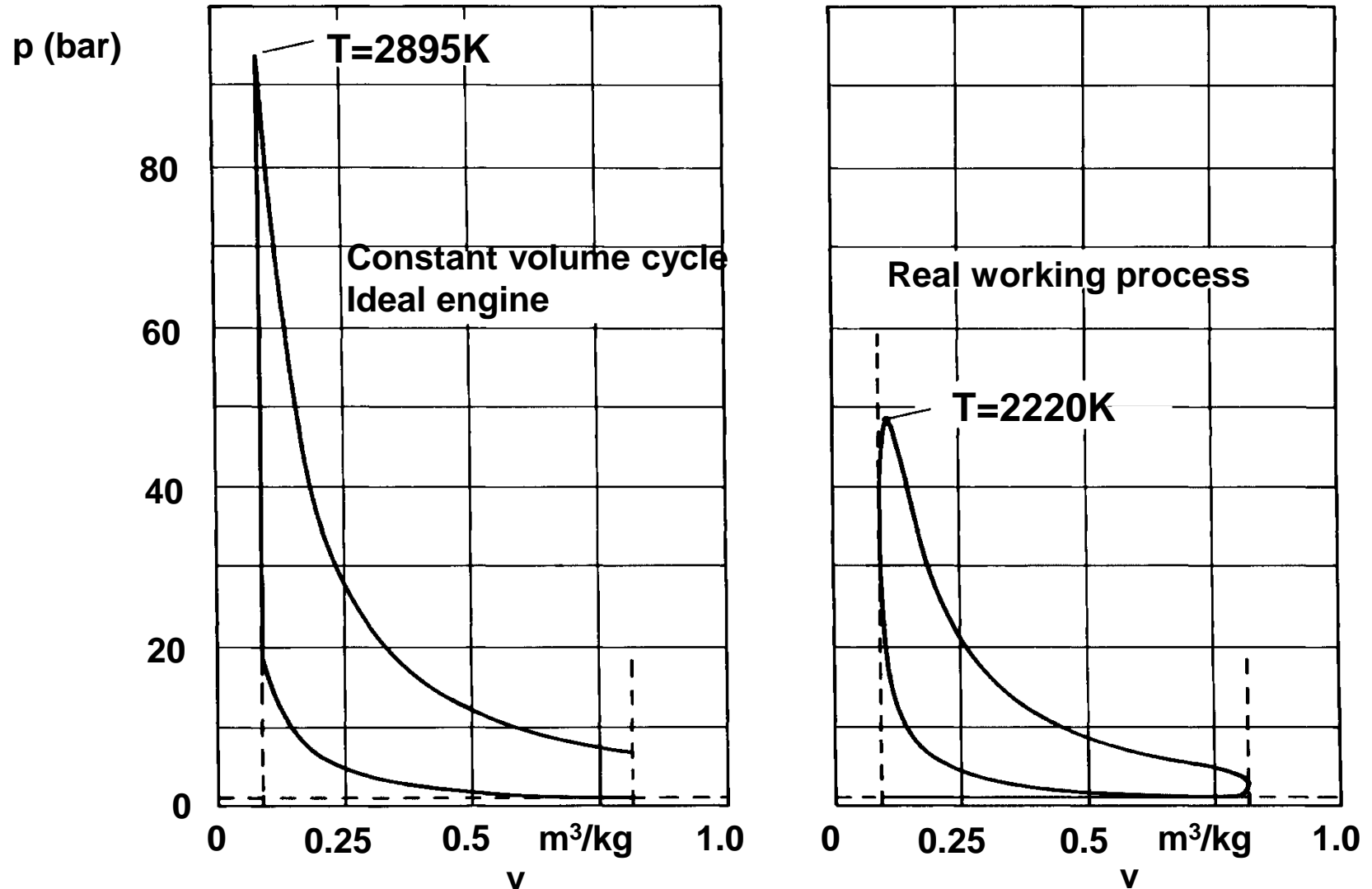
- Kompresi isentropik campuran uap bahan bakar/udara
- Proses pembakaran seperti yang ditentukan
- Ekspansi isentropik dalam kesetimbangan kimia gas buang
- Geometri, muatan silinder dan sama dengan siklus nyata
- Kontrol proses adiabatik
- Proses pertukaran gas dengan nol disipasi



WP 2 – Mesin Ideal dalam Siklus Mesin Volume Konstan



WP 2 Diagram pV dari Mesin Bensin ($\epsilon = 9.0$)



WP 2 – Kerugian Efisiensi dari Proses Kerja Nyata



Efisiensi Mesin Ideal, Rugi – rugi proses ideal (knalpot

- Pembakaran tidak ideal (pembakaran nyata, pembakaran tidak sempurna)
- Kebocoran
- Kehilangan panas dinding
- Kerja pertukaran gas
- kerja gesekan



WP 2 – Kerugian Efisiensi Untuk Proses Kerja



$$\eta_e = \underbrace{\eta_v - \Delta\eta_{BV} - \Delta\eta_U - \Delta\eta_W - \Delta\eta_{LW}}_{\eta_{i,HD}} - \Delta\eta_R$$

The equation shows the overall efficiency η_e as the difference between the ideal efficiency η_i (represented by the bracketed term $\eta_v - \Delta\eta_{BV} - \Delta\eta_U - \Delta\eta_W - \Delta\eta_{LW}$) and the friction loss $\Delta\eta_R$. The term η_v is circled in red.

Hilangnya efisiensi dari keadaan operasi mesin yang ideal dengan η_v :

$\Delta\eta_{BV}$: Real (tidak ideal) Proses pembakaran

$\Delta\eta_U$: Kebocoran

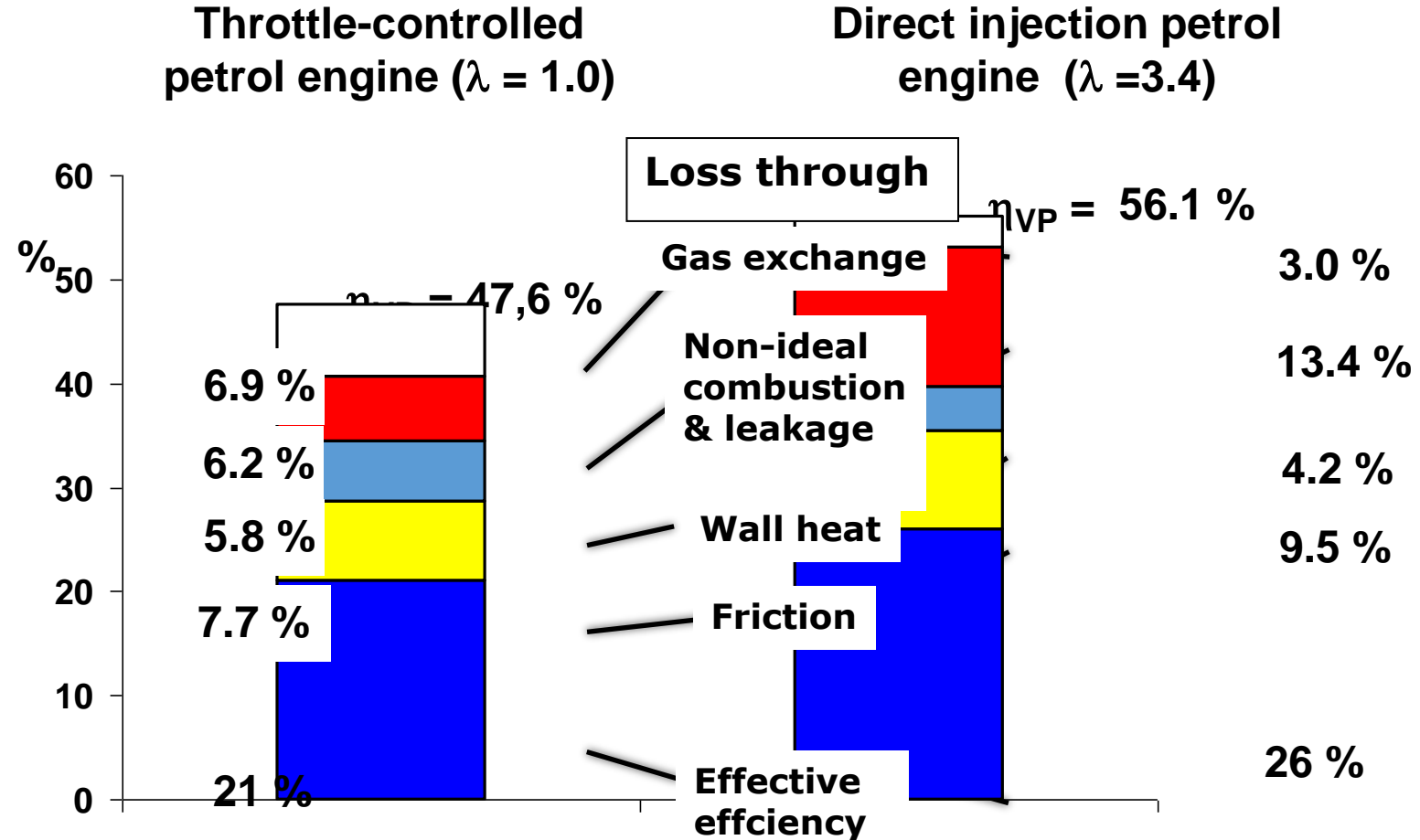
$\Delta\eta_W$: Kehilangan disipasi panas melalui dinding silinder

$\Delta\eta_{LW}$: Kerja Pertukaran Gas

$\Delta\eta_R$: Kerja Gesekan



WP 2 – Perincian Proses Mesin Bensin(2000 1/min, 2 bar pme)

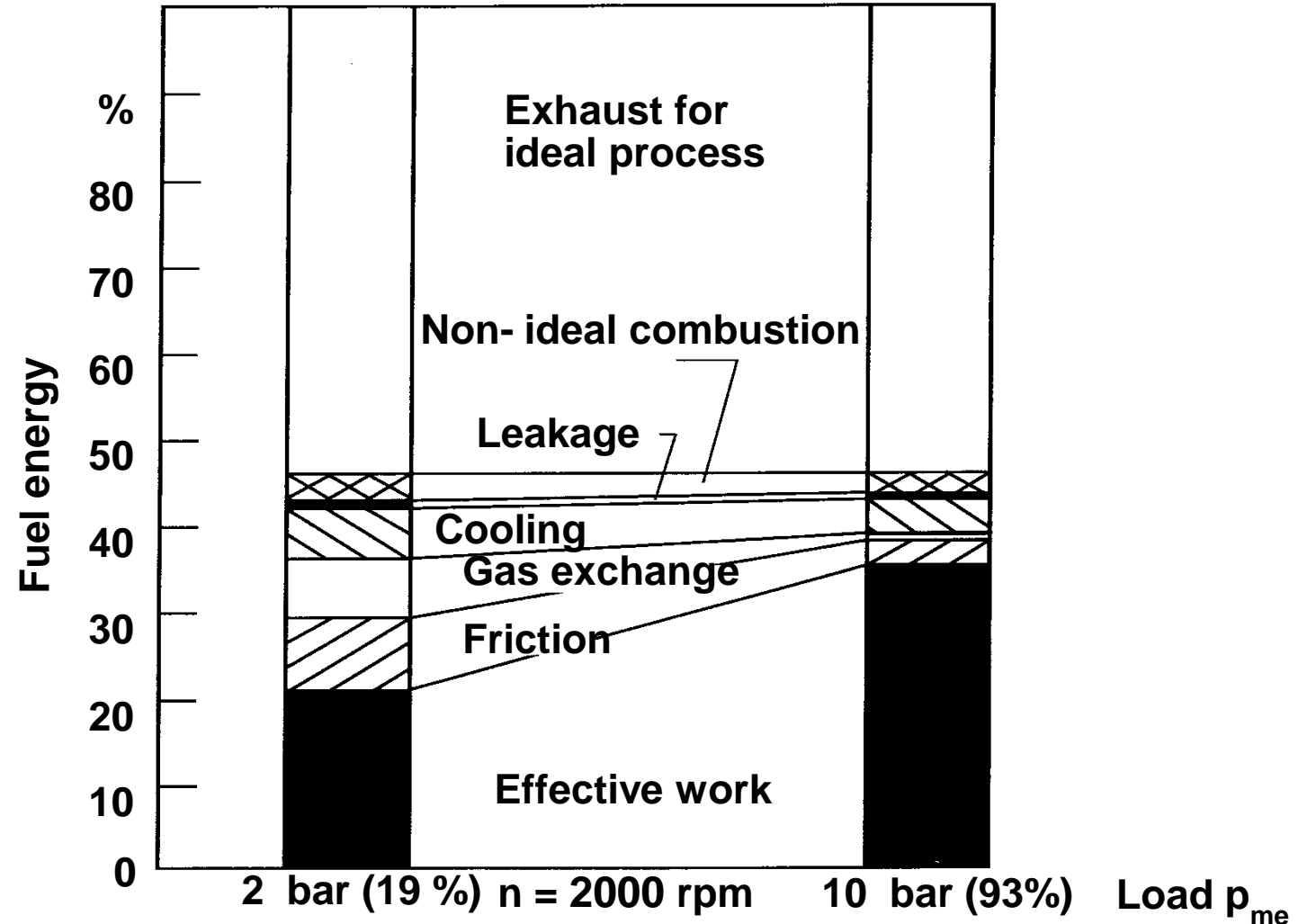


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Kehilangan Efisiensi Mesin Bensin Terkendali Throttle

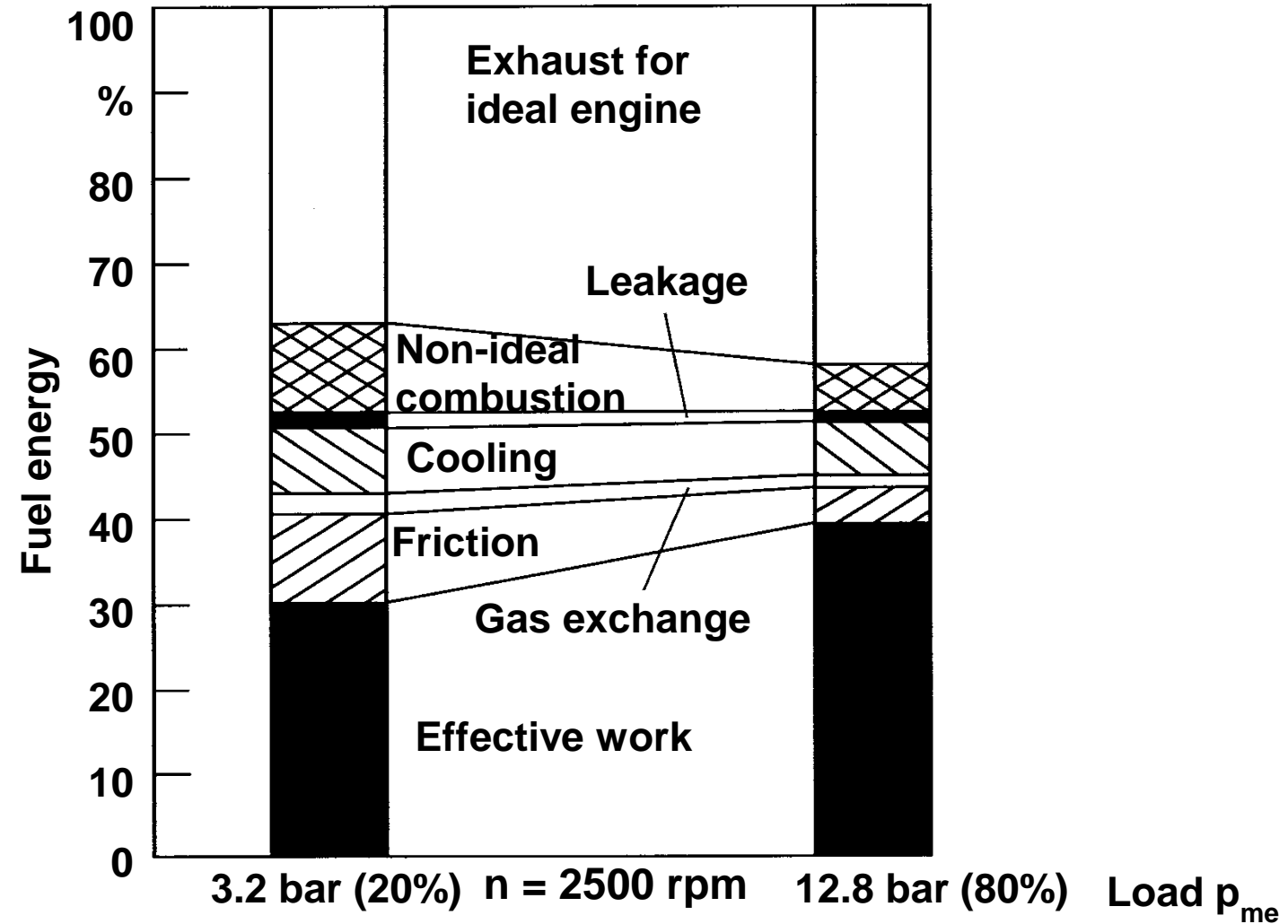


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Kehilangan Efisiensi Mesin Diesel Turbocharger DI



WP 2 – Gambaran Umum Pelatihan



- Q&A, SLOT Diskusi 1



WP 2 – Gambaran Umum Pelatihan



Lebih banyak kuliah tentang ICE (tanpa transmisi) di Universitas kami

- Elemen konstruksi ICE
- Sistem pembuangan aftertreatment ICE (efek lingkungan)
- Kekerasan Getaran Kebisingan ICE
- Kalibrasi kinerja ICE
- Teknik pengukuran dan pengujian di sektor powertrain (RDE-PEMS)



WP 2 – Gambaran Umum Pelatihan



Latihan praktis saya (eksperimen lab) dalam modul ICE:

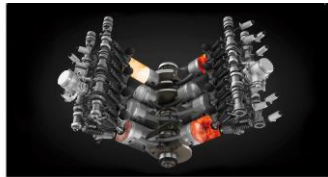
- Perakitan sebagian dan pemeriksaan pengaturan dasar mesin pembakaran
- Karakteristik pengoperasian mesin bensin injeksi langsung turbocharged
- Efisiensi internal mesin bensin injeksi langsung turbocharged
- Emisi gas buang mesin bensin (variasi , waktu percikan, efisiensi cat)
- Analisis perilaku emisi gas buang mesin diesel
- Analisis untuk European Driving Cycle NEDC – konsumsi bahan bakar dan pengukuran emisi untuk kendaraan penumpang
- Pengujian kendaraan Sistem Pengukuran Emisi Portabel (PEMS) – emisi ICE



WP 2 – Gambaran Umum



Buku Kuliah Universitas:



Vorlesungsumdruck
Verbrennungsmotoren



Vorlesungsumdruck
Experimentelle Untersuchungen
an Antriebssystemen von Kraft-,
Luft- und Raumfahrzeugen
Band 1



Vorlesungsumdruck
Experimentelle Untersuchungen
an Antriebssystemen von Kraft-,
Luft- und Raumfahrzeugen
Band 2



Lecture Script
Environmental Effects
of Vehicle Powertrain



Vorlesungsumdruck
Verbrennungstechnik



Vorlesungsumdruck
Technische Thermodynamik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Institute of Applied Thermodynamics
and Combustion Technology

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und
Verbrennungstechnik

Günter Feyerl
Lehr- und Forschungsgebiet
Alternative Antriebssysteme



Vorlesungsumdruck
Dynamik der Fahrzeuge
Längsdynamik

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik



Vorlesungsumdruck
Raumfahrtantriebe

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik



Vorlesungsumdruck
Advanced Space Propulsion Systems

Thomas Esch
Lehr- und Forschungsgebiet
Thermodynamik und Verbrennungstechnik



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase Student's Employability and Regional Development



<https://www.facebook.com/unitederasmus/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development

Pelatihan UNITED ke-2 Melaka

From ICE to Alternative Powertrain (ICE SLOT 2)

Thomas Esch



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP

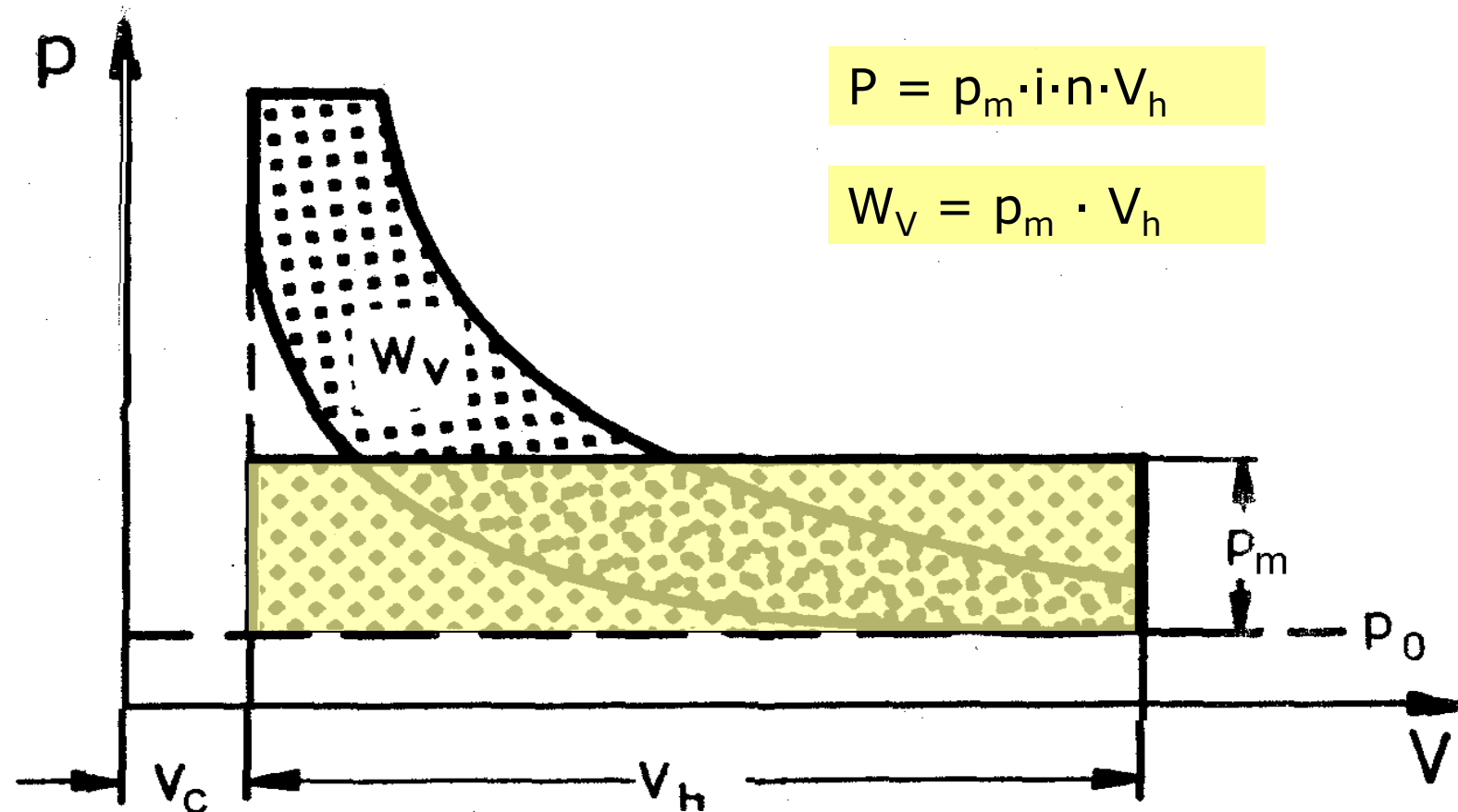
WP 2 – Malaka SLOT 2



- **Karakteristik ICE dan susunan campuran (20 menit)**



WP 2 – Definisi dari Tekanan Rata-rata (skematik)



$$P = p_m \cdot i \cdot n \cdot V_h$$

$$W_V = p_m \cdot V_h$$

WP 2 – Rumus Tenaga Mesin



$$P_{iz} = i \cdot n \cdot W_{KA} = i \cdot n \cdot p_{mi} \cdot V_h$$

Tenaga silinder terindikasi (satu silinder)

2 - tak: $i = 1$
4 - tak: $i = 0.5$

$$P_i = i \cdot n \cdot p_{mi} \cdot V_H$$

Tenaga terindikasi (mesin komplit)

p_{mi} : Tekanan efektif rata-rata terindikasi (IMEP)

$$P_e = i \cdot n \cdot p_{me} \cdot V_H$$

Tenaga Efektif (mesin komplit)

p_{me} : Tekanan efektif rata-rata rem (BMEP)

$$P_r = P_i - P_e$$

$$= i \cdot n \cdot (p_{mi} - p_{me}) \cdot V_H$$

Tenaga gesek (mesin komplit)

$$P_r = i \cdot n \cdot p_{mr} \cdot V_H$$

p_{mr} : Tekanan efektif rata-rata gesek (FMEP)

WP 2 – Tekanan Efektif Rata-rata Torsi dan Rem



$$P_e = M \cdot \omega = M \cdot 2\pi n = i \cdot n \cdot p_{me} \cdot V_H$$

Kecepatan angular
Torsi

$$M = \frac{i}{2\pi} \cdot p_{me} \cdot V_H \quad (M \sim p_{me})$$

$$p_{me} = \frac{2\pi}{i} \cdot \frac{M}{V_H}$$

Referensi : -DIN 70020
-EWG Norm 0158

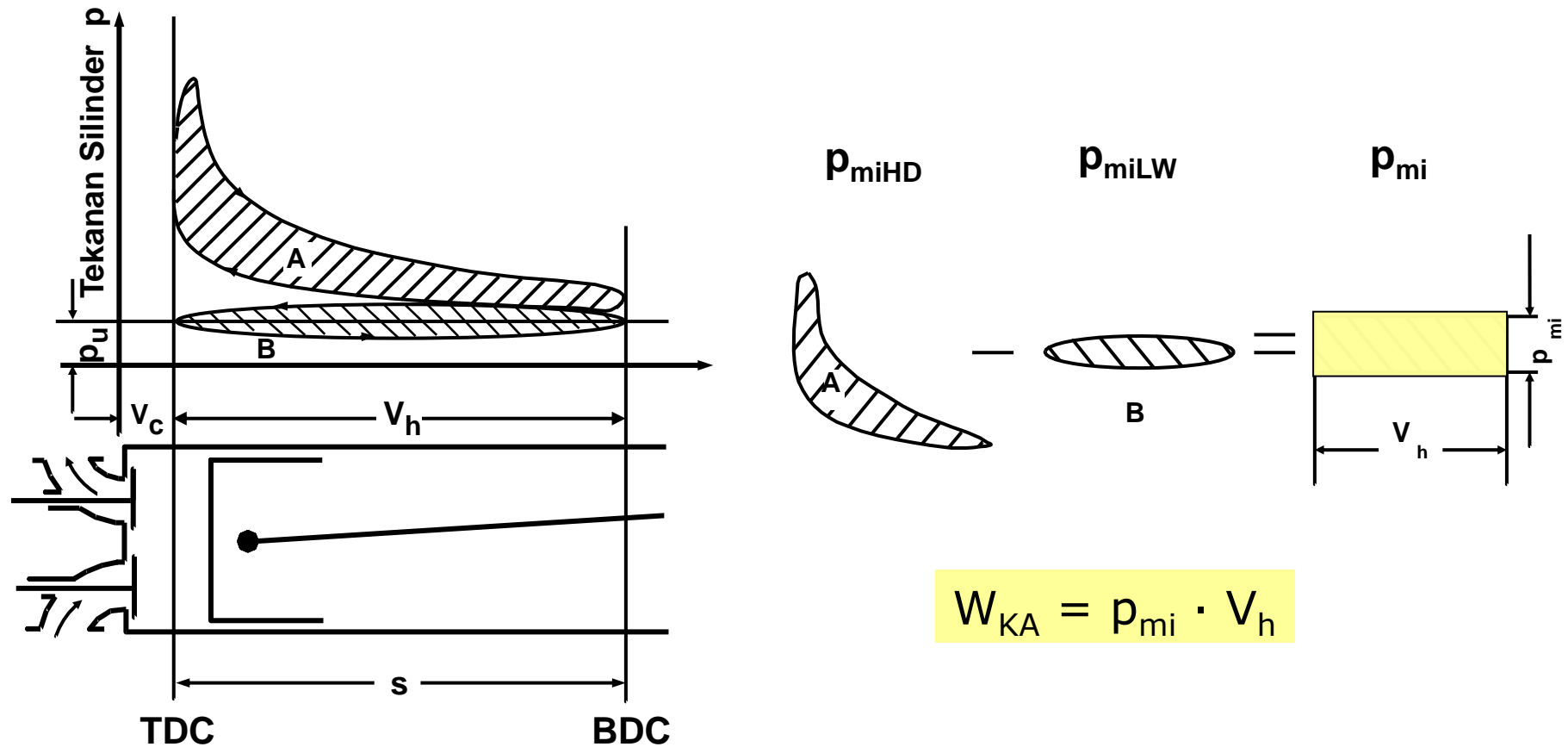
Contoh: Mesin 4-tak, $V_H = 2 \text{ dm}^3$
 $n = 5000 \text{ rpm}$, $M = 126 \text{ Nm}$

$$p_{me} = \frac{2\pi}{0,5} \cdot \frac{126 \text{ Nm}}{2 \text{ dm}^3} = \frac{2\pi}{0,5} \cdot \frac{126 \text{ Nm}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

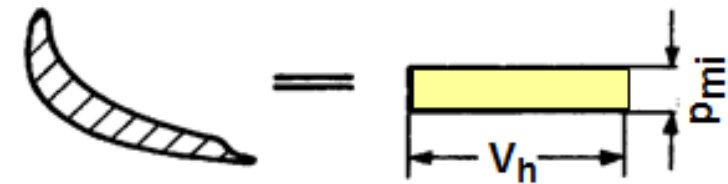
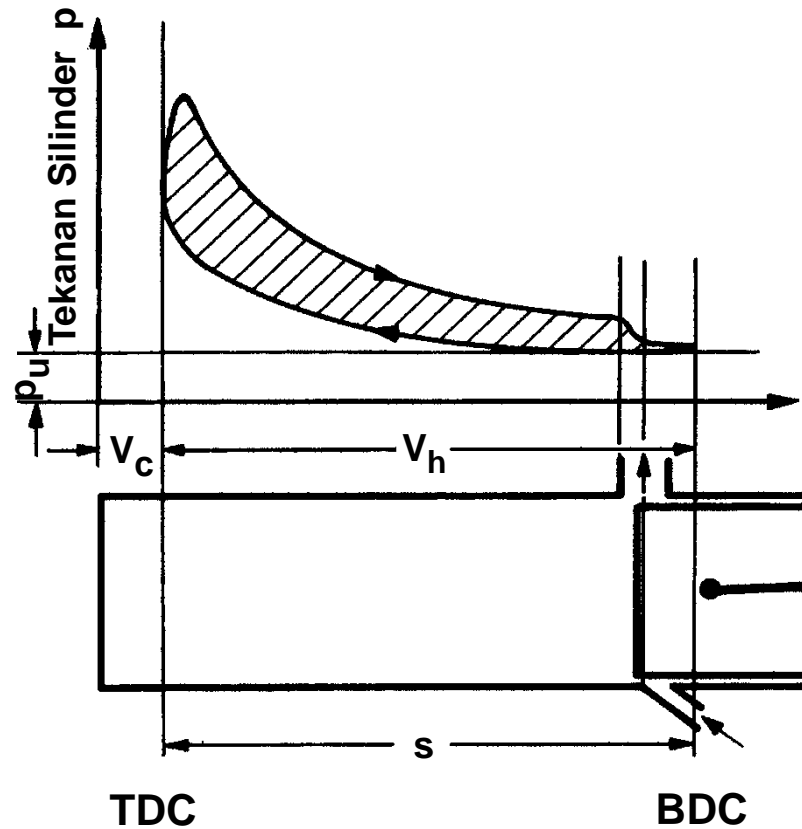
$$p_{me} = 792000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 7,92 \text{ bar} = 0,792 \frac{\text{kJ}}{\text{dm}^3}$$



WP 2 - Membuat IMEP dari p-V Diagram (4-tak)

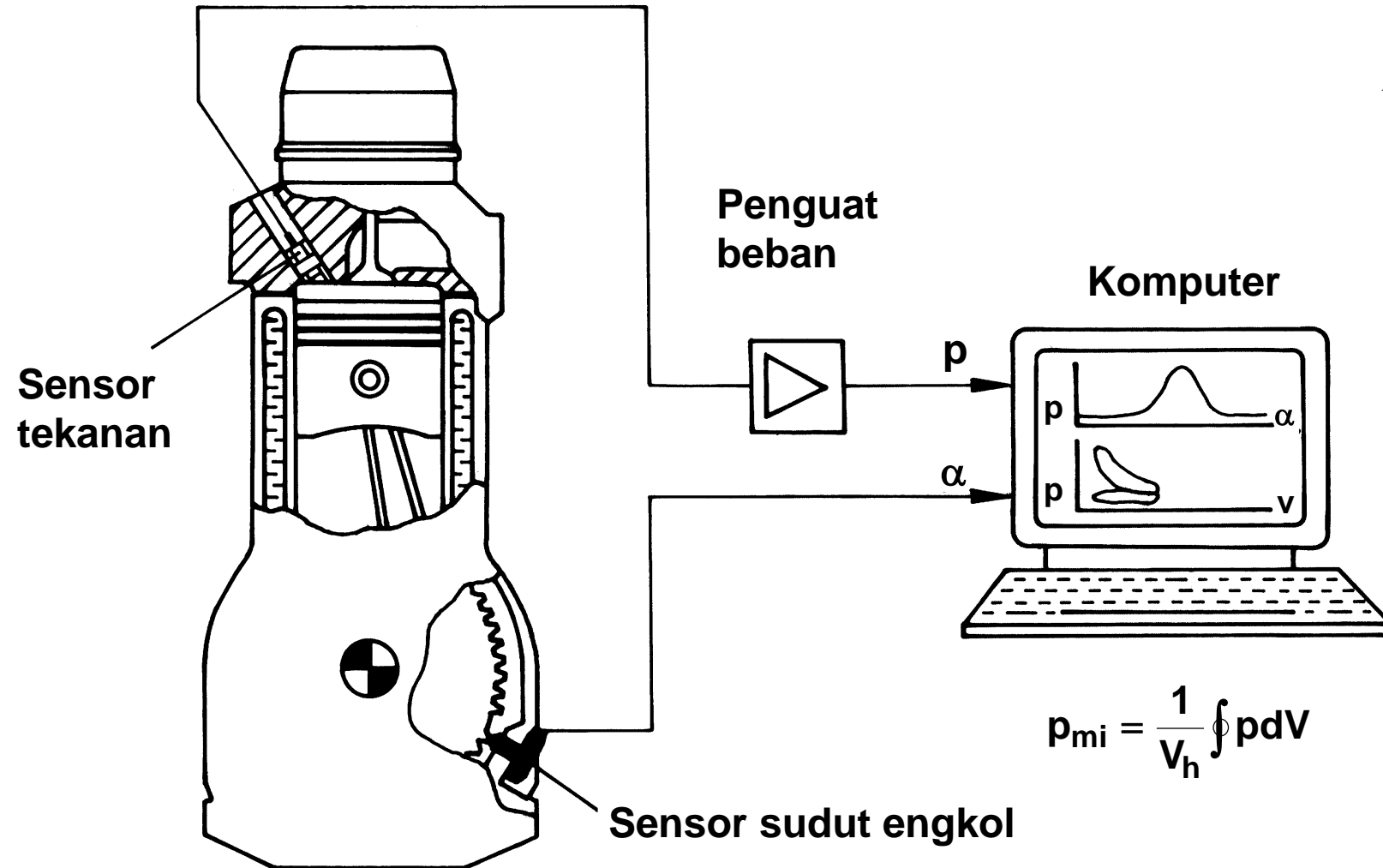


WP 2 - Membuat IMEP dari p-V Diagram (2-tak)

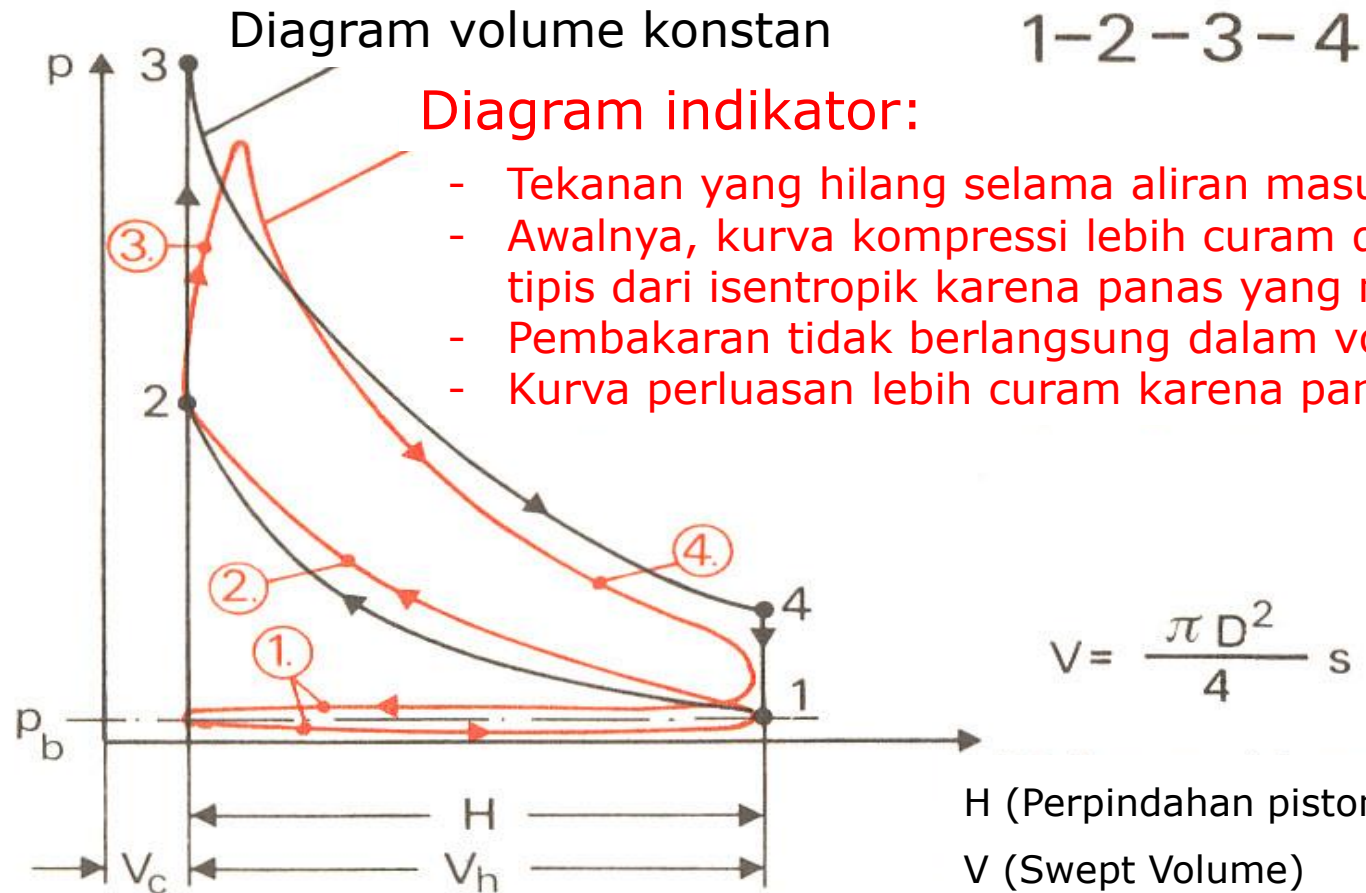


$$W_{KA} = p_{mi} \cdot V_h$$

WP 2 – Persiapan untuk menentukan p_{mi}



WP 2 – Diagram indikator dari Mesin Bensin 4-tak



WP 2 – Tekanan Efektif Rata-rata Rem Maksimal



	p_{me} [bar]
Mesin motor (4-tak)	— 12
Mesin balap (Disedot secara alami)	— 16.6
Mesin balap (turbocharged)	— 56
Mobil penumpang mesin bensin (NA)	9 — 14.1
Mobil penumpang mesin bensin (TC)	14 — 20
Mobil penumpang mesin diesel (TC)	12 — 21.2
Truk mesin diesel (turbocharged)	11 — 23.5
Mesin kecepatan tinggi besar (Diesel)	15 — 29.4
Mesin kecepatan tinggi menengah (Diesel)	15 — 25
Mesin Crosshead (2-tak Diesel)	15 — 18.2



WP 2 – Kecepatan Piston Rata-rata



$$c_m = 2 \cdot s \cdot n$$

Dipengaruhi secara besar oleh:

- Tekanan karena pembebanan besar: $\sigma_M \sim c_m^2$
- Gesekan (lelah)
- Beban Panas
- Efisiensi volumetrik dan charging
- Suara
- Umur hidup / lelah



WP 2 – Rentang Kecepatan Maksimum Rata-rata Piston



ENGINE TYPE	c_m	[m/s]
Mesin motor (4-tak)	—	22
Mesin balap (Disedot secara alami)	—	21.7
Mesin balap (turbocharged)	—	27
Mobil penumpang mesin bensin (NA)	9.5	— 24.7
Mobil penumpang mesin diesel (TC)	12.3	— 14.7
Truk mesin diesel (turbocharged)	8.1	— 13.1
Mesin kecepatan tinggi besar (Diesel)	7.0	— 12
Mesin kecepatan tinggi menengah (Diesel)	5.3	— 9.5
Mesin Crosshead (2-tak Diesel)	5.7	— 7.8



WP 2 – Efisiensi volumetrik dan muatan



$$\lambda_a = \frac{m_g}{V_h \rho_{th}} \quad \text{Efisiensi volumetrik}$$

m_g : Massa dari muatan udara (atau campuran)
 ρ_{th} : Densitas charge teoritis

$$\lambda_l = \frac{m_z}{V_h \cdot \rho_{th}} \quad \text{Efisiensi muatan}$$

m_z : Massa dari muatan didalam silinder tiap siklus

Susunan eksternal campuran
(mesin bensin konv.)

$$m_g = m_B + m_L$$

$$\rho_{th} = \rho_G$$

$$m_g = V_G \cdot \rho_G$$

$$\lambda_a = \frac{V_G}{V_h}$$

Susunan internal campuran
(diesel, mesin DI-bensin)

$$m_g = m_L$$

$$\rho_{th} = \rho_L$$

$$m_g = V_L \cdot \rho_L$$

$$\lambda_a = \frac{V_L}{V_h}$$

Susunan eksternal campuran

$$m_z = m_{zB} + m_{zL}$$

Susunan internal campuran

$$m_z = m_{zL}$$



WP 2 – Efisiensi dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik



$$\eta_e = \frac{P_e}{\dot{m}_B H_u}$$

Efisiensi Efektif

Nilai panas

Aliran massa bahan bakar

Contoh:

$$\eta_e = 0.35 ; H_u = 42800 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$b_e = \frac{1 \text{ kg}}{0.35 \cdot 42800 \text{ kJ}} = \frac{1000 \text{ g}}{0.35 \cdot 42800 \text{ kW s}}$$

Konsumsi efektif bahan bakar (BSFC)

$$= \frac{1000 \cdot 3600 \text{ g}}{0.35 \cdot 42800 \text{ kWh}} = 240 \frac{\text{g}}{\text{kWh}}$$

$$\eta_i = \frac{P_i}{\dot{m}_B H_u}$$

Efisiensi terindikasi

$$b_i = \frac{\dot{m}_B}{P_i} = \frac{1}{\eta_i H_u}$$

Konsumsi bahan bakar spesifik terindikasi (ISFC)



WP 2 – Gesekan Mekanis dan Konsumsi Bahan Bakar

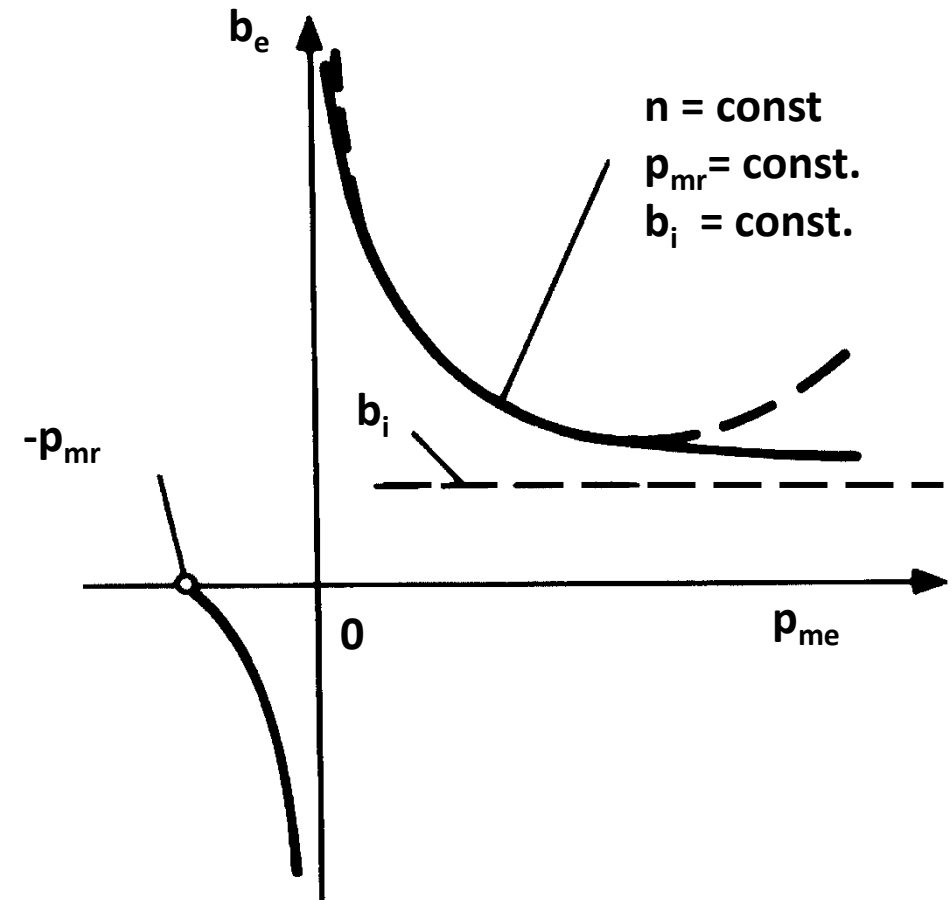
$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{p_{me}}{p_{mi}} \quad \text{Efisiensi mekanis}$$

$$= \frac{\eta_e \cdot \dot{m}_B \cdot H_u}{\eta_i \cdot \dot{m}_B \cdot H_u} = \frac{\eta_e}{\eta_i} = \frac{b_i}{b_e}$$

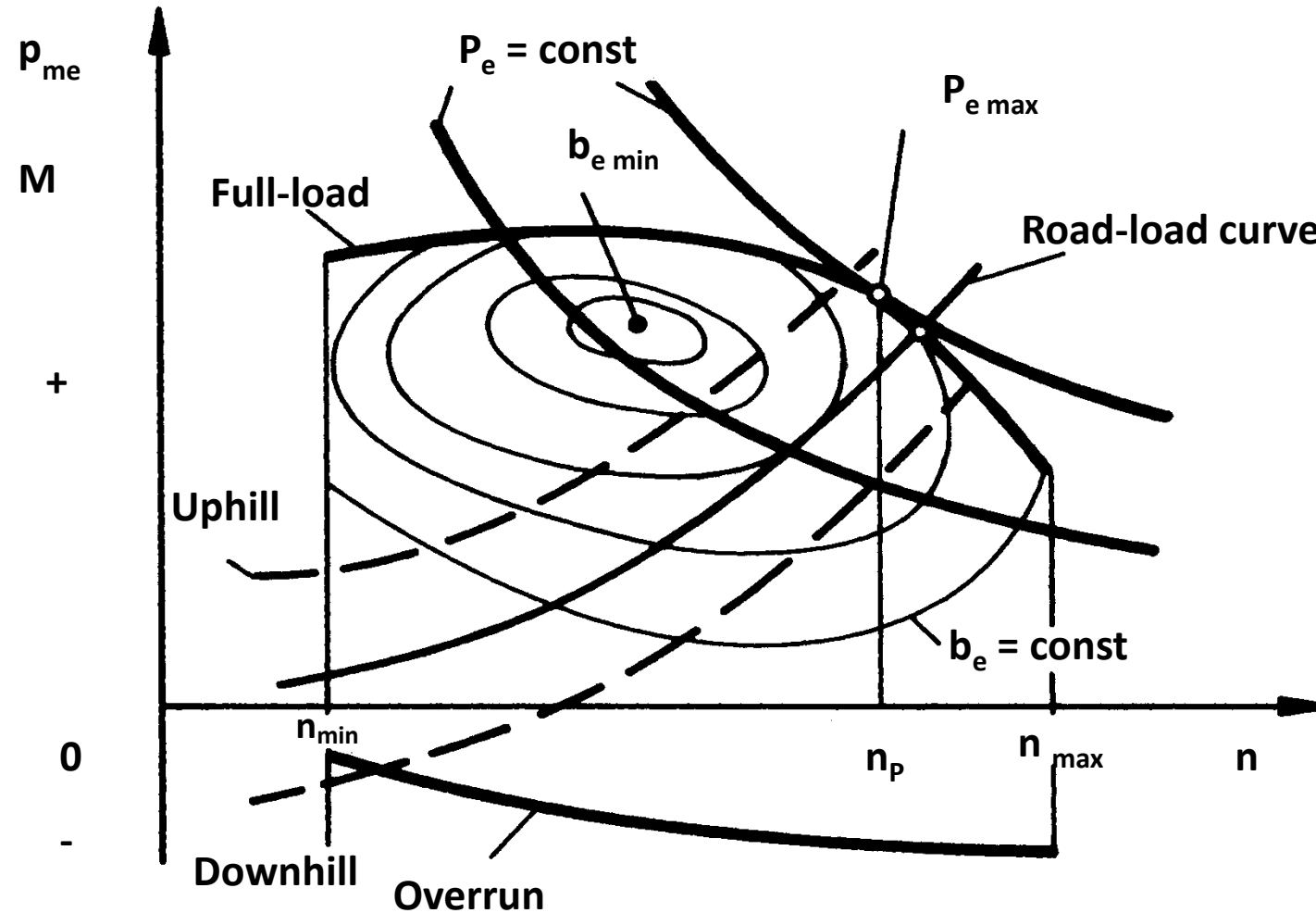
$$\eta_m = \frac{p_{mi} - p_{mr}}{p_{mi}} = 1 - \frac{p_{mr}}{p_{mi}}$$

$$\frac{b_e}{b_i} = \frac{p_{mi}}{p_{me}} = \frac{p_{me} + p_{mr}}{p_{me}} = 1 + \frac{p_{mr}}{p_{me}}$$

$$b_e = \left(1 + \frac{p_{mr}}{p_{me}}\right) \cdot b_i$$

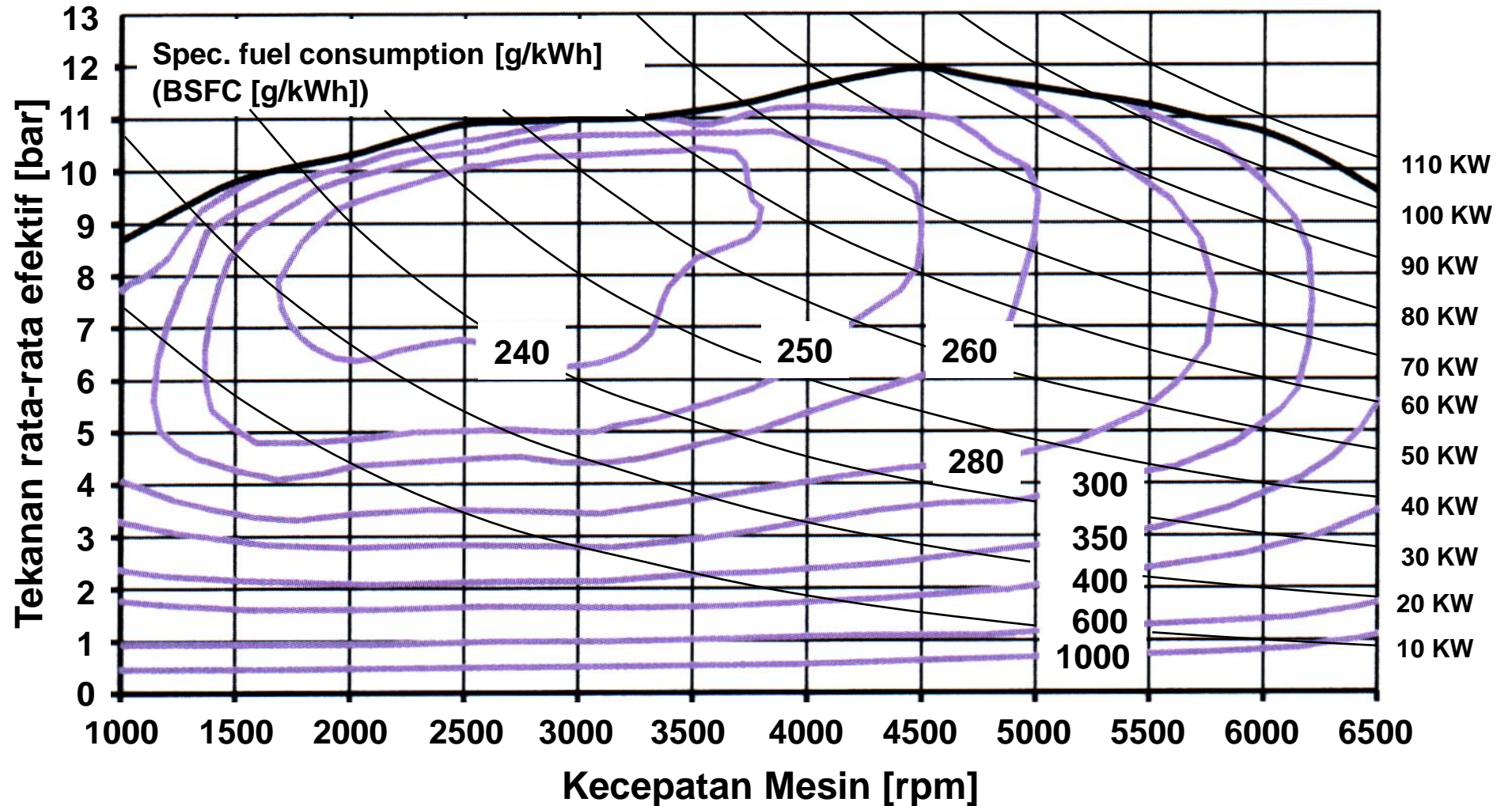


WP 2 – Peta Konsumsi Bahan Bakar (skema)

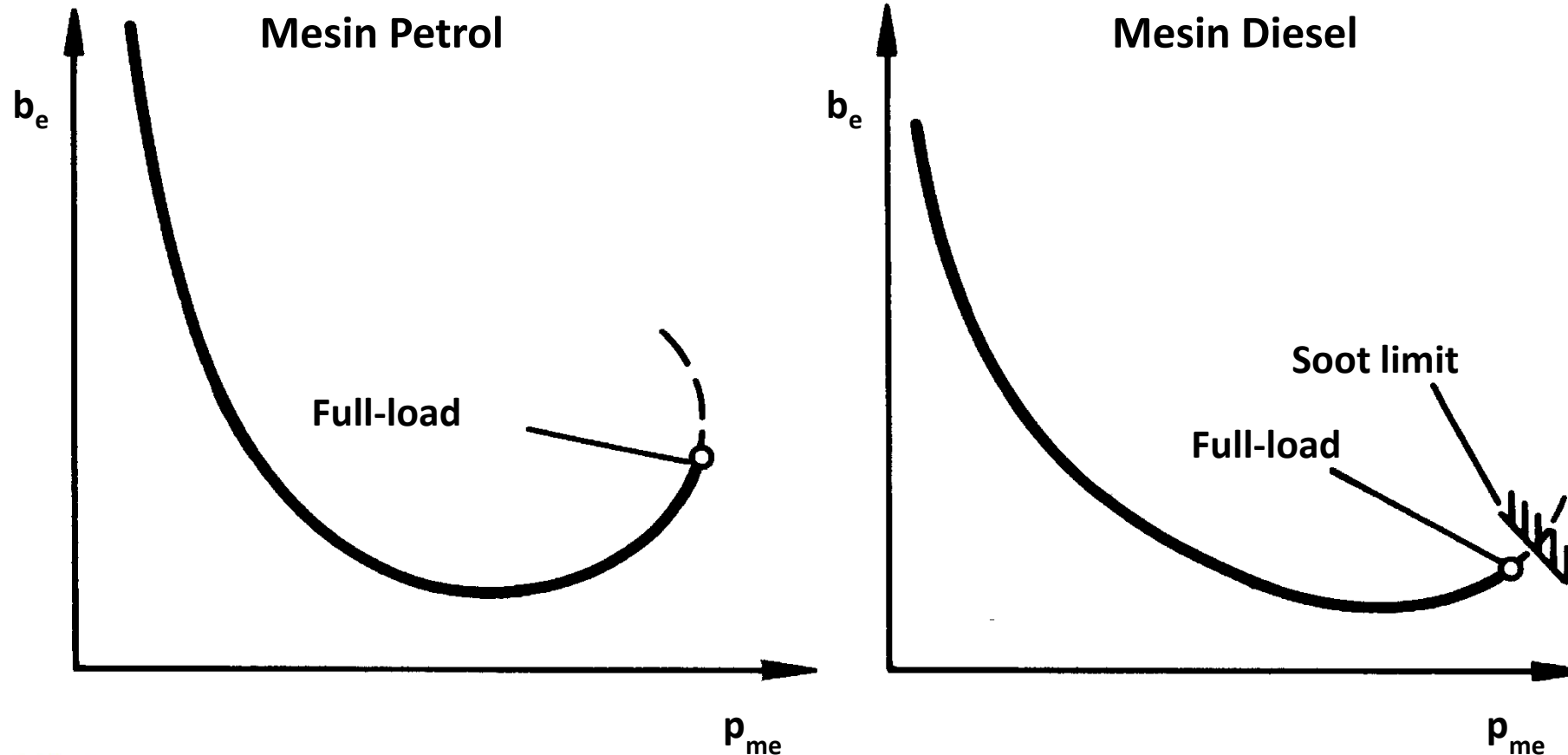


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Peta Konsumsi Bahan Bakar (2.0l Mesin Bensin)



WP 2 – Konsumsi Sebagian – Beban Bahan Bakar ($n=\text{const}$)



WP 2 – Rasio Relatif Udara/Bahan Bakar



$$\lambda = \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_B} \cdot \frac{1}{L_{ST}}$$

$$L_{st} = \frac{1}{g_{O_2,fl}} \cdot \left[\frac{M_{O_2}}{M_C} \cdot c + \frac{M_{O_2}}{M_H} \cdot \frac{h}{4} + \frac{M_{O_2}}{M_S} \cdot s + \frac{M_{O_2}}{M_O} \cdot \frac{o}{2} \right]$$

$$L_{st} = \frac{1}{g_{O_2,fl}} \cdot [2,664 \cdot c + 7,937 \cdot h + 0,998 \cdot s - o]$$

Bahan bakar
Petrol dan Diesel

$$c \approx 0.87$$

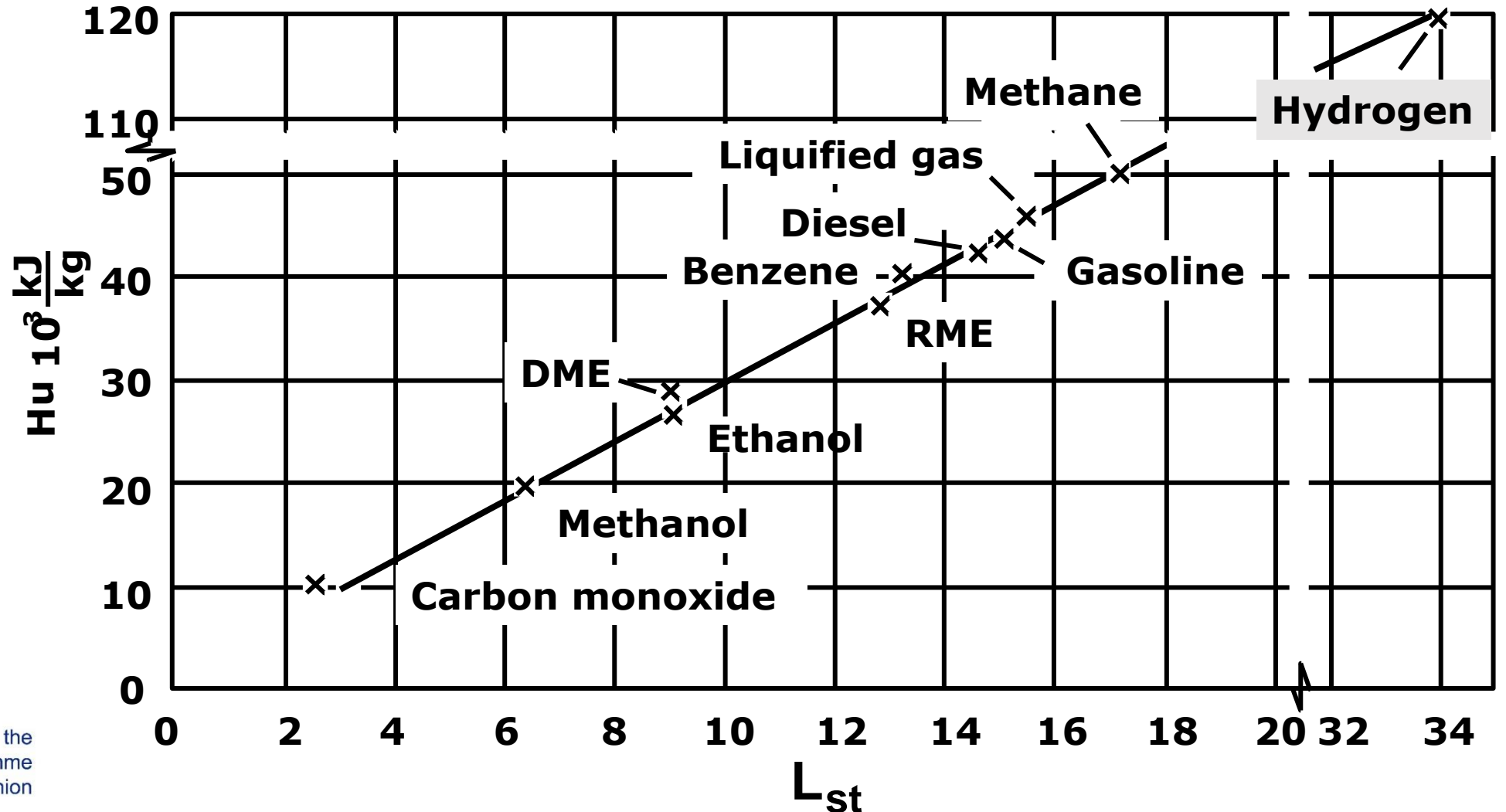
$$h \approx 0.13$$

$$s \approx 0$$

$$L_{st} = 14.5$$



WP 2 – Rumus Penting Lainnya



WP 2 – Nilai Panas Campuran

$$H_G = \frac{m_B H_u}{V_G} \quad \text{Hasil campuran eksternal (konv. Mesin petrol)}$$

$$V_G = \frac{m_G}{\rho_G} = \frac{m_L + m_B}{\rho_G} = \frac{m_B}{\rho_G} \cdot \left(\frac{m_L}{m_B} + 1 \right)$$

$$V_G = \frac{m_B}{\rho_G} (L_{st} \cdot \lambda + 1)$$

$$H_G = \frac{H_u \cdot \rho_G}{L_{st} \lambda + 1}$$

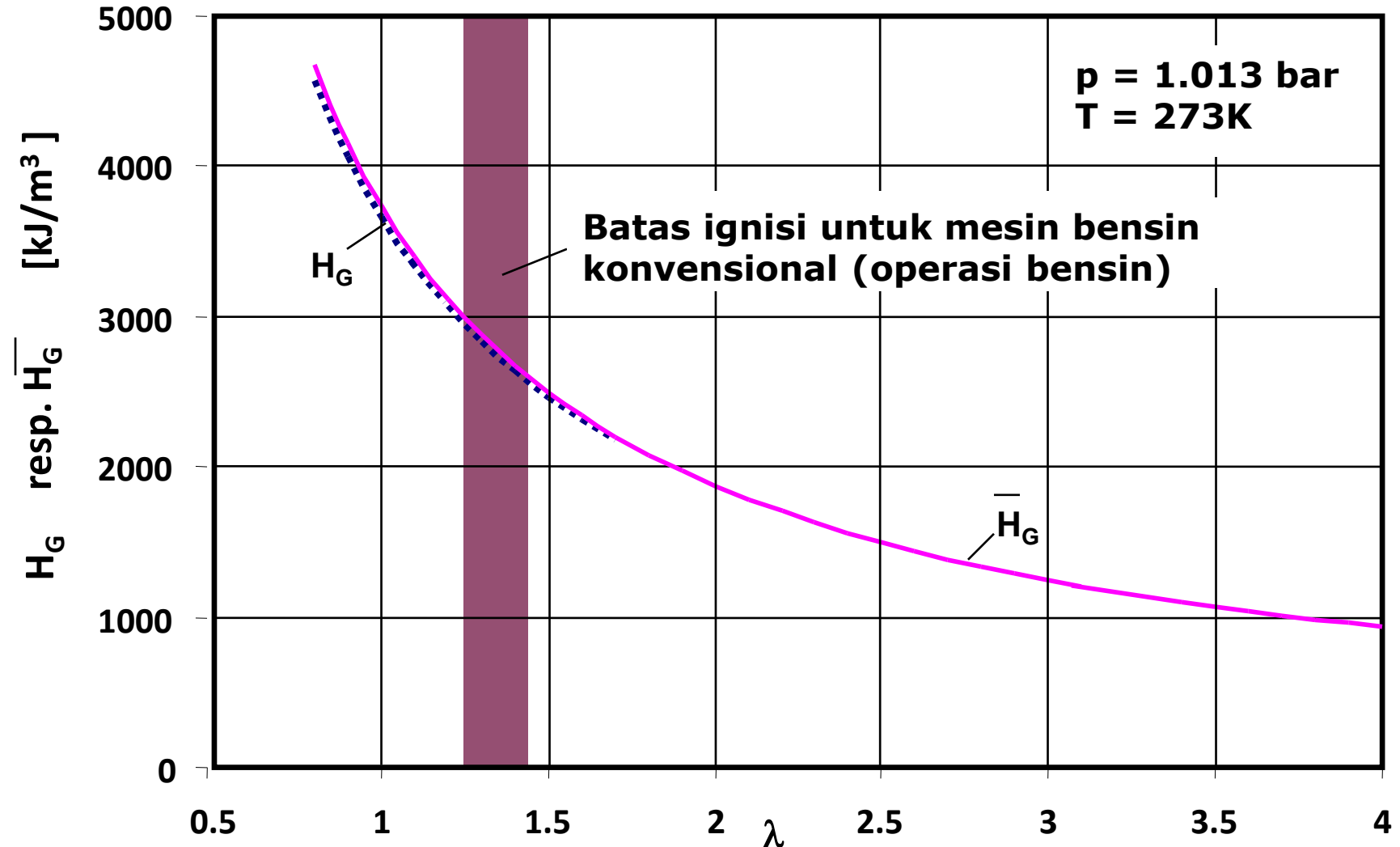
$$\bar{H}_G = \frac{m_B \cdot H_u}{V_L} \quad \text{Hasil campuran internal (Diesel, Mesin DI-petrol)}$$

$$V_L = \frac{m_L}{\rho_L} = \frac{m_B}{\rho_L} \cdot \frac{m_L}{m_B} = \frac{m_B}{\rho_L} \cdot L_{st} \cdot \lambda$$

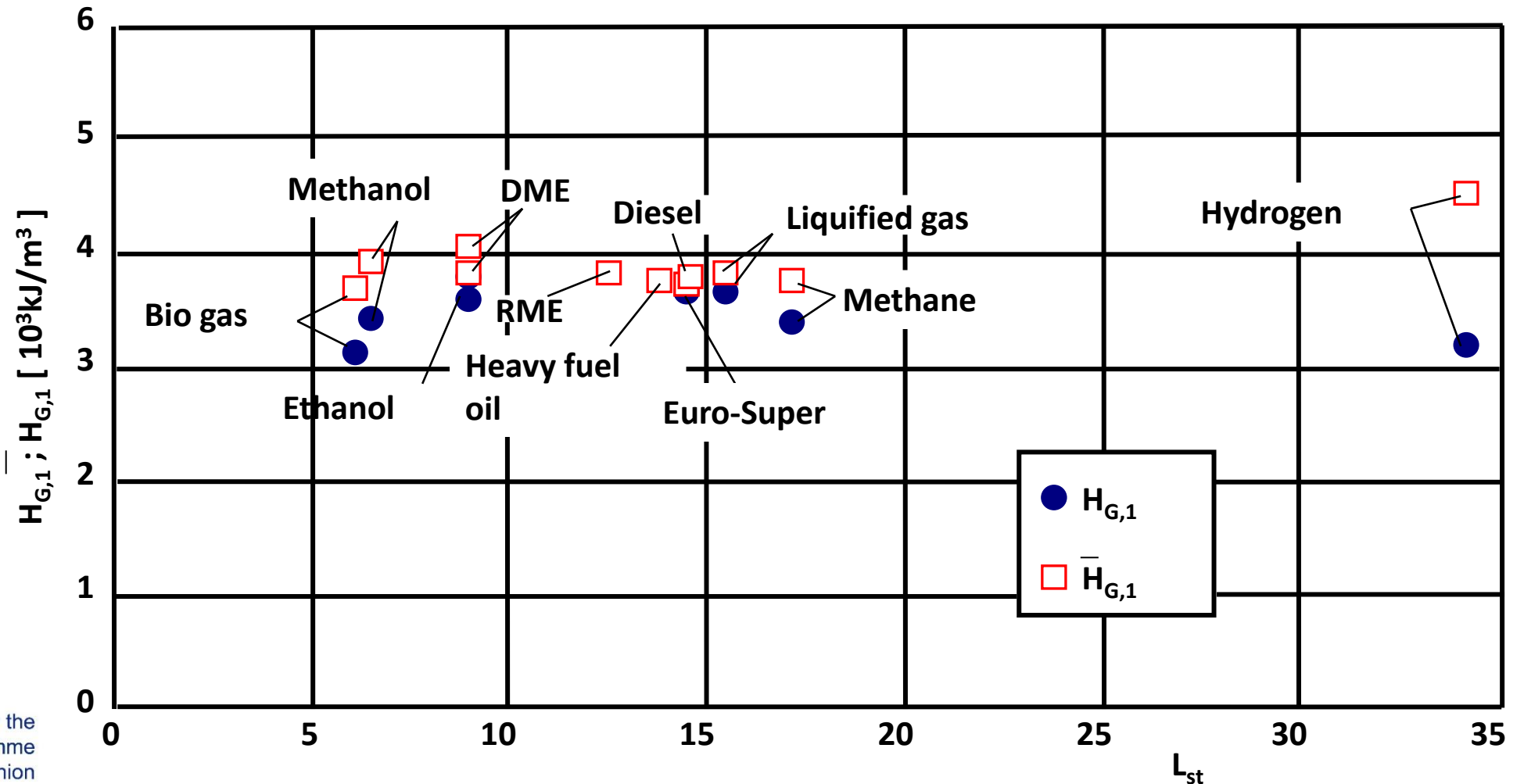
$$\bar{H}_G = \frac{H_u \cdot \rho_L}{L_{st} \cdot \lambda}$$



WP 2 - λ – Ketergantungan pada Nilai Panas Campuran



WP 2 – Udara yang Diperlukan untuk Nilai Panas Campuran ($\lambda = 1$)



WP 2 – Efisiensi Muatan dan p_{me}



Susunan campuran eksternal
(mesin petrol konv.)

Susunan campuran internal
(Diesel, mesin DI petrol)

$$\eta_i = \frac{P_i}{\dot{m}_B H_u} = \frac{W_{KA}}{V_G \cdot H_G}$$

$$\eta_i = \frac{W_{KA}}{V_L \cdot \bar{H}_G}$$

$$W_{KA} = \eta_i \cdot V_G \cdot H_G$$

$$W_{KA} = \eta_i \cdot V_L \cdot \bar{H}_G$$

$$p_{mi} = \eta_i \frac{V_G}{V_H} \cdot H_G$$

$$p_{mi} = \eta_i \frac{V_L}{V_h} \cdot \bar{H}_G$$

$$p_{mi} = \frac{W_{KA}}{V_h}$$

$$p_{mi} = \eta_i \lambda_a H_G$$

$$p_{mi} = \eta_i \lambda_a \bar{H}_G$$

$$p_{me} = \eta_e \lambda_a H_G$$

$$p_{me} = \eta_e \lambda_a \bar{H}_G$$

**Contoh: mesin bensin konv. , $\lambda_a = 0.9$ (beban penuh),
 $\eta_e = 0.3$; $\lambda = 1$; 0°C**

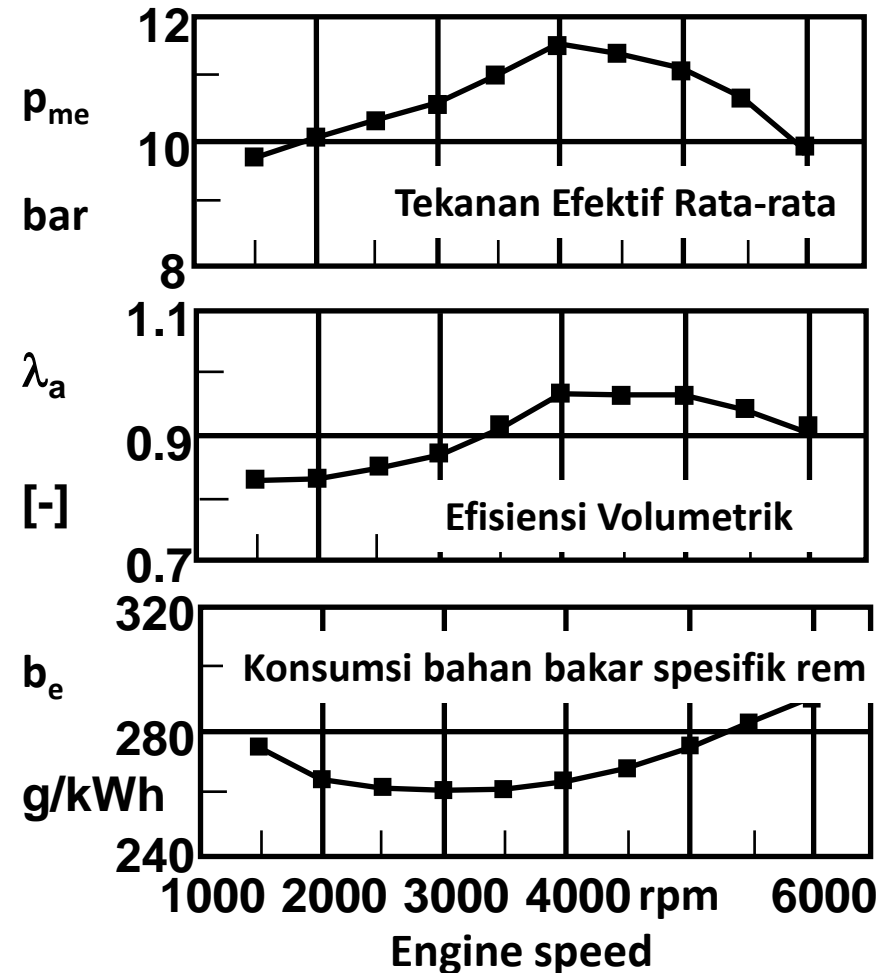
$$H_{G,1} = 3750 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 3750 \cdot 1000 \frac{\text{Nm}}{\text{m}^3} = 37.5 \text{ bar}$$

$$p_{me} = 0.3 \cdot 0.9 \cdot 37.5 \text{ bar} = 10.1 \text{ bar}$$



WP 2 – Kecenderungan Operasi Beban-Penuh dari Mesin Petrol 4 Silinder

($\lambda = 0.9$)



WP 2 – Malaka SLOT 2



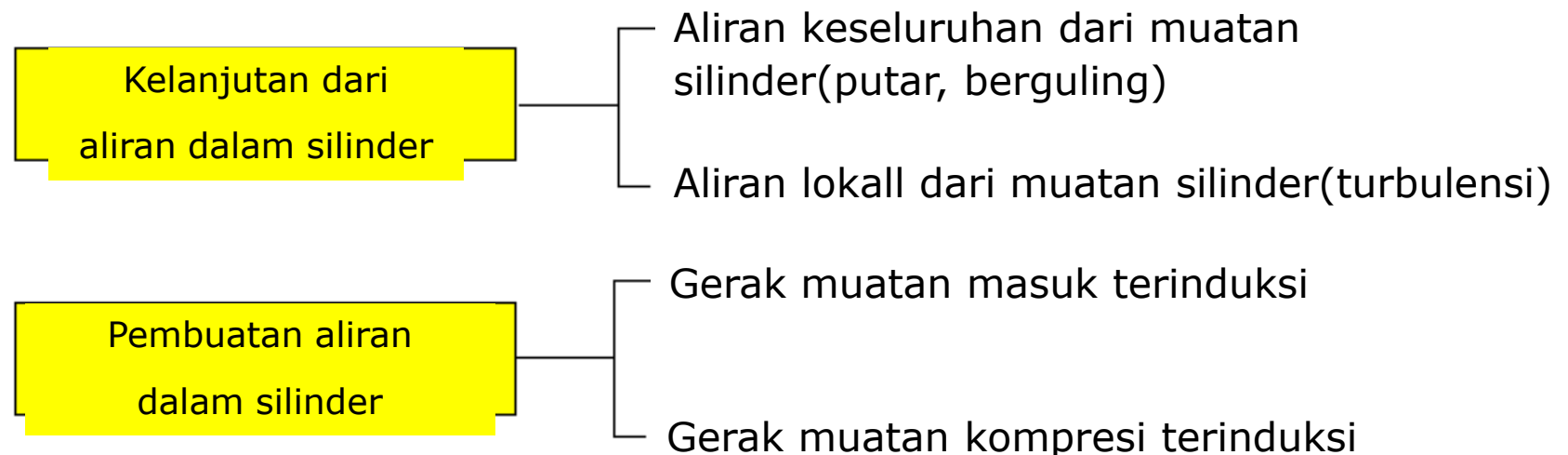
- Karakteristik ICE and **susunan campuran** (20 menit)



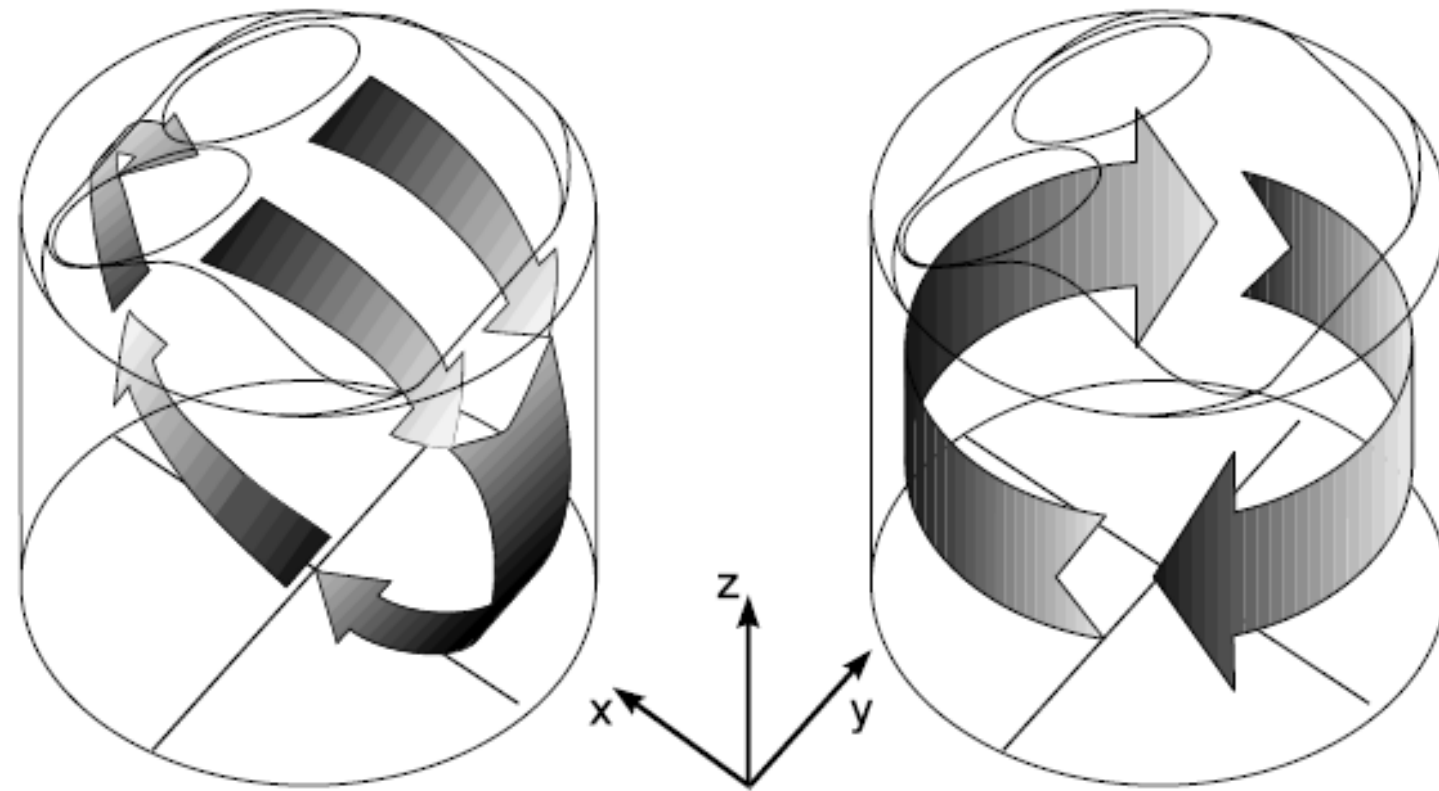
WP 2 – Gerakan Dalam Silinder

- Pembakaran yang efisien dan bebas emisi pada λ yang tinggi memerlukan pergerakan udara/bahan bakar yang intensif di dalam silinder
- This is a requirement for a homogeneous mixture dilution engine operation.

Klasifikasi aliran dalam silinder:



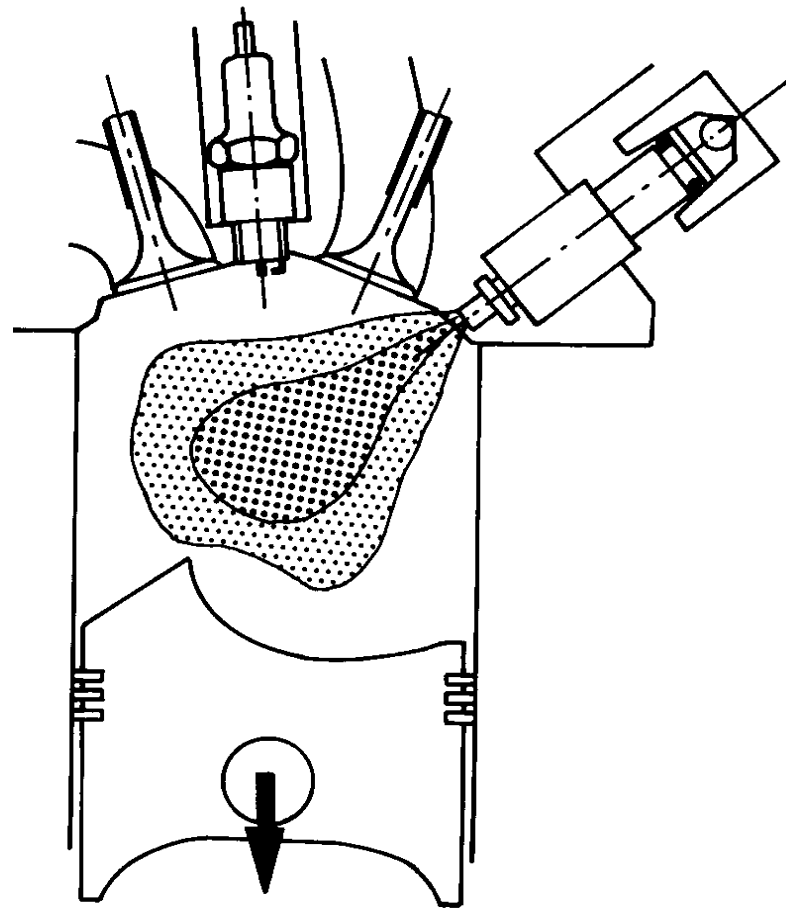
WP 2 – Bentuk Umum dari Gerak Muatan



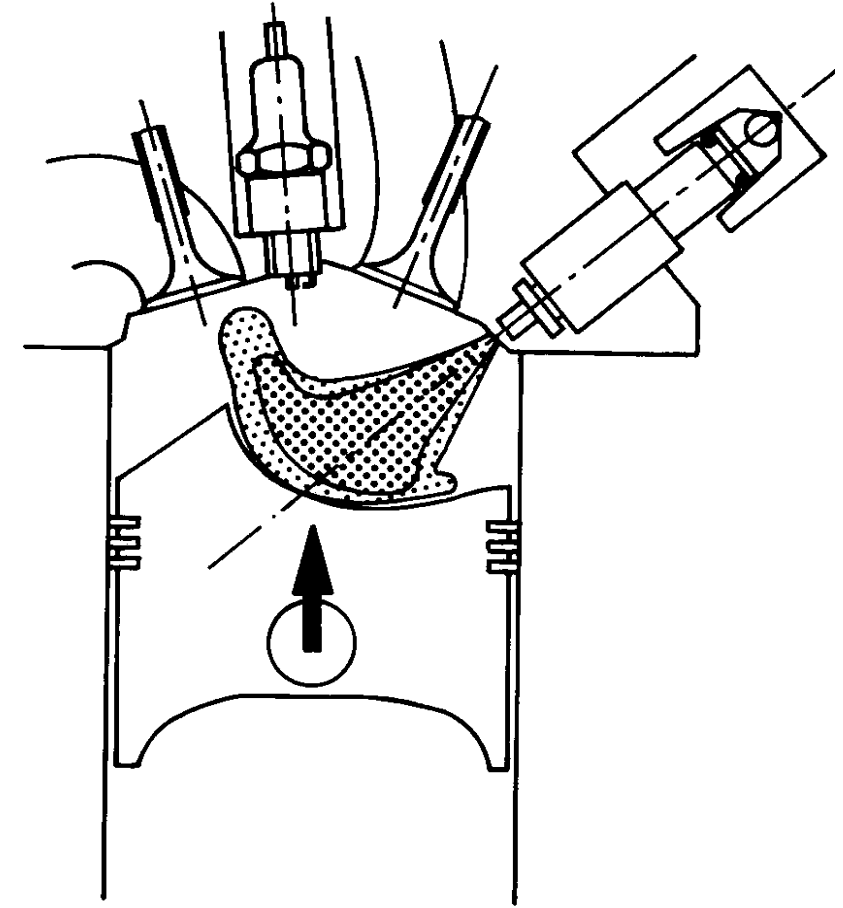
Tumble

Swirl

WP 2 – Konsep Dasar Injeksi Langsung

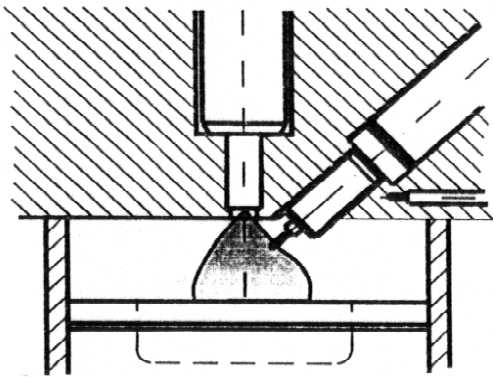


Injeksi Awal
Operasi Homogen

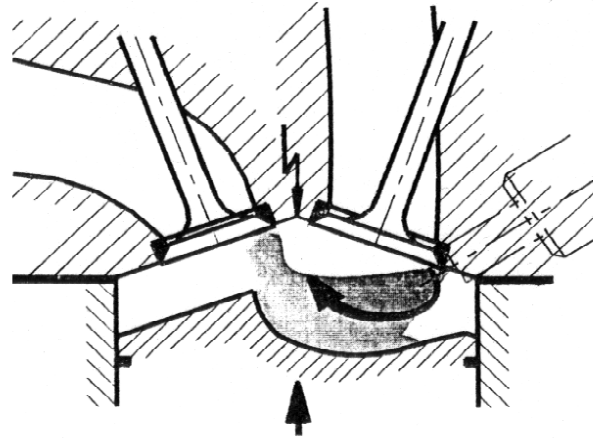


Injeksi Akhir
Beban Bertingkat

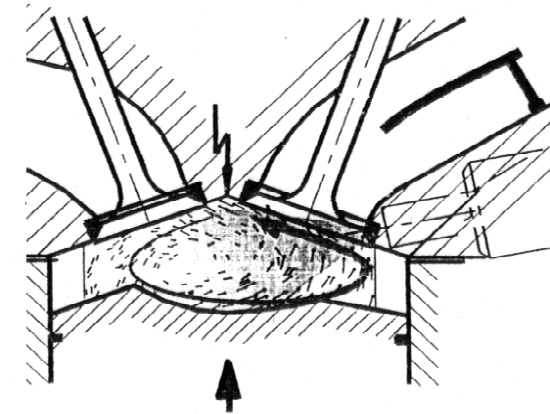
WP 2 – Klasifikasi dari Proses DI



Semprot - terarah



Dinding – terarah
(berguling)



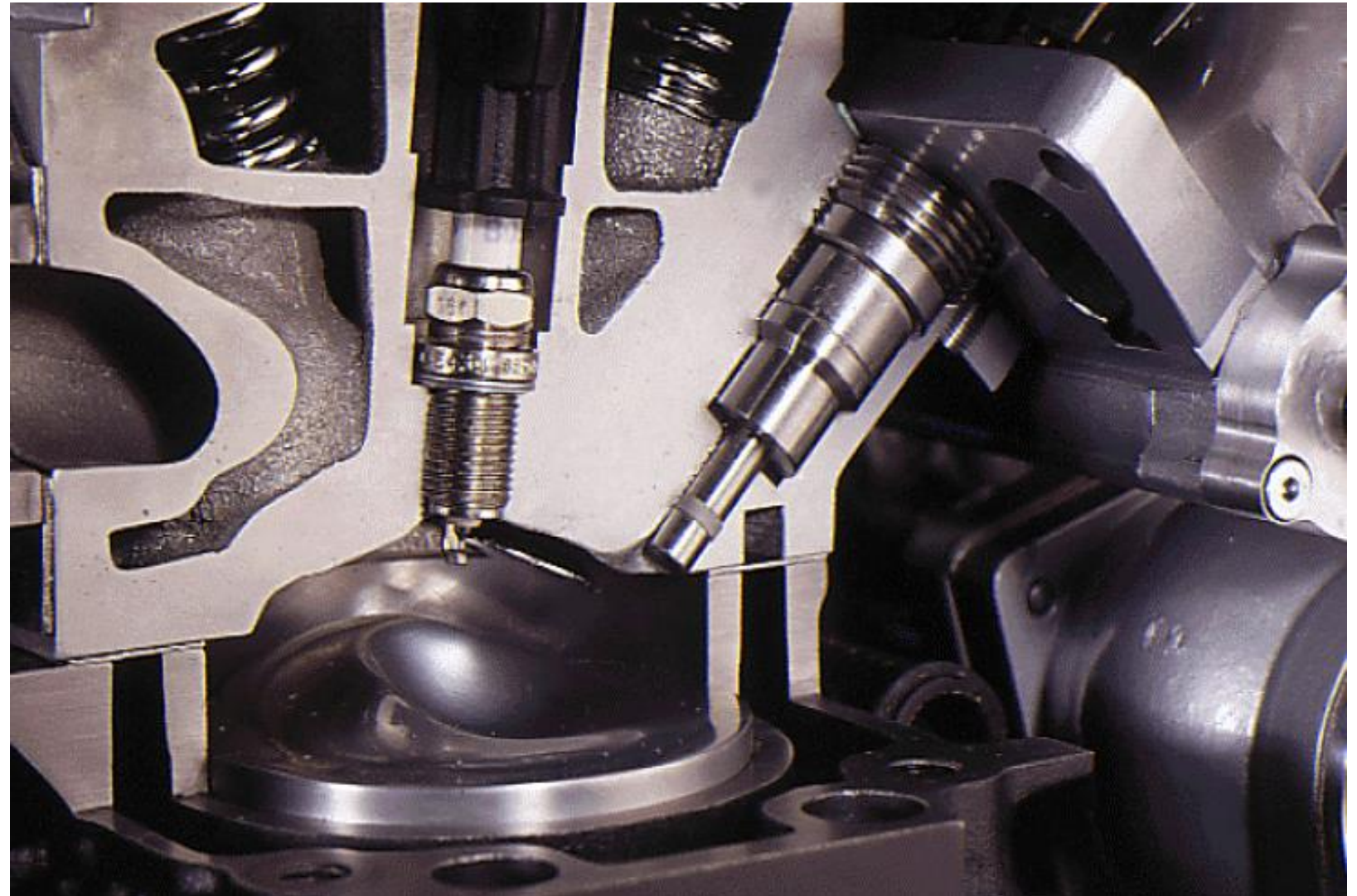
Udara – terarah
(berputar)

- Proses gerakan muatan di dinding dan udara yang terkontrol:

Berputar disekitar sumbu silinder

Berguling disekitar sumbu longitudinal silinder

WP 2 – Nosel Injeksi GDI, 1. Gen

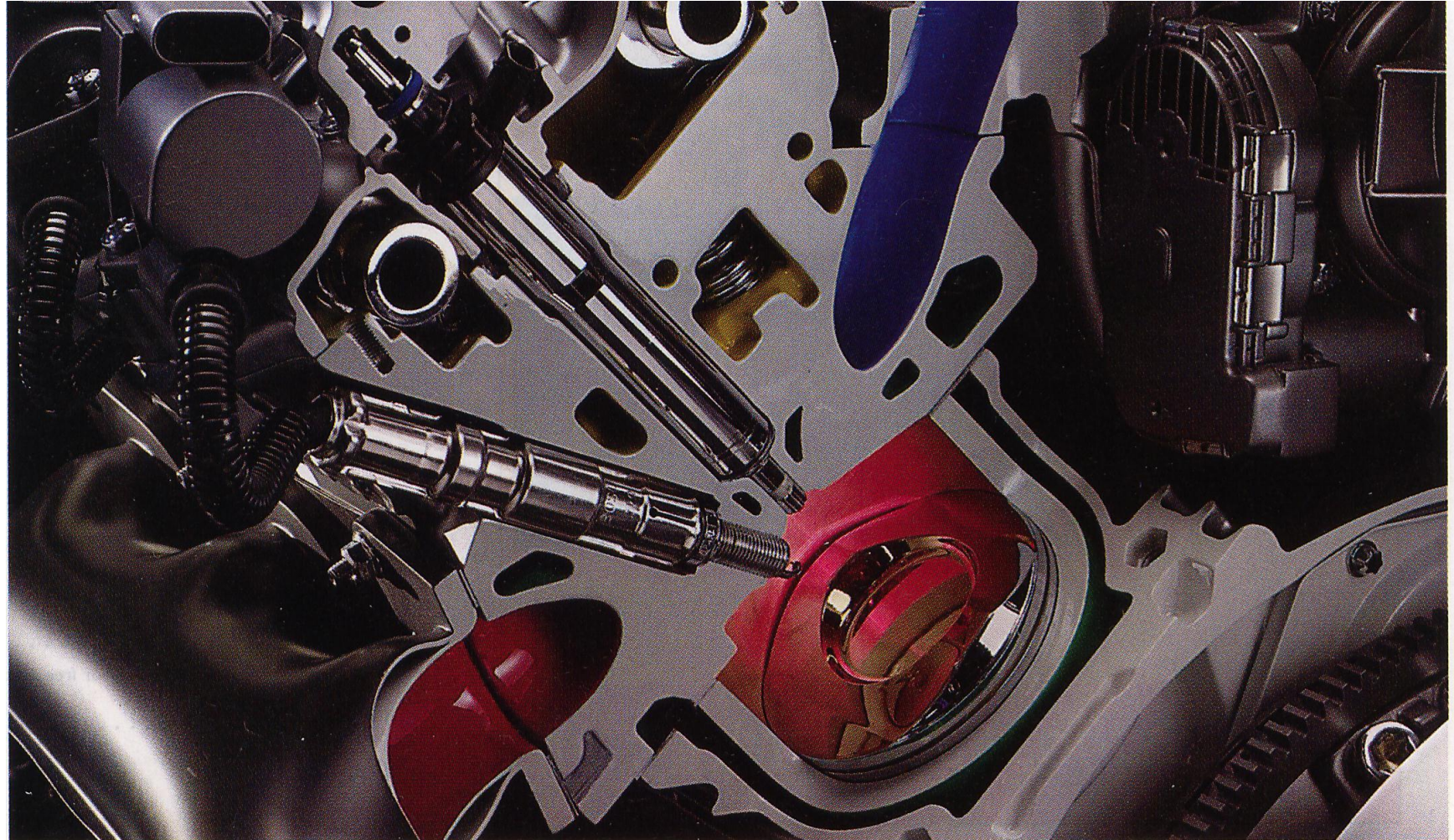


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Nosel Injeksi GDI, 2nd Gen

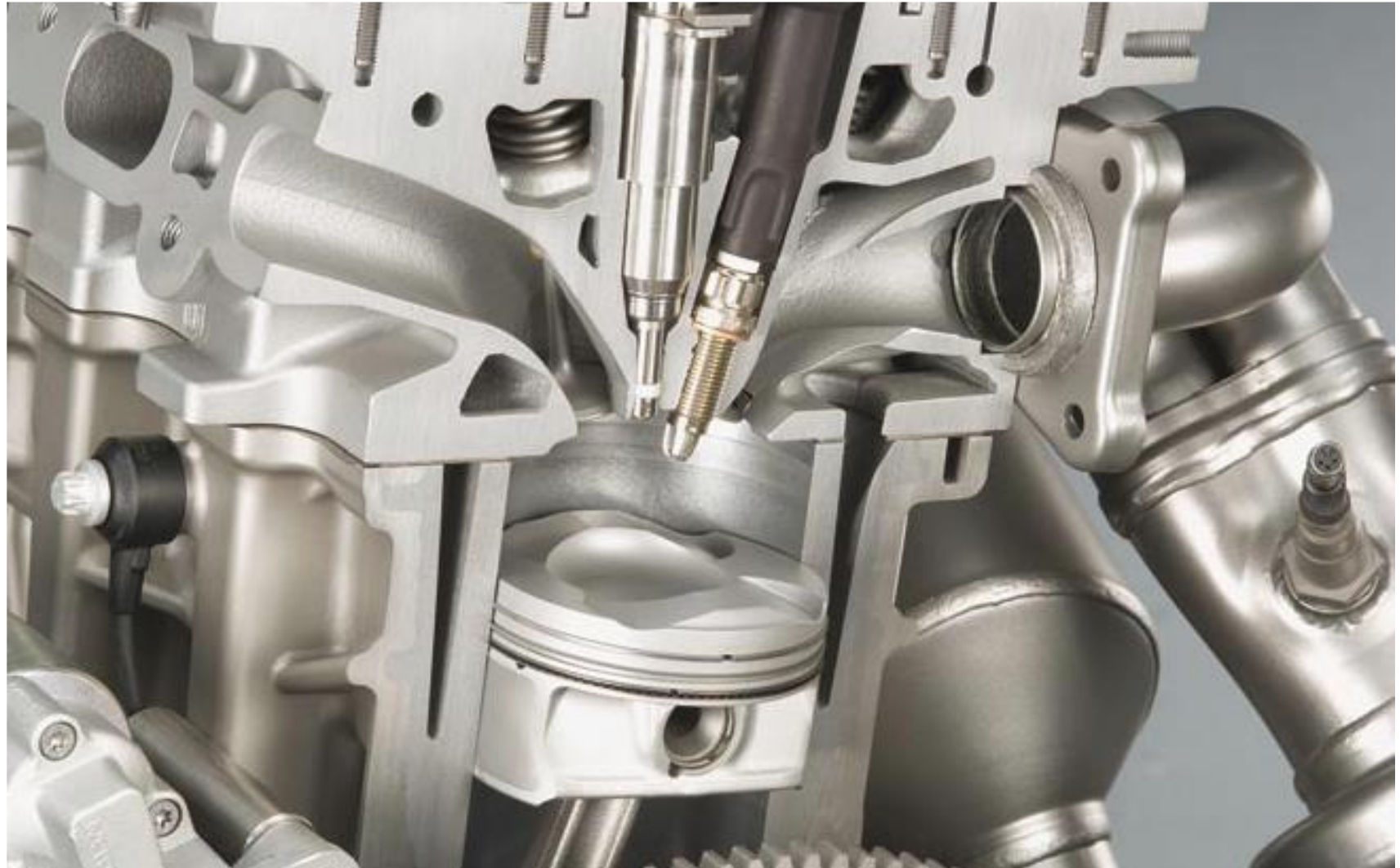


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Nosel Injeksi GDI, 2nd Gen

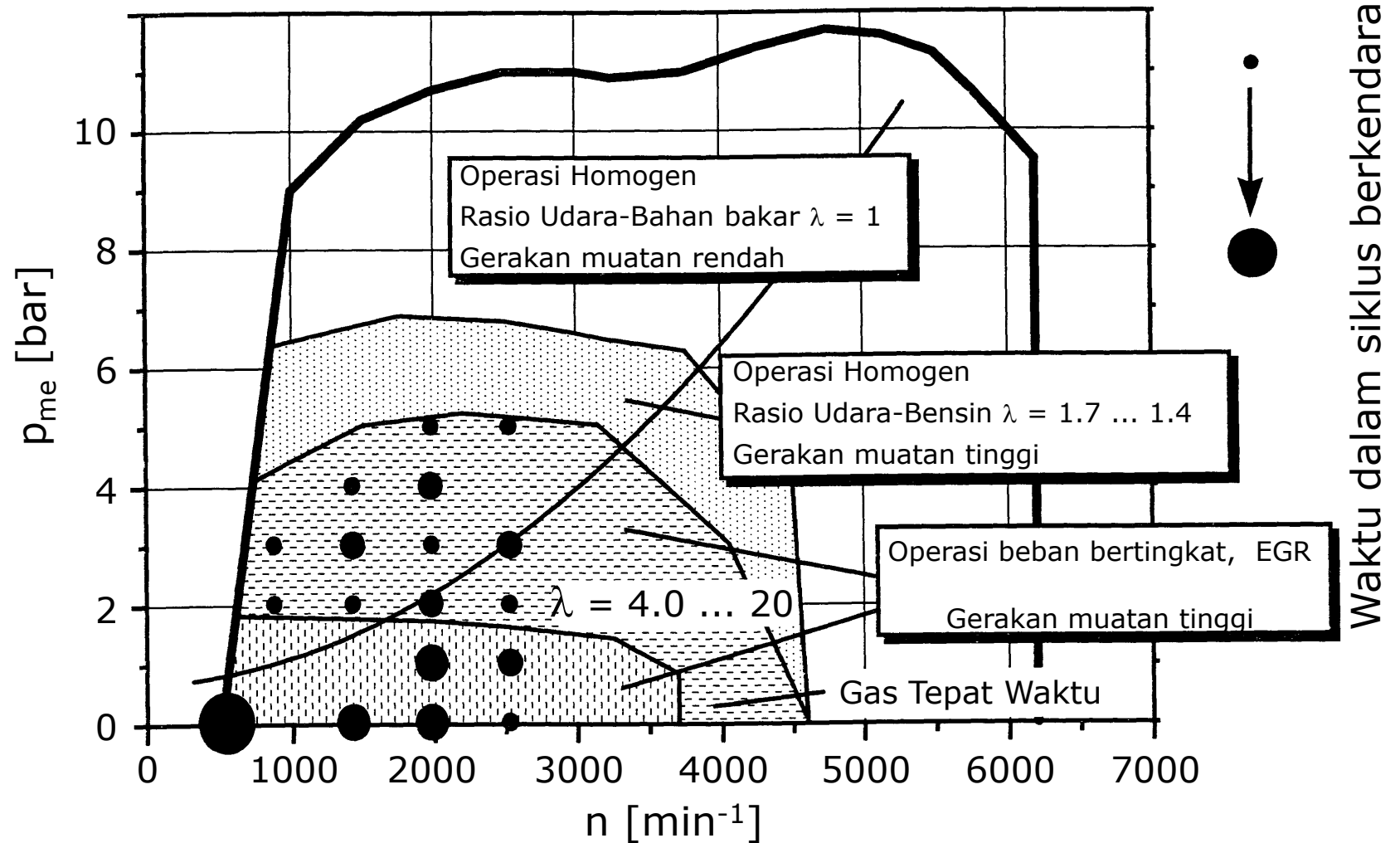


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Strategi Pengoperasian untuk GDI

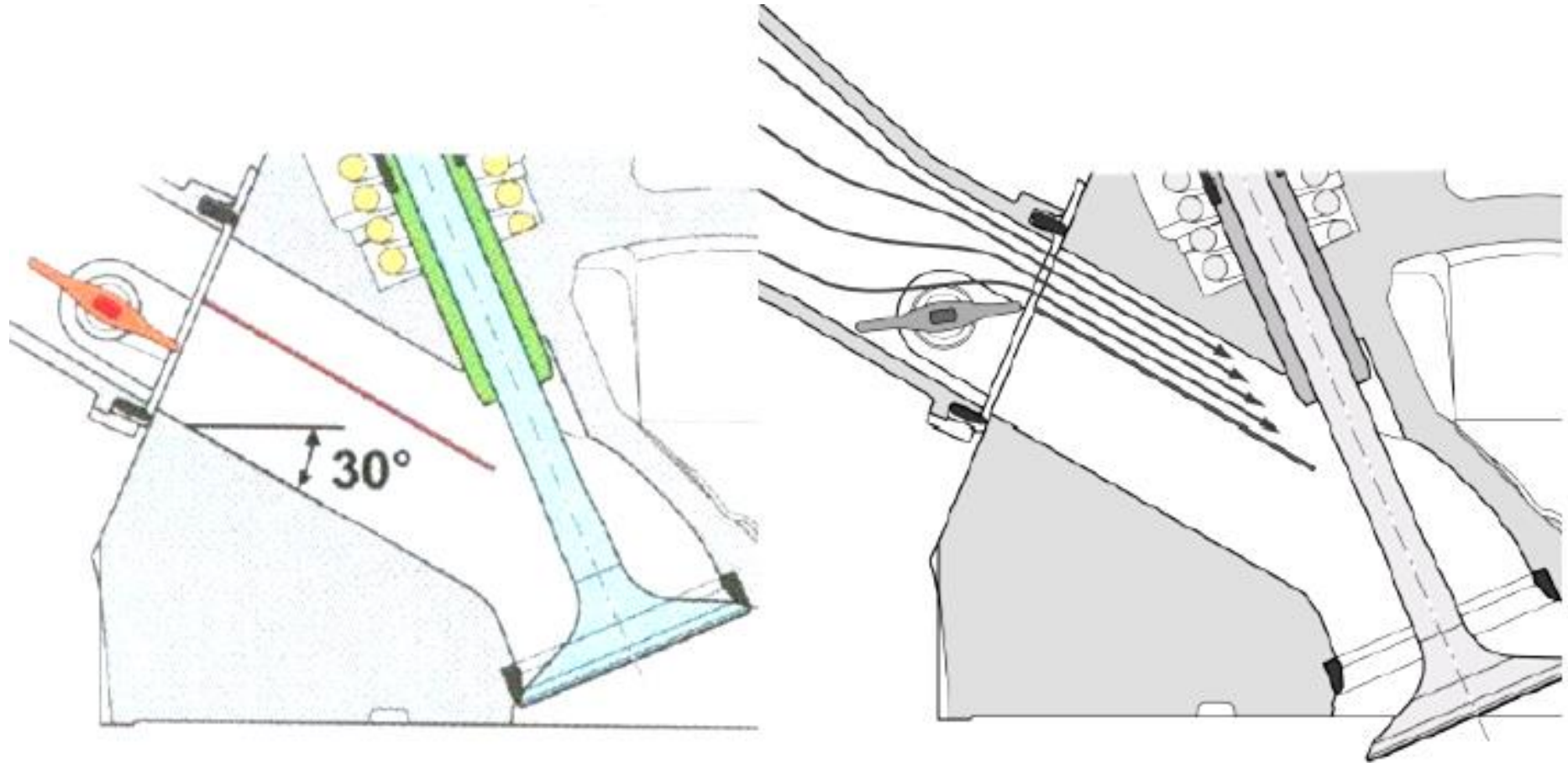


WP 2 – GDI dengan Muatan Bertingkat



- De-throttling dari pertukaran gas
- Peningkatan rasio kompresi (setara dengan nilai anti-knocking) atau beban torsi penuh yang lebih tinggi karena pendinginan internal
- Komposisi gas yang lebih baik secara termodinamika
- Pengurangan panas yang hilang melalui dinding dalam operasi beban parsial lewat pembakaran bertingkat.
- Respon sementara meningkat karena tidak ada masalah pada dinding-film
- Kontrol kualitatif yang lebih baik dari susunan muatan sampai awal pembakaran, menggunakan variasi injeksi awal, jumlah yang diinjeksi dan ignisi awal.
- Merendahkan kecepatan idle dan menaikkan nilai EGR yang sebisanya

WP 2 – Kontrol Berguling



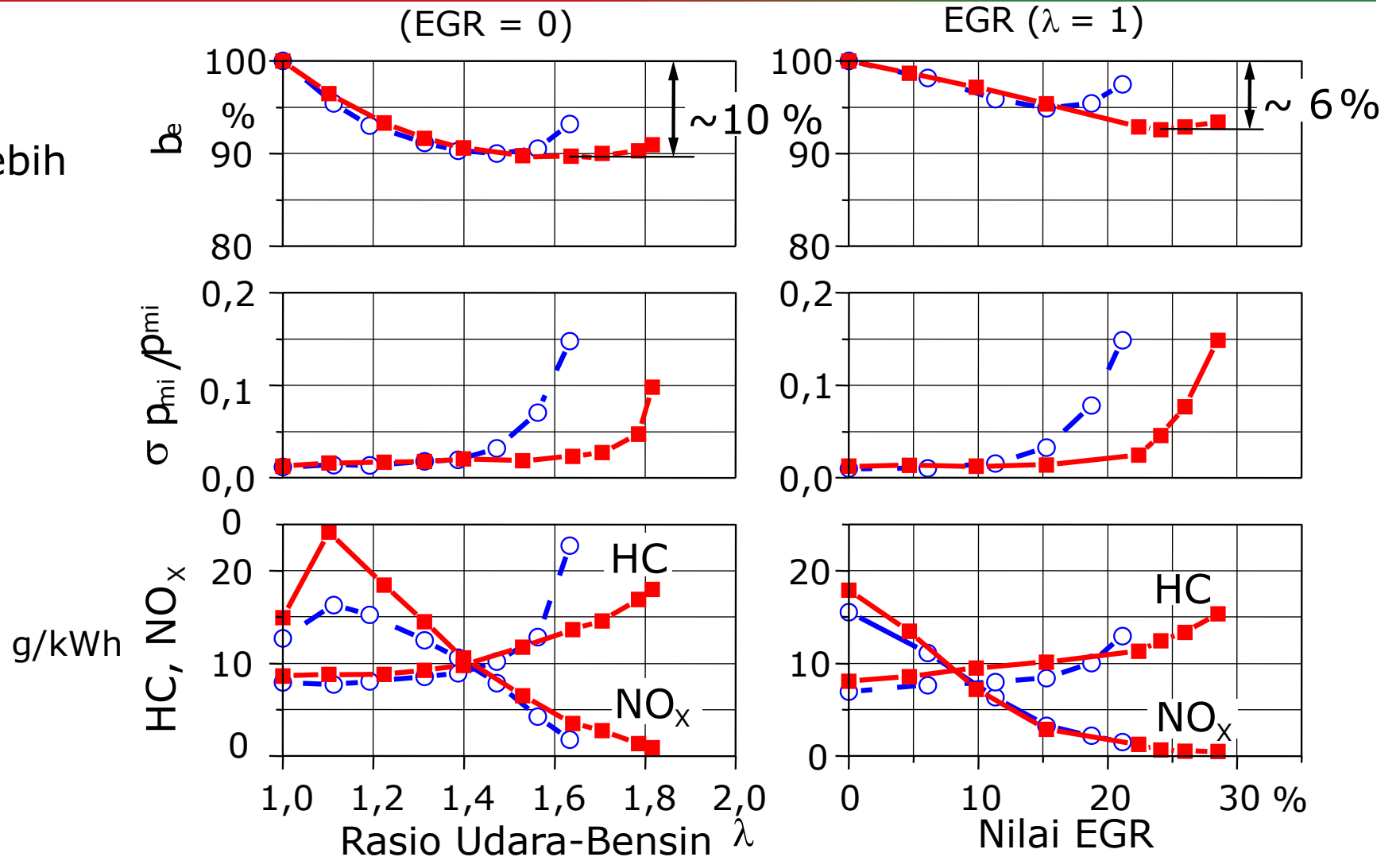
Port masuk FSI

WP 2 – Efek dari Peningkatan Gerak Muatan (4V, be-opt)



-○- Dasar
-■- Berguling lebih kuat

2000 1/min, 2 bar



WP 2 – Gambaran Pelatihan



- Q&A, Diskusi SLOT 2



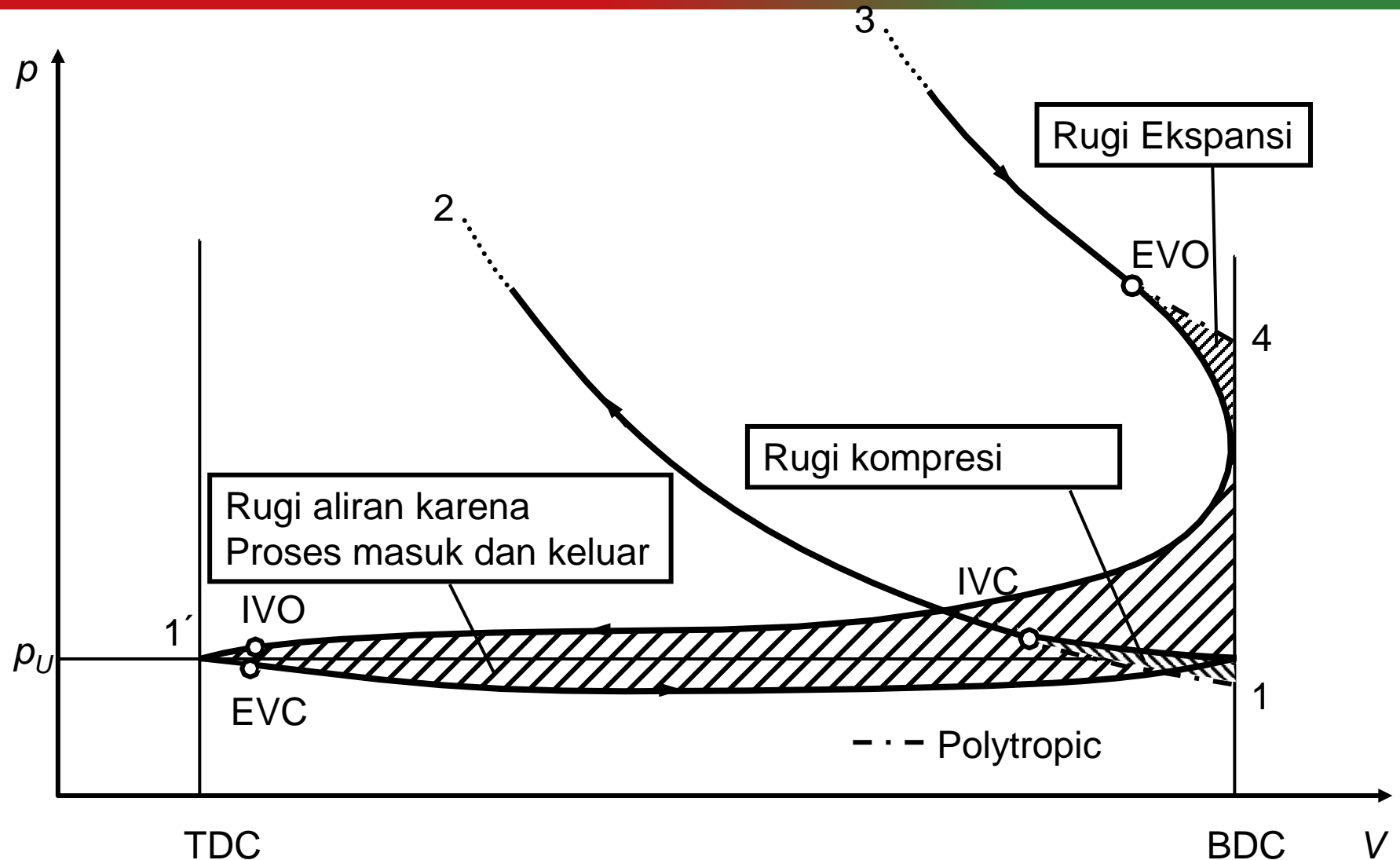
WP 2 – Malaka SLOT 2



- **Pertukaran Gas ICE dan teknologi ICE masa depan(15 menit)**

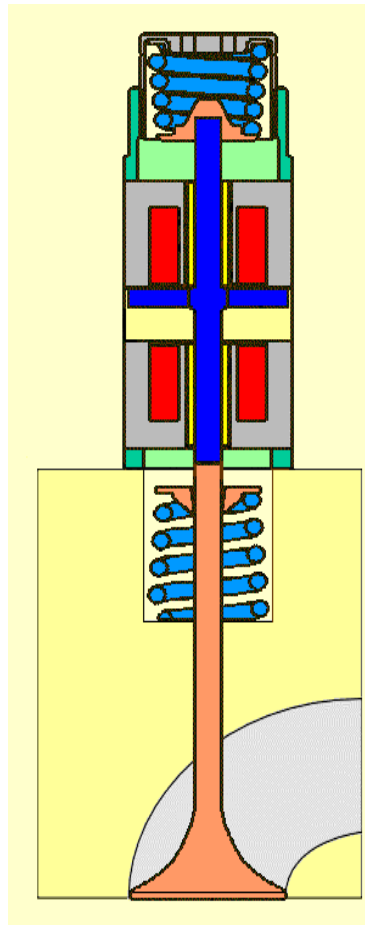


WP 2 – Rugi Pertukaran Gas dari Mesin 4-Tak

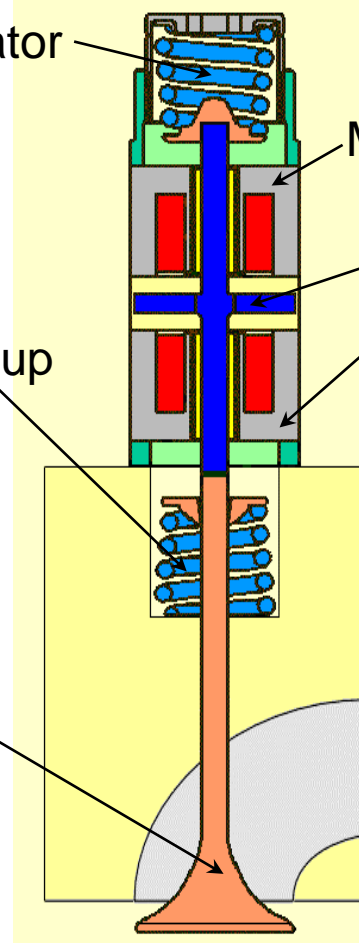


WP 2 – Prinsip Kerja dari EMVT

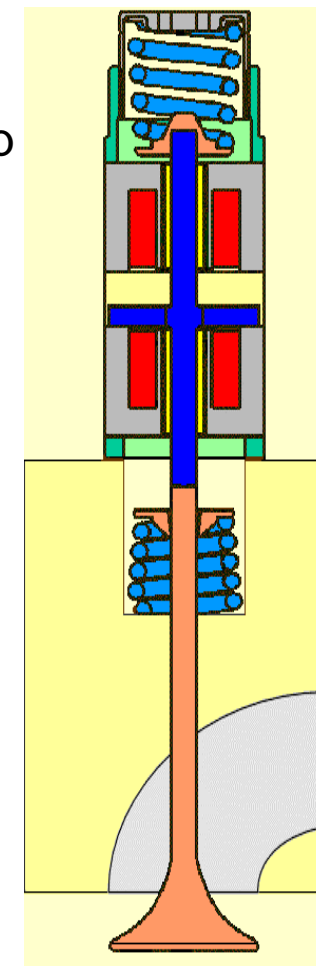
Posisi Tertutup



Posisi Tengah



Posisi Terbuka



Pegas Aktuator

Magnet Penutup

Armatur

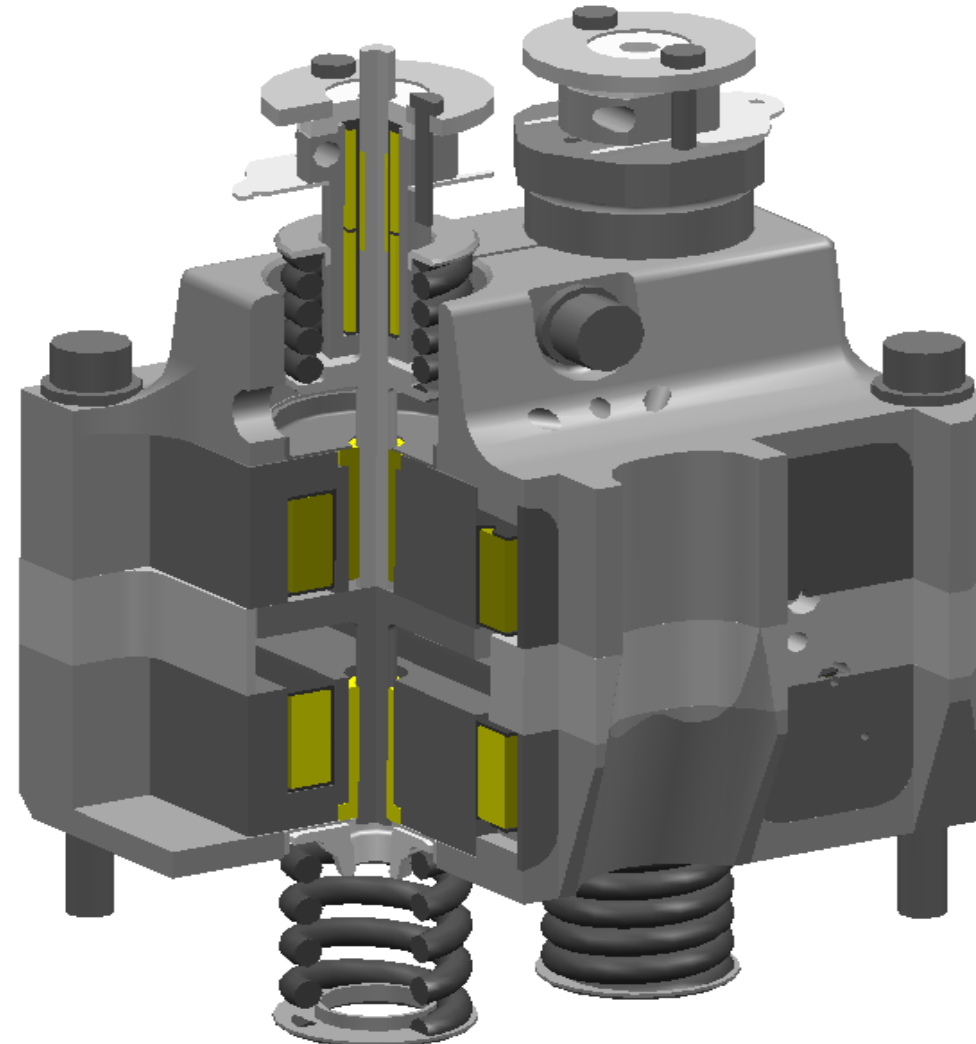
Pegas Katup

Magnet

Pembuka

Katup

WP 2 – Desain dari EMVT Aktuator

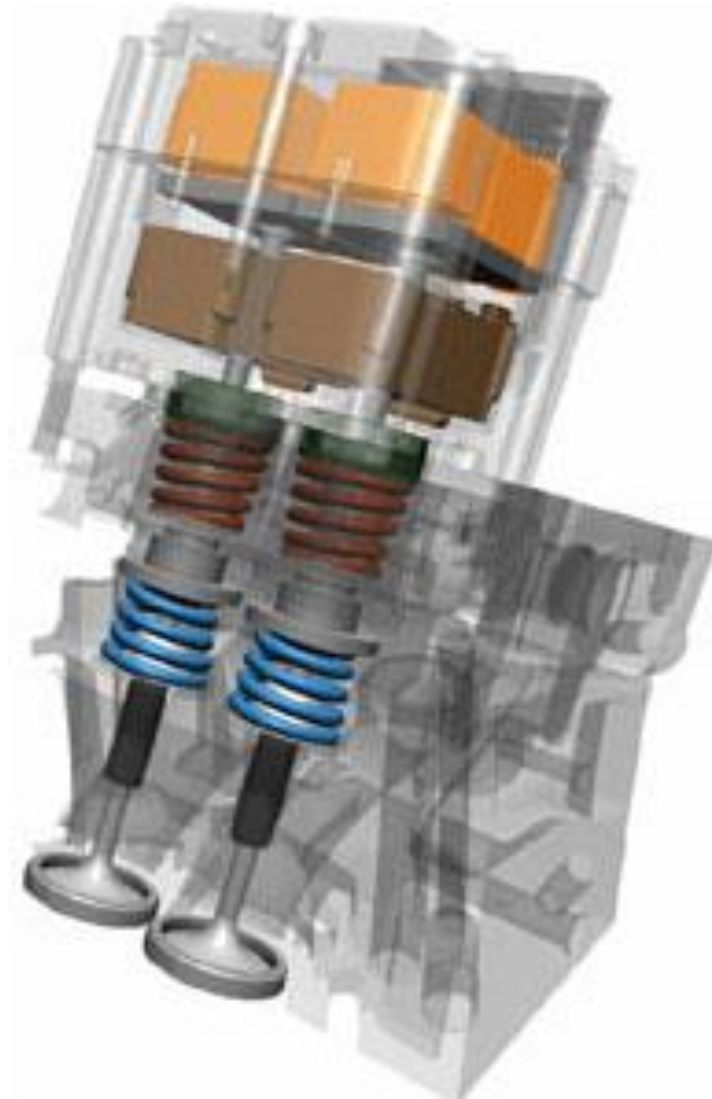


Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Desain dari EMVT Aktuator dengan Sensor



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner



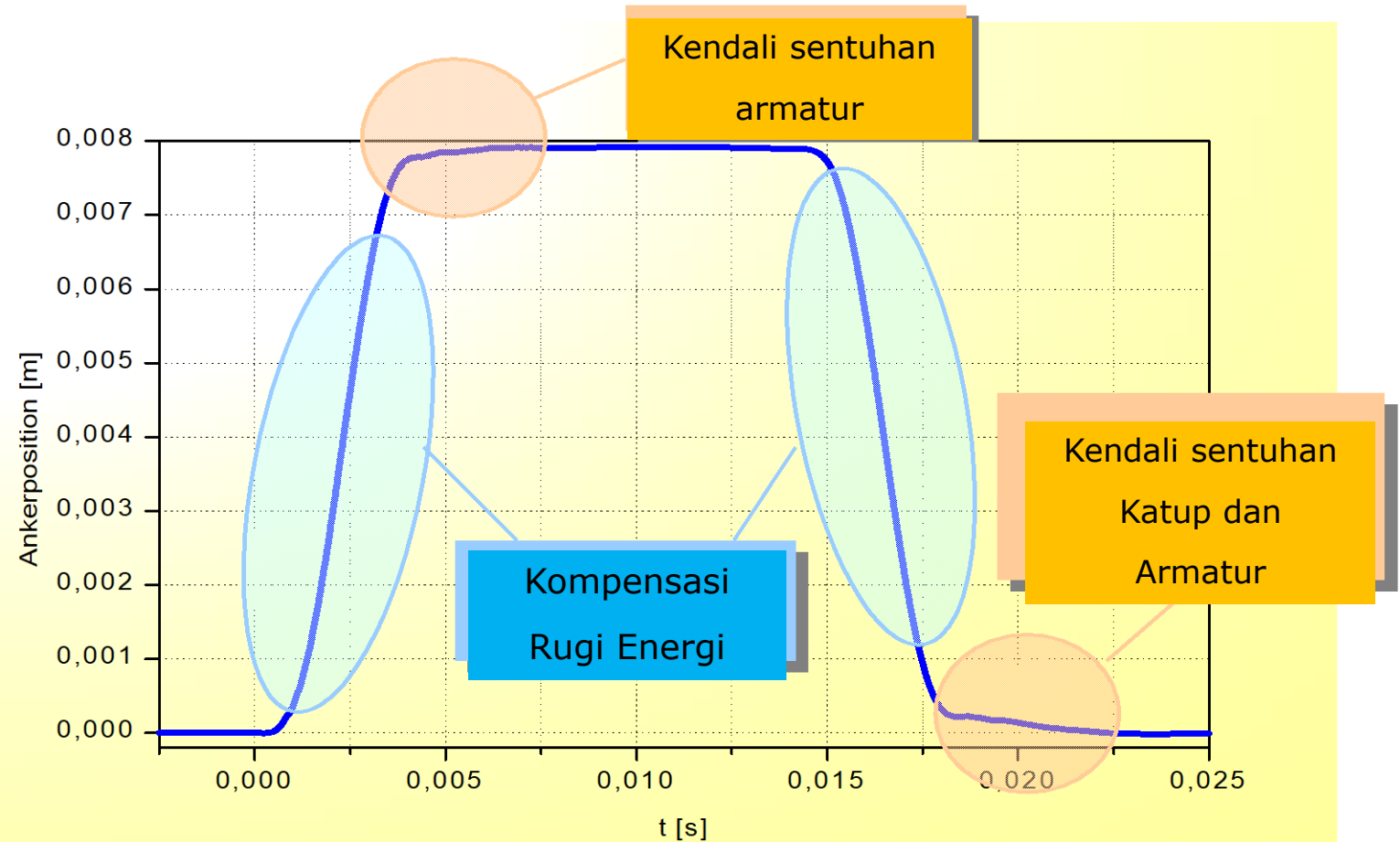
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Kurva Angkat Katup dari EMVT Aktuator



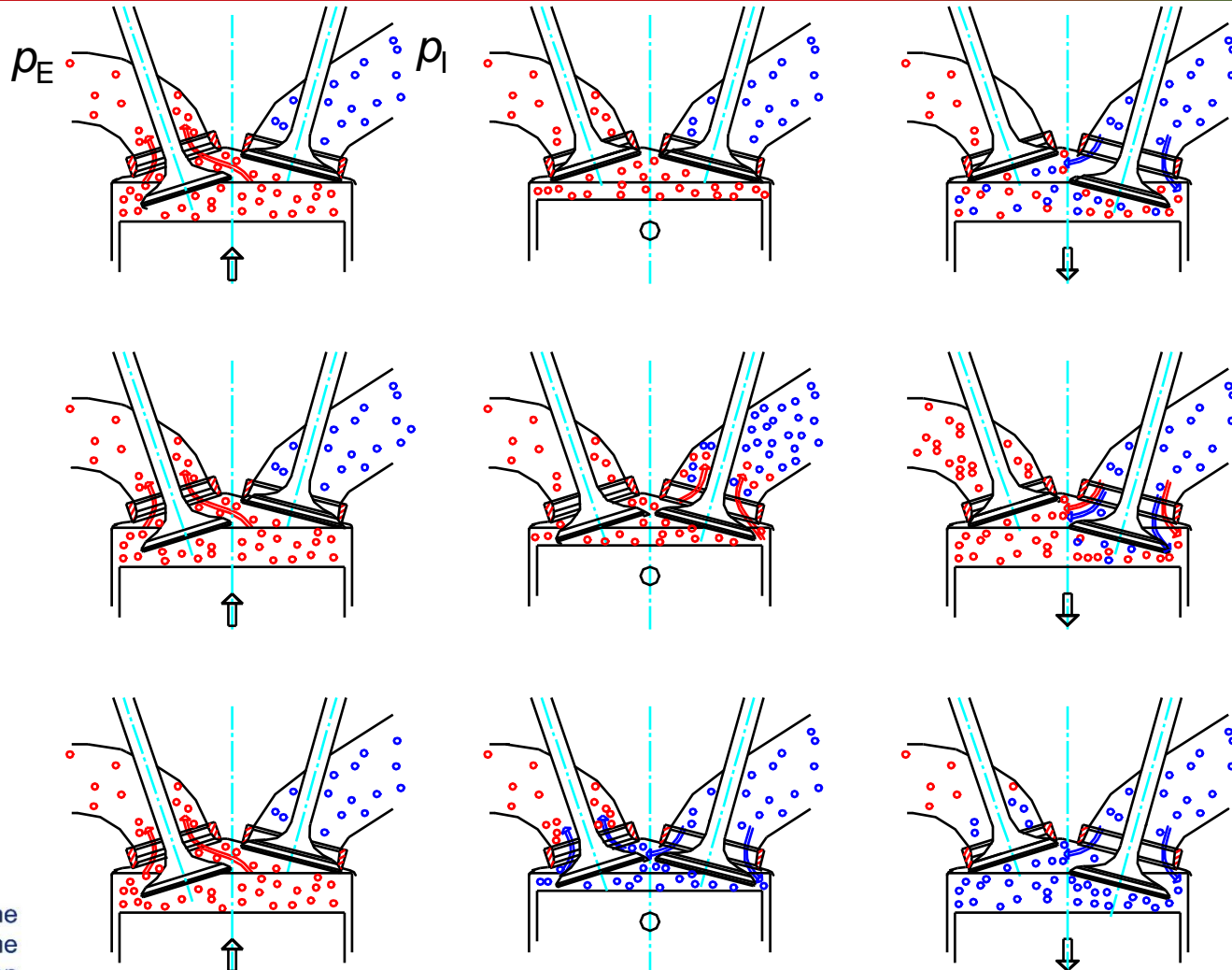
Katup
Terbuka

Katup
Tertutup



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Kendali Gas Residu (Pertukaran Gas dari Mesin Petrol 4-Tak)



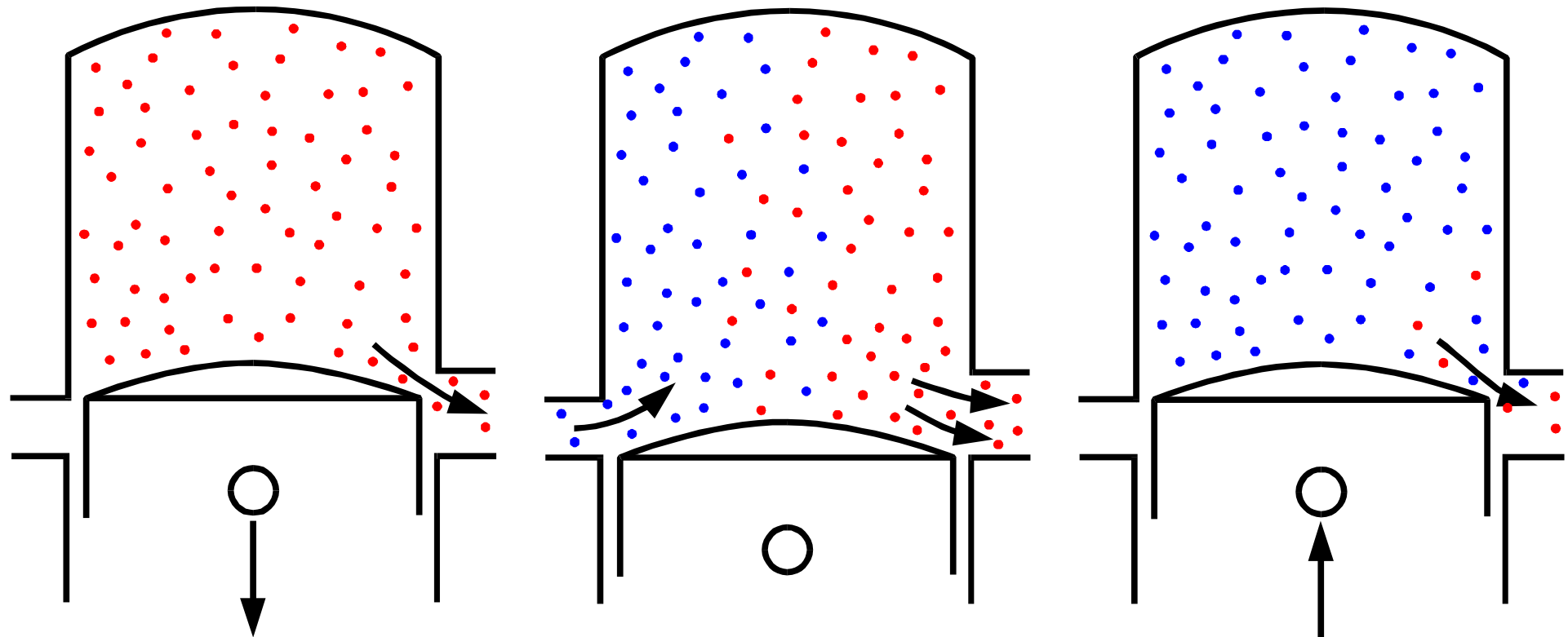
Batas:
Tanpa katup overlap

Dengan katup overlap
 $p_1 < p_E$ (Part load)

Dengan katup overlap
 $p_1 > p_E$ or kecepatan tinggi
(Dinamis)

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Pertukaran Gas untuk Mesin 2-Tak

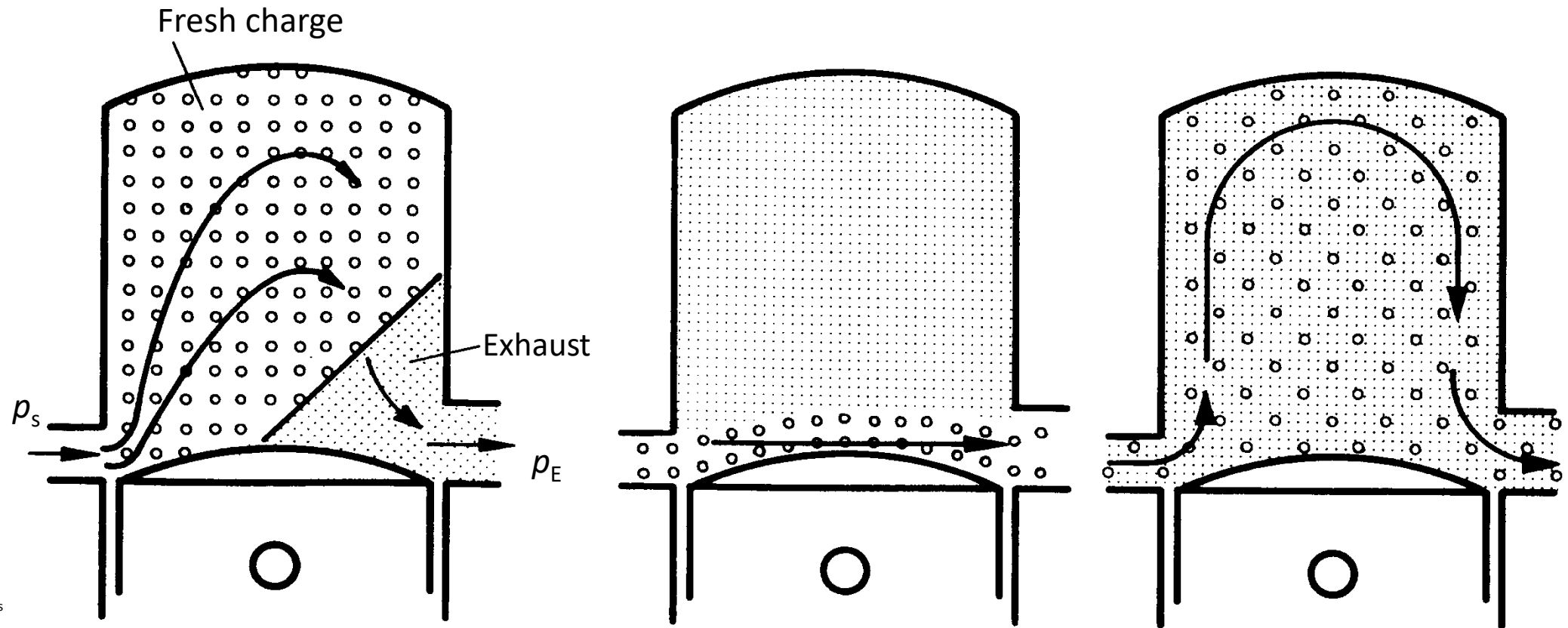


Blow-down

Scavenging

Post-scavenging

WP 2 – Model Scavenging (Mesin 2-Tak)

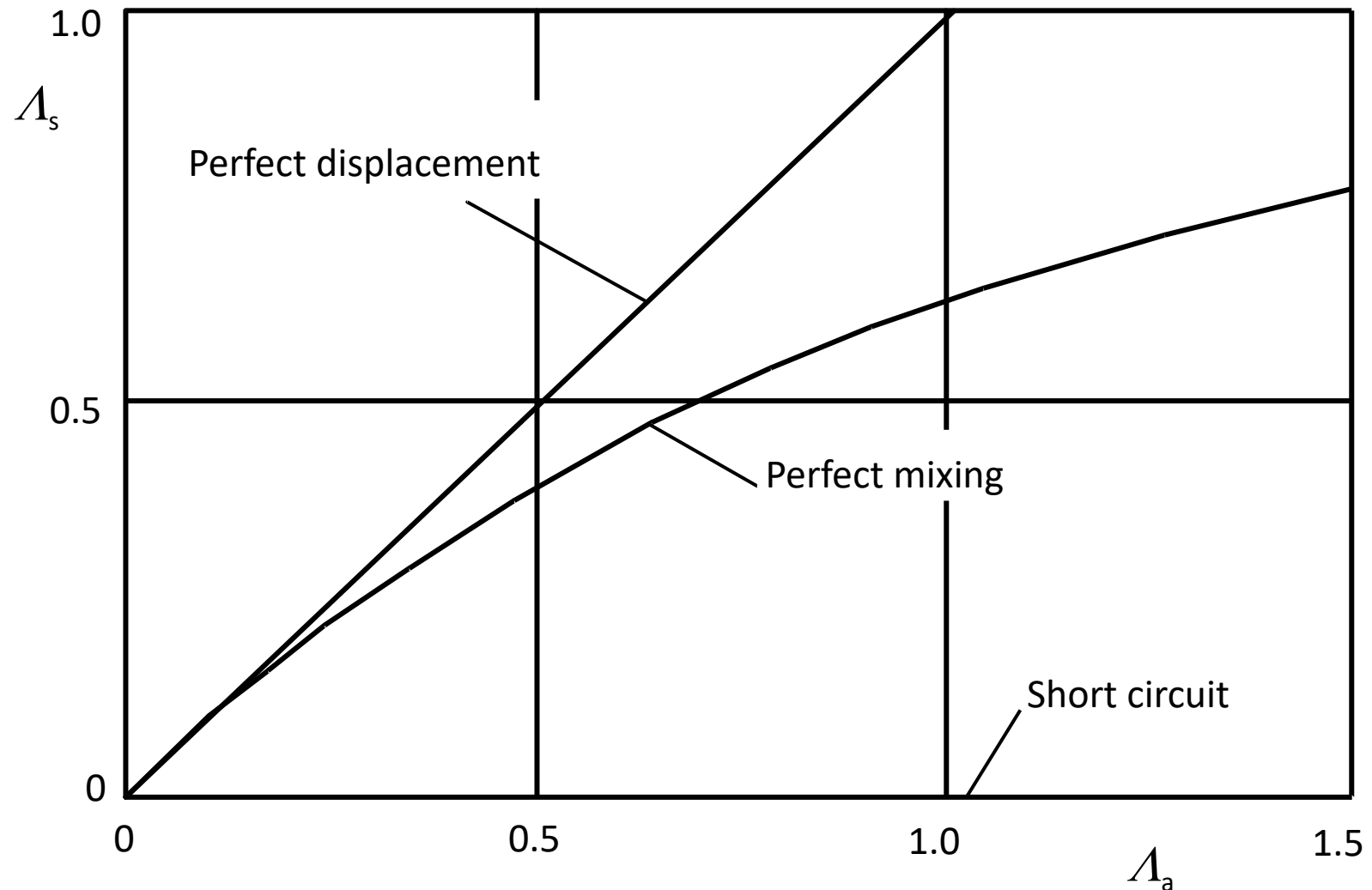


Perfect displacement scavenging

Short circuit scavenging

Perfect mixing scavenging

WP 2 – Efisiensi Scavenging versus Efisiensi Volumetrik (Teoritis)



WP 2 – Gambaran Pelatihan



- **Pertukaran Gas ICE dan teknologi ICE masa depan untuk efisiensi yang lebih tinggi (15 minutes)**



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Dalam mesin bensin, kombinasi injeksi, perampingan dan turbocharging telah berkembang dalam beberapa tahun terakhir sebagai teknologi yang dapat digunakan di seluruh dunia untuk mencapai pengurangan konsumsi bahan bakar yang diperlukan.
- Selain langkah-langkah mesin untuk mengurangi emisi CO₂, bahan bakar semakin menjadi fokus pengembangan. Bahan bakar biogenous alternatif seperti etanol menawarkan potensi yang signifikan untuk mengurangi gas rumah kaca sebagai komponen pencampuran, asalkan disediakan oleh proses manufaktur regeneratif. Selain itu, bahan bakar alkohol memiliki potensi efisiensi yang cukup besar dalam siklus pembakaran karena ketahanannya yang tinggi terhadap tumbukan.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Pendekatan untuk meningkatkan efisiensi mesin bensin stoikiometri adalah eksternal, pendinginan resirkulasi gas buang (EGR), variabel kereta katup dan perpanjangan ekspansi.
- Pada masa lalu fokus langkah-langkah konsumsi terkonsentrasi pada rentang beban rendah (pengurangan kerugian katup penutup), langkah-langkah untuk ekspansi yang diperpanjang semakin menargetkan kisaran beban tinggi.
- Siklus Miller atau Atkinson, di mana kompresi mulai tertunda dari ekspansi karena penutupan asupan yang sangat cepat atau awal, adalah pendekatan yang paling efisien untuk ekspansi yang diperpanjang. Terutama dalam kombinasi dengan kompresi geometris yang tinggi, potensi konsumsi siklus Miller di kisaran beban dapat secara signifikan diperpanjang oleh pendingin eksternal EGR.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Seri progresif konsep "Rightsizing" dan "Miller / Atkinson" untuk mesin bensin, dengan efisiensi efektif 40-41% yang terbaik, memerlukan langkah-langkah pengembangan logis lebih lanjut.
- Tujuan pembangunan masa depan akan fokus pada menghindari tumbukan pembakaran ketika meningkatkan kompresi. Dengan konsep pengapian baru (prechamber plug), pembakaran dapat dipercepat secara khusus ke arah daerah knock-critical, sehingga meningkatkan perilaku knock.
- Langkah yang paling efisien untuk menghindari pembakaran dan tumbukan adalah untuk memperkenalkan bahan bakar hanya pada akhir kompresi segera sebelum pembakaran. Waktu bahan bakar di daerah knock-critical terlalu sedikit untuk memicu pembakaran atau tumbukan.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Namun, injeksi yang sangat terlambat untuk persiapan dan distribusi bahan bakar yang diperlukan membutuhkan tekanan injeksi yang sangat tinggi. Dengan tekanan injeksi > 800 bar (mesin bensin) dan injeksi yang sangat lambat (parsial) (misalnya dalam OT) dan desain sistem yang sesuai, kualitas perawatan dengan homogenisasi yang cukup dapat dicapai.
- Siklus Miller: Penutupan awal katup intake (FES, Miller) memungkinkan untuk mengurangi suhu puncak dan dethrottling lebih lanjut. Namun, untuk mencapai torsi dan data kinerja yang tinggi, permintaan yang lebih tinggi ditempatkan pada turbocharger, itulah sebabnya turbocharger gas buang dengan geometri turbin variabel baru-baru ini digunakan dalam aplikasi mobil penumpang.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Konsep supercharging (ATL 2-stage, VTG-ATL): Kompresi dua tahap dengan intercooling memiliki keuntungan dari suhu kompresi akhir yang lebih rendah, yang berarti bahwa tekanan rata-rata yang lebih tinggi dapat dicapai dengan waktu kontrol yang sama atau desain Miller yang lebih kuat dapat digunakan dengan tekanan rata-rata yang sama. Turbocharger gas buang dengan geometri turbin variabel (VTG-ATL) adalah cara yang terbukti efisien memperluas jangkauan daya mesin bensin dengan siklus Miller.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Meningkatkan rasio kompresi geometris (ϵ): Dengan meningkatkan rasio kompresi geometris, efisiensi termal meningkat, tetapi ini meningkatkan kecenderungan tumbukan dan pembakaran serta beban termal unit. Masalah ini dapat dikurangi dengan menggunakan rasio kompresi variabel. Misalnya, Multi sistem memungkinkan $\epsilon = 14$ tinggi dalam rentang beban yang lebih rendah dan ϵ rendah = 8 dalam rentang beban tinggi.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Injeksi air: Dengan menggunakan injeksi air, tekanan termal dapat dikurangi, sehingga meningkatkan kecenderungan tumbukan, atau rentang operasi stoikiometri dapat diperpanjang lebih lanjut. Hal ini juga memungkinkan untuk lebih meningkatkan rasio kompresi geometris. Hal ini dimungkinkan oleh panas penguapan laten yang tinggi dari air, yang menurunkan suhu di ruang bakar.
- Pengenceran gas (resirkulasi gas buang): Keuntungan dari resirkulasi gas buang yang didinginkan dapat diharapkan dalam hal efisiensi, pengurangan kehilangan throttle, peningkatan kapasitas panas tertentu dan mengurangi tumbukan. Dengan demikian efisiensi efektif maksimum sekitar 42-43% dicapai pada titik terbaik.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Dengan menggabungkan proses pembakaran Miller dengan resirkulasi gas buang berpendingin, konsumsi bahan bakar spesifik 200 g / kWh dapat dicapai untuk mesin bensin turbocharged, injeksi langsung. Ini sesuai dengan efisiensi efektif 42,3% (asumsi: nilai kalori yang lebih rendah 42,5 MJ / kg).
- Proses pembakaran, pengurangan waktu pembakaran: Pengurangan konsumsi lebih lanjut dapat dicapai dengan meningkatkan intensitas gerakan muatan di dalam mesin. Dalam mesin bensin, ini dicapai dengan meningkatkan intensitas tumble, yang mengurangi waktu pembakaran dan dengan demikian membawa proses pembakaran lebih dekat ke proses yang ideal.



WP 2 – Teknologi ICE Masa Depan



- Pemulihan panas gas buang (reformasi): Dengan memulihkan panas gas buang, memungkinkan untuk lebih meningkatkan efisiensi termal mesin bensin. Dengan mengintegrasikan pendukung ke dalam bagian resirkulasi gas buang dan melalui proses yang dikendalikan secara endotermik, bahan bakar dibagi mengakibatkan nilai kalori dari gas sintesis yang dihasilkan meningkat.



WP 2 – Gambaran umum pelatihan



- Tanya Jawab, 2 Pertanyaan



WP 2 – gambaran umum pelatihan



- **Mobility engineer 2030 (academia) (20 menit)**



WP 2 – Mobility Engineer untuk 2030



- Bagaimana otomotif berubah?
- Empat gangguan dalam industri otomotif!
- Redefinisi mobil
- Atribut perangkat mobilitas otomotif modern
- Pertanyaan fundamental dari industri otomotif!
- Tiga tuntutan dari industri otomotif!

WP 2 – Pernyataan



Dengan konektivitas, otonomi, propulsi, keselamatan dan keamanan

sekarang sama pentingnya dengan fase berikutnya dari pengembangan industri kami karena disiplin teknik mesin dan listrik sudah sejak generasi sebelumnya,

Sudah jelas bahwa bagaimana industri dan akademisi terlibat sangat penting untuk proses menciptakan dan mempertahankan insinyur yang cukup mampu dan 'siap kerja'.



WP 2 – Bagaimana otomotif berubah?



- Perkembangan saat ini dalam rekayasa mobilitas semakin sangat fluktuatif.
- Banyak hal terjadi secara bersamaan dan sangat penting untuk mempertahankan gambaran umum.
- Pada bagian ini saya ingin menawarkan tiga masukan independen yang mungkin dapat memberikan beberapa wawasan.
 - ✓ Empat gangguan
 - ✓ Redefinisi mobil
 - ✓ Atribut perangkat mobilitas modern
- Tidak ada tujuan untuk memberikan gambaran yang lengkap, namun, diskusi tentang pendidikan insinyur di masa depan memang membutuhkan visi tentang permintaan teknologi masa depan.



WP 2 – 4 Gangguan dalam Otomotif



Keempat gangguan tersebut adalah:

1. Traksi listrik: ekosistem termasuk infrastruktur non-otomotif. Ini termasuk energi terbarukan dan jaringan pintar.
2. Mengemudi otomatis: robotisasi dengan tingkat keselamatan / keamanan yang tinggi. Ini termasuk kecerdasan buatan, pembelajaran mesin dan metode formal untuk memberikan tingkat keamanan yang diperlukan.
3. Mobil yang terhubung: ekosistem dengan teknologi telekomunikasi dan model bisnis. Ini termasuk standarisasi protokol, bandwidth, cybersecurity, dll.
4. Mobilitas sesuai permintaan: layanan baru dengan kemitraan dengan otoritas publik (kota, dll ...). Akses kepemilikan, model bisnis baru, kemitraan yang beragam.



WP 2 – Redefinisi Mobil



Pola Industri Otomotif di Masa Depan:

- Partisipasi multipartit dan persaingan kerja sama.
- Dalam kasus perubahan tersebut, industri otomotif telah berubah dari rantai industri vertikal asli yang terdiri dari OEM, pemasok dan dealer menjadi ekosistem tanpa batas dengan partisipasi multipartit, membawa peluang besar.



WP 2 – Atribut Perangkat Mobilitas Modern



- Mekanika: Konstruksi yang sangat dioptimalkan, berat dan hemat biaya. Manajemen kompleksitas untuk menutupi berbagai tuntutan, misalnya powertrain, gaya tubuh atau tingkat peralatan. Campuran teknik manufaktur bervolume tinggi dan rendah, termasuk personalisasi (Industri 4.0).
- Listrik dan Elektronik (termasuk mengemudi otomatis): Meningkatkan proporsi dalam rantai nilai. Siklus pengembangan singkat dan inovasi x-industri. Peningkatan jumlah antarmuka dan standar industry.
- Perangkat lunak (termasuk V2X dan mengemudi otomatis): Meningkatkan proporsi dalam rantai nilai. Banyak antarmuka dan aliansi strategis. Algoritma canggih, misalnya AI, pembelajaran mesin, fusi sensor, kontrol berbasis model. Upaya substansial pada kualitas teknik.
- Perangkat dan Lingkungan (termasuk model bisnis): Transportasi model campuran. Akses vs kepemilikan. Total pengalaman pelanggan vs. kinerja kendaraan. Kendaraan pintar untuk dunia yang cerdas.

WP 2 – Pertanyaan Mendasar dari Industri



Dua pertanyaan mendasar dari industri:

1. Jenis engineers apa yang dibutuhkan organisasi Anda di masa depan?
2. Apa persyaratan industri masa depan dalam hal keahlian teknik, keterampilan dan kemampuan?



WP 2 – Pertanyaan Mendasar dari Industri



Tanggapan mereka dapat diringkas sebagai:

1. Teknik di industri otomotif akan memperluas ruang lingkup - selain insinyur mekanik, perusahaan akan sangat membutuhkan insinyur dari IT dan disiplin 'teknologi baru' terkait.
2. Selain spesialis, industri ini akan membutuhkan generalis dengan kemampuan di berbagai disiplin ilmu teknik yang menghubungkan berbagai bidang teknik, dan kolaborasi teknik di berbagai disiplin ilmu akan menjadi faktor keberhasilan penting untuk teknik di masa depan.
3. Secara paralel, skillset insinyur akan berkembang dari persyaratan yang didominasi teknis untuk keterampilan yang lebih terkait dengan proses, seperti manajemen proyek tangkas, keterampilan komunikasi, beroperasi di lingkungan virtual, dan organisasi yang fleksibel akan menjadi kompetensi penting dalam profil peran teknik.



WP 2 – Tuntutan dari Industri



Tuntutan industri:

- Persyaratan keterampilan teknis dan interdisipliner
- Proyek, manajemen proses dan persyaratan soft skill
- Paradigma baru



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 – Persyaratan Keterampilan Teknis dan Interdisipliner (1)



- Umpan balik dari industri menunjukkan bahwa keterampilan sains, teknologi, teknik dan matematika tradisional (STEM) akan tetap menjadi bagian penting dari campuran keterampilan.
- Responden dengan suara bulat menegaskan bahwa insinyur otomotif 'klasik' dengan pengetahuan mendalam dalam teknik mesin, mekatronika dan bahan masih diperlukan.
- Namun, dalam konteks mobilitas listrik, terhubung, otonom dan bersama, profil kualifikasi seorang insinyur 'universal' dengan pemahaman yang lebih dalam tentang disiplin ilmu teknik lainnya akan semakin penting.



WP 2 – Persyaratan Keterampilan Teknis dan Interdisipliner (2)



- Beberapa responden memprioritaskan rekayasa sistem dan meningkatnya kompleksitas kendaraan sebagai hal penting dalam hal disiplin teknik, dan sudah menjadi bidang yang sangat penting.
- Pakar industri melihat simulasi, pengujian virtual, prototyping virtual dan virtual reality sebagai bidang dengan potensi mengganggu dalam proses teknik otomotif.
- Peningkatan pesat dalam pengembangan berbasis model, berhubungan dengan kemampuan untuk mentransfer hasil simulasi menjadi kenyataan, dipandang penting untuk mengembangkan produk canggih dengan cepat.



WP 2 – Persyaratan Keterampilan Teknis dan Interdisipliner (3)



- Evolusi Industri 4.0 (otomatisasi dan pertukaran data dalam teknologi manufaktur) dan meningkatnya ketersediaan data besar, memungkinkan pengembangan model prediktif, menantang komunitas teknik otomotif untuk membangun kompetensi dalam mengumpulkan, menganalisis dan bekerja dengan volume besar data yang dihasilkan oleh mesin dan proses.
- Insinyur yang memahami dan berpikir dalam hal proses, bukan spesialis silo, diminta untuk memenuhi tantangan ini.
- Oleh karena itu disarankan bahwa spesies teknik baru dari 'ilmuwan data' yang ahli dalam menganalisis data yang kompleks, akan berkolaborasi dengan para ahli proses untuk dengan cepat membuat prediksi yang dapat diandalkan.



WP 2 – Persyaratan Keterampilan Teknis dan Interdisipliner (4)

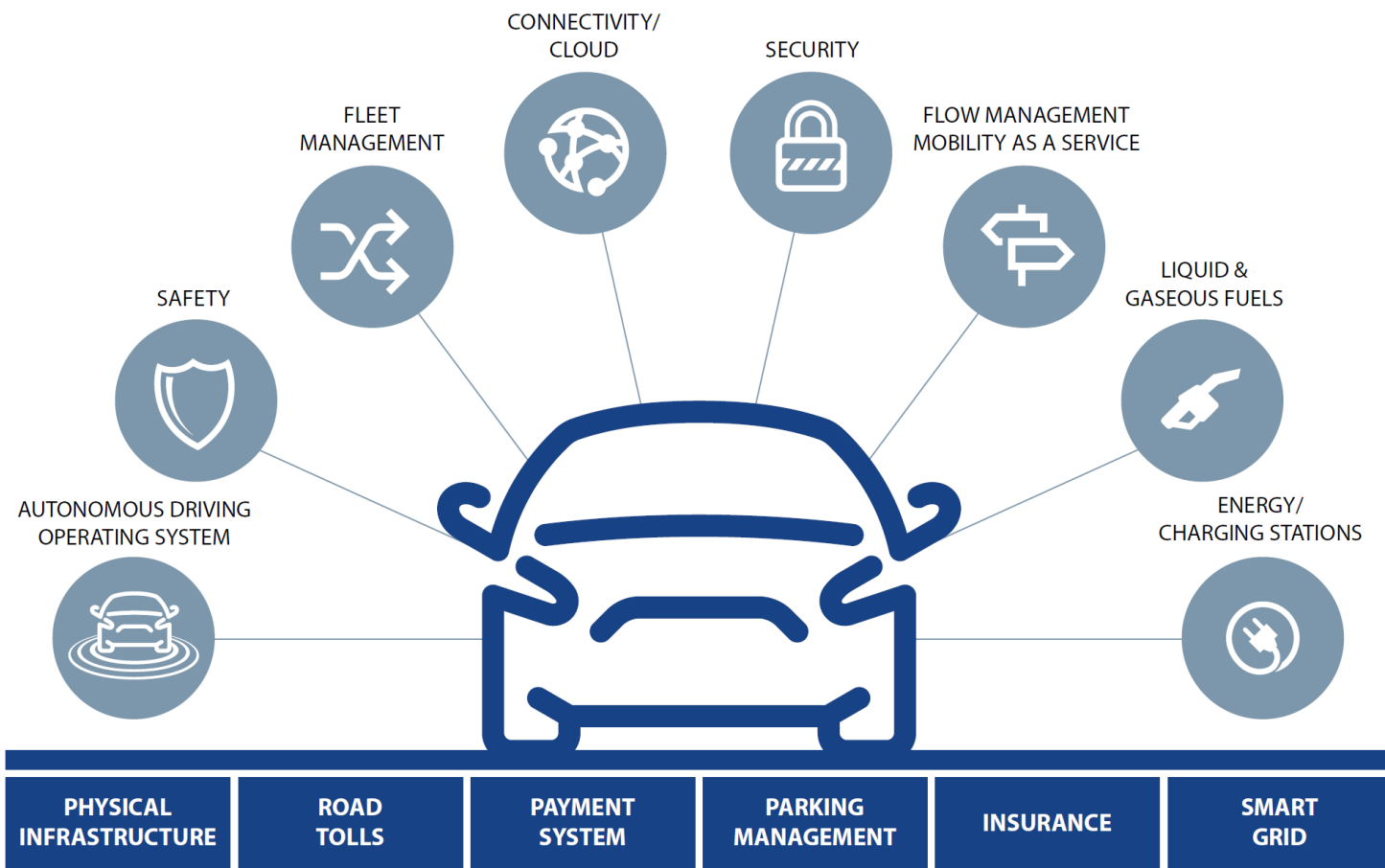


- Mengingat meningkatnya peran simulasi dan tren menuju Teknik/rekayasa jarak jauh, kontributor industri juga menyoroti meningkatnya kebutuhan akan keahlian dalam 'manufacturability'.
- Kemampuan untuk mengenali faktor-faktor kunci yang berdampak pada proses manufaktur awal dalam proses desain adalah dengan terus menjadi aset penting bagi para insinyur, karena siklus pengembangan menjadi lebih pendek dan produk menjadi semakin kompleks.
- Dalam konteks ini, pengetahuan rinci tentang proses manufaktur yang tepat, teknik dan alat akan sangat penting.



WP 2 – Persyaratan Keterampilan Teknis dan Interdisipliner (5)

Lingkungan sekitar industri otomotif / mobilitas masa depan



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Proyek, Manajemen Proses dan Persyaratan Soft Skill (1)



- Ketika mobil berkembang dan menggabungkan lebih banyak perangkat elektronik konsumen dengan penekanan pengembangan pada pengalaman di dalam mobil, insinyur tradisional harus benar-benar juga memberikan kemampuan 'non-teknik' lainnya, seperti pengetahuan dalam tren pasar dan sosial, dalam pengalaman pengguna dan faktor manusia.
- Dengan teknologi yang berkembang lebih cepat dan lebih cepat, perusahaan menekankan perlunya pemikiran visioner dan sikap out-of-the-box untuk menemukan solusi inovatif dan kreatif dengan cepat.
- Dalam lingkungan global yang semakin terhubung, berbagi kerja dalam jaringan R &D di seluruh dunia diperlukan, dengan perusahaan mengharapkan insinyur memiliki keterampilan manajemen proyek yang kuat dan fleksibilitas untuk bekerja di lokasi yang berbeda pada proyek yang berbeda.



WP 2 – Proyek, Manajemen Proses dan Persyaratan Soft Skill (2)



- Dalam konteks ini, keterampilan komunikasi dianggap sebagai persyaratan yang semakin penting.
- Misalnya, insinyur memerlukan keterampilan presentasi di lingkungan virtual untuk kerja tim kolaboratif, ulasan proyek, pelaporan dan kegiatan berbasis tim virtual dan aktual lainnya.
- Insinyur juga membutuhkan peningkatan kemampuan co-designing di lingkungan tim virtual, sambil berkolaborasi dengan rekan-rekan di lokasi terpencil.
- Soft skill, seperti kompetensi sosial / budaya, apresiasi terhadap keragaman, dan keterampilan bahasa, semuanya akan mendukung insinyur masa depan yang sukses.



WP 2 – Proyek, Manajemen Proses dan Persyaratan Soft Skill (3)



- Di masa depan, para insinyur akan bekerja di lingkungan yang lebih gesit dan lintas fungsional daripada saat ini, yang berarti perusahaan akan semakin menghargai keterbukaan pikiran dan rasa ingin tahu akan cara-cara baru untuk berkolaborasi dalam struktur organisasi baru dan model kerja berbasis tim baru.
- Bekerja di 'swarm organizations' kemungkinan akan menjadi bagian dari rutinitas sehari-hari, gaya baru disiplin kerja yang dianggap sebagai keterampilan manajemen yang penting dan progresif.



WP 2 – Proyek, Manajemen Proses dan Persyaratan Soft Skill (4)



- Pengetahuan dan fleksibilitas interdisipliner yang lebih luas dipandang sebagai bahan utama dari keahlian insinyur masa depan.
- Insinyur 'ideal' akan dapat mengadopsi pengetahuan baru dan memahami teknologi baru dengan cepat dan dapat mengembangkan solusi non-standar.
- Dalam konteks perubahan cepat dalam teknologi, persyaratan hukum dan peraturan, undang-undang emisi, pelanggan dan kebutuhan yang berbeda, dikombinasikan dengan tren dan kompleksitas sosial internasional, para insinyur harus mampu berkolaborasi dengan beberapa kelompok rekan dari berbagai disiplin ilmu teknik, dan bekerja dalam tim lintas fungsional, sambil menerapkan alat virtual di berbagai lokasi kerja.



WP 2 – Paradigma Baru



- Rekayasa mobilitas, lebih dari banyak profesi lainnya, ada dalam keadaan fluks antara bentuk teknik tradisional dan dipahami dan yang belum sepenuhnya didirikan dalam lingkungan yang berubah.
- Spesialis vs generalis, mekanik vs elektronik, perangkat keras vs perangkat lunak, gangguan vs penyempurnaan, kompleksitas vs kesederhanaan, eksklusivitas vs produksi massal, manual vs otomatis, untuk merujuk hanya beberapa faktor.
- Akibatnya, siswa potensial dapat mengalami lingkungan yang kompleks dan menantang.
- Hal ini dapat dimengerti dan oleh karena itu pengiriman kejelasan jangka pendek dan kurikulum yang dapat dicapai dan menarik adalah penting. Namun, komunitas akademik harus mempertimbangkan dua pergeseran paradigma untuk mempersiapkan siswa untuk berkarir di bidang teknik mobilitas:



WP 2 – Paradigma 1



Paradigma 1:

Menjadi dipertanyakan apakah dapat dicapai untuk mencoba mengajar mata pelajaran paling penting yang terkait dengan 'mobilitas' dalam satu kurikulum tunggal.

Meskipun mungkin ada kesempatan untuk mendidik seorang generalis dengan pengetahuan dangkal di bidang yang relevan, akan sulit untuk mencapai tingkat pengetahuan yang diperlukan untuk ahli dalam teknik mesin, listrik dan perangkat lunak dalam satu pendidikan tunggal, karena para ahli akan diperlukan untuk beroperasi dengan standar kompetensi yang tinggi di berbagai disiplin ilmu.



WP 2 – Paradigma 2



Paradigma 2:

Konsep pendidikan universitas mempersiapkan insinyur selama bertahun-tahun sukses dalam profesi mereka . Insinyur yang dididik pada 1980-an dan 1990-an tidak akan memiliki basis pengetahuan untuk memenuhi persyaratan teknik mobilitas masa depan, tanpa beberapa bentuk pengembangan pribadi lebih lanjut. Oleh karena itu, hal yang sama akan berlaku untuk insinyur hari ini pada tahun 2030 dan seterusnya.

Tidak ada alasan untuk percaya bahwa pendidikan apa pun dapat bertahan cukup lama untuk membawa seseorang melalui seluruh kehidupan profesional mereka, pengembangan profesional yang berkelanjutan adalah kunci relevansi teknis yang berkelanjutan dari seorang insinyur sepanjang karier. Investasi dalam 'pembelajaran karir' akan menjadi pendekatan positif untuk semua fondasi teknik yang perlu diletakkan di universitas.



WP 2 – Pendekatan Amsterdam



Komunitas Amsterdam sekarang telah secara definitif menempatkan Rencana Aksi untuk Udara Bersih, yang disajikan pada Mei 2019. Tujuannya adalah bahwa, pada tahun 2030, tidak akan ada lagi transportasi di daerah kota berdasarkan bahan bakar fosil.

Prosedur regulasi untuk wilayah kota:

2020 larangan mengemudi untuk semua kendaraan lebih buruk Euro 4

2022 bus lokal dan bus perjalanan harus memiliki drivetrains bebas emisi lokal

2022 larangan mengemudi untuk semua kendaraan tugas berat lebih buruk Euro 6

2025 larangan mengemudi untuk lalu lintas komersial (pajak, lalu lintas pengiriman, pengrajin, barang) dengan pembawa energi fosil

2025 larangan mengemudi dari kendaraan roda dua dengan mesin pembakaran

2025 larangan kapal pulang pergi dan kapal rekreasi dengan sumber energi fosil

2030 larangan kendaraan pribadi dengan sumber energi fosil



WP 2 – gambaran umum pelatihan



- Tanya Jawab, 2 pertanyaan



WP 2 - Pembakaran Tetap Menjadi Bagian Penting dari Mobilitas



- Mesin pembakaran akan terus digunakan di masa depan. Masih ada potensi yang sangat tinggi dalam peningkatan efisiensi untuk misalnya VCR, CAI, VVT, HPI.
- Sejauh mana synthetic fuels and e-fuels dapat berkontribusi pada propulsi bebas emisi akan dibahas sepanjang pelatihan.
- Bahkan jika perkembangan paralel terjadi, saya tidak melihat bahan bakar sintetis di pasar selama lima tahun ke depan.
- Dibandingkan dengan kendaraan baterai murni, bahan bakar sintetis ini sebenarnya jelas dirugikan dalam hal efisiensi dan biaya.
- Belum ada alternatif untuk mesin pembakaran internal di kendaraan komersial, pengiriman atau sektor pesawat terbang, misalnya. Mobilitas masa depan yang berkelanjutan harus bergantung pada analisis siklus untuk solusi bersama yang terintegrasi.



WP 2 - Pembakaran Tetap Menjadi Bagian Penting dari Mobilitas



- Tujuan utamanya adalah untuk menyajikan perhitungan biaya-manfaat untuk berbagai jenis drive di dunia energi berbasis listrik pada tahun 2050 berdasarkan berbagai skenario.
- Dibandingkan dengan kendaraan sel bahan bakar dan kendaraan yang didukung oleh bahan bakar sintetis dengan mesin pembakaran, BEV sangat efisien.
- Namun, ada juga kerugian: di satu sisi, infrastruktur yang sangat mahal yang diperlukan untuk menahan energi (hidrogen), dan di sisi lain, biaya kendaraan yang sangat tinggi (baterai).
- "Biaya untuk BEV dan Fuel Cell sangat tinggi."
- Oleh karena itu, fiksasi pada mobil listrik bukanlah yang terbaik.
- **"Pembakaran tetap menjadi bagian penting dari mobilitas."**



WP 2 – gambaran umum pelatihan



- **Asia Tenggara Temukan Mobilitas Elektro (20 menit)**



WP 2 – Asia Tenggara Temukan Mobilitas Elektro



- Elektromobilitas sekarang juga menjadi masalah di negara-negara Asia Tenggara (ASEAN).
- Sementara fokus di masa lalu terutama pada China di bidang e-mobilitas, negara-negara ASEAN yang akan datang sekarang semakin beralih ke fokus industri otomotif Jerman.

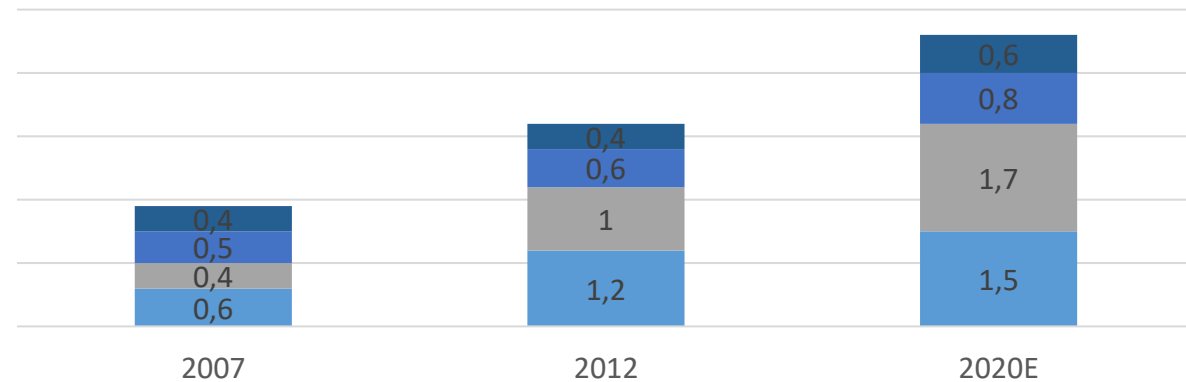


WP 2 – Asia Tenggara Temukan Mobilitas Elektro



Pasar otomotif global sedang berkembang dan akan bergeser dari negara-negara BRICS (Brasil, Rusia, India, Cina dan Afrika Selatan), Amerika Serikat dan Eropa, ke negara-negara yang disebut "Beyond BRICS", yang meliputi negara-negara ASEAN (Thailand, Indonesia, Malaysia, dll.).

New car sales in million units



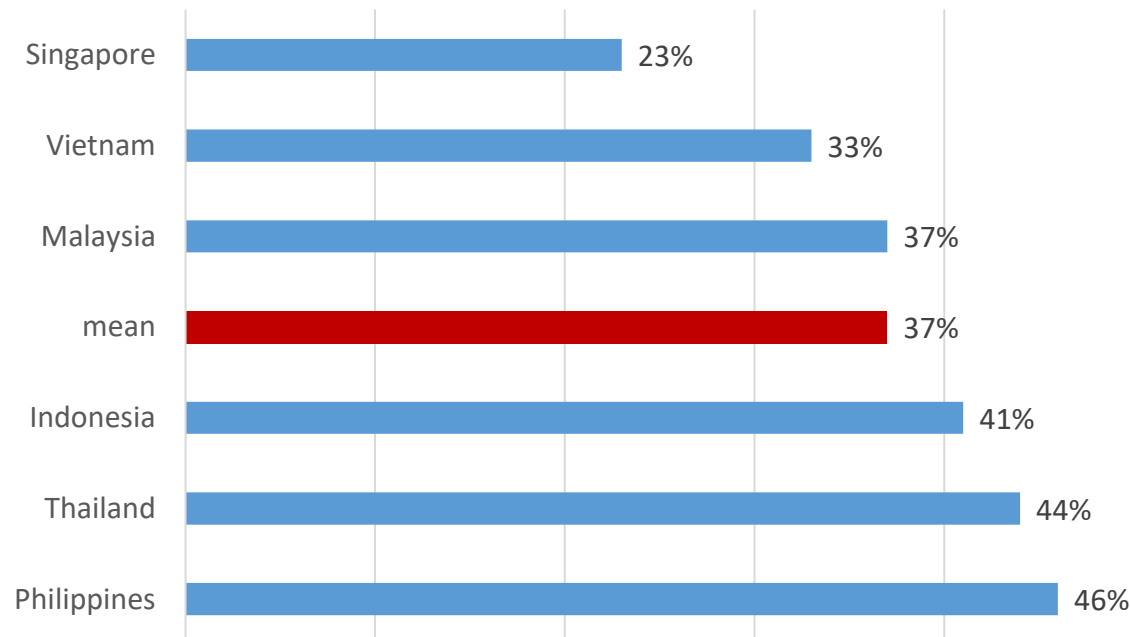
- Tier 2: Brunei, Kambodscha, Laos, Myanmar, Philippinen, Singapur, Vietnam
- malaysia
- Indonesia
- Thailand

Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

WP 2 – Asia Tenggara Temukan Mobilitas Elektro



Lebih dari satu dari tiga orang di kawasan ASEAN akan bersedia membeli mobil bertenaga baterai, karena grafik dari laporan negara-negara ASEAN berani menggunakan mobilitas listrik. Responden di Filipina, Thailand dan Indonesia menunjukkan minat terbesar.



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

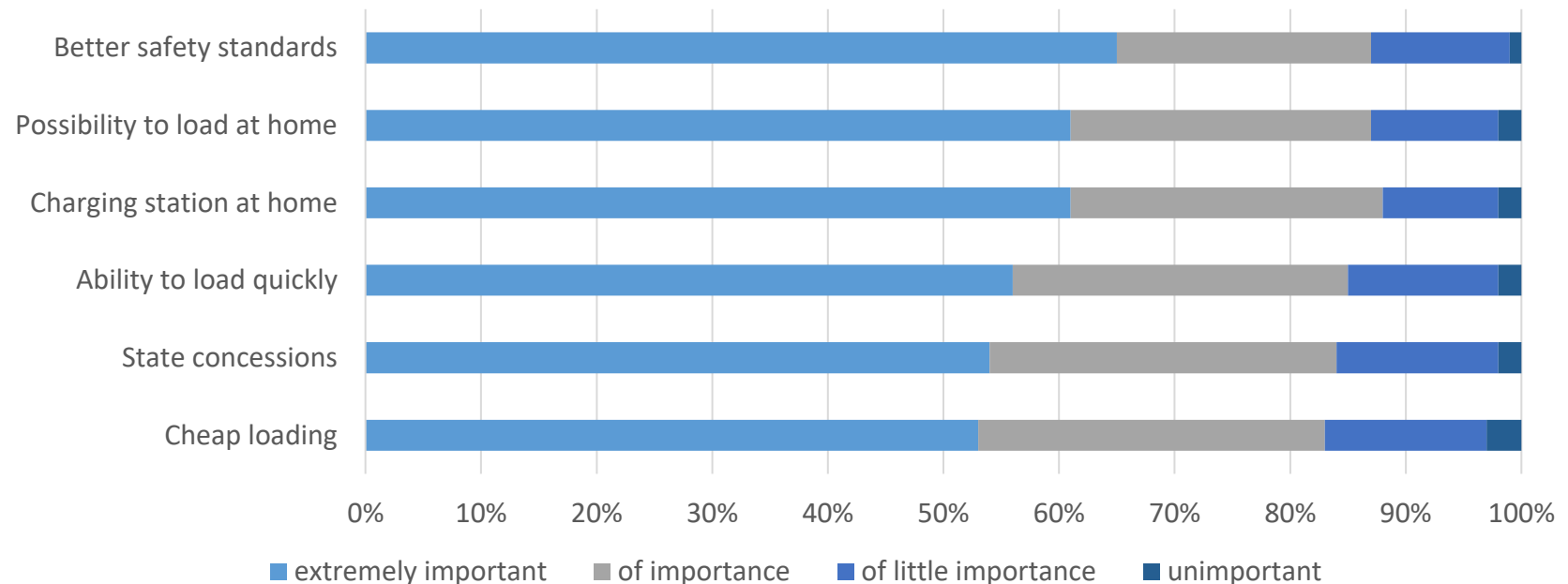


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

WP 2 - Asia Tenggara Temukan Mobilitas Elektro



Bertentangan dengan kepercayaan yang beredar bahwa tingginya biaya membeli mobil listrik adalah hambatan, grafik menunjukkan bahwa masalah keamanan dan pengisian daya sangat dihargai oleh pelanggan. Bahkan, pelanggan ASEAN bersedia membayar hingga 50 persen lebih banyak untuk kendaraan listrik daripada mobil konvensional.



Own material
Creative Commons (CC)
✓ Content allowed for educational purposes
License / written approval of the owner

References (1)



1. FEV Study, 2018, Electrification and its Impact on the Machinery Industry and Component Suppliers, <http://magazine.fev.com/en/fev-study/>
2. WKM, 2017, Die Zukunft des Verbrennungsmotors / Bewertung der dieselmotorischen Situation, <https://www.wkm-ev.de/de/aktuelles/21-statement-die-zukunft-des-verbrennungsmotors-bewertung-der-dieselmotorischen-situation.html>
3. Wikipedia, 2019, Phase-out of fossil fuel vehicles, https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-out_of_fossil_fuel_vehicles
4. Statistisches Bundesamt, 2019, Beschäftigte in der deutschen Automobilindustrie in den Jahren 2005 bis 2018, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/30703/umfrage/beschaefigtetenzahl-in-der-automobilindustrie/>



References (2)



5. S. Pischinger, Internal Combustion Engines, RWTH Aachen University, lecture book, 2018
6. J. Heywood, Internal Combustion Engines Fundamentals, McGrawHill, 1988
7. Mobility Engineer 2030 FISITA White Paper, 2018
8. ASEAN/BCG 2019: Beyond BRIC - Winning the Rising Auto Markets, https://www.springerprofessional.de/elektromobilitaet/unternehmen---institutionen/suedostasien-entdeckt-die-elektromobilitaet/16404848?wt_eCircle_oad=56142&wt_eCircle_nwsl=17755&wt_eCircle_u=19185929982&wt_mc=nl.red.automobil-motoren.1901046181.x





Engineering Knowledge Transfer Units to Increase Student's Employability and Regional Development



<https://www.facebook.com/unitederasmus/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP



Engineering Knowledge Transfer Units to Increase
Student's Employability and Regional Development

Modul 2: Dari ICE ke Powertrain Alternatif

PhD, Assoc. prof., Sanjarbek Ruzimov
sanjarbek.ruzimov@polito.it



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP

Tentang kota Turin



- Terletak di Italia Utara, Dekat Pegunungan Alpen, Wilayah Piedmont
- 880.000 penduduk
- Perusahaan otomotif yang berbasis di Turin:
 - Abarth
 - FCA
 - Grup Bertone
 - Sistem Propulsi Global GM
 - Italdesign Giugiaro
 - Iveco (Penyewaan Mobil)
 - Pertanian Belanda Baru
 - Pininfarina (Pininfarina)



Mole Antonelliana



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Tentang Politecnico di Torino



Regio Politecnico di Torino (Royal Turin Polytechnic) didirikan sebagai institusi pada tahun 1906, tetapi asal-usulnya kembali lebih jauh. Ini didahului oleh Scuola di Applicazione per gli Ingegneri (Sekolah Teknik untuk Insinyur) yang didirikan pada tahun 1859.

Siswa (A.Y. 2017/2018)

35.000 siswa yang terdaftar dalam program gelar Sarjana dan Master

684 kandidat PhD - A.Y. 2018/2019

68% siswa dari luar Piedmont (52% orang Italia dari luar Piedmont, 16% orang asing)

Lulusan 2018

6.691 lulusan

3.495 lulusan gelar Sarjana - Usia rata-rata: 23,7

3.196 lulusan gelar Master - Usia rata-rata: 26,2

Tingkat pekerjaan lulusan Master satu tahun setelah lulus (Almalaurea 2019): 88,6% (rata-rata Italia 73%)

Katalog kursus (A.Y. 2018/2019)

22 Program gelar Sarjana (3 dalam Arsitektur dan 19 di bidang Teknik)

28 Program gelar Master (5 dalam Arsitektur dan 23 di bidang Teknik)

16 Program PhD

**Teknik otomotif
saja:**

567 siswa BS

434 mahasiswa MS



Penjelasan Universitas



Mirafiori



Kampus utama



Kastil Valentino
Warisan Dunia UNESCO

Universitas Politeknik Turin di Tashkent



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Verres campus



Tentang Politecnico: Departemen



- **11 Departments:**

- **DAD - Department of Architecture and Design**(Departemen Arsitektur dan Desain)
- **DAUIN - Department of Control and Computer Engineering**(Departemen Kontrol dan Teknik Komputer)
- **DENERG - Department of Energy**(Departemen Energi)
- **DET - Department of Electronics and Telecommunications**(Departemen Elektronika dan Telekomunikasi)
- **DIATI - Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering**(Departemen Teknik Lingkungan, Pertanahan dan Infrastruktur)
- **DIGEP - Department of Management and Production Engineering**(Departemen Manajemen dan Teknik Produksi)
- **DIMEAS - Department of Mechanical and Aerospace Engineering**(Departemen Teknik Mesin dan Kedirgantaraan)
- **DISAT - Department of Applied Science and Technology**(Departemen Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Terapan)
- **DISEG - Department of Structural, Geotechnical and Building Engineering**(Departemen Teknik Struktural, Geoteknik dan Bangunan)
- **DISMA - Department of Mathematical Sciences**(Departemen Ilmu Matematika)
- **DIST - Interuniversity Department of Regional and Urban Studies and Planning**(Departemen Antar-universitas Studi dan Perencanaan Regional dan Perkotaan)



Tentang Politecnico Antardepartemen Pusat



- **CARS@PoliTO - Center for Automotive Research and Sustainable Mobility**(Pusat Penelitian Otomotif dan Mobilitas Berkelanjutan)
- CWC - CleanWaterCenter@PoliTo(Pusat Air Bersih)
- Ec-L - Energy Center Lab(Laboratorium Pusat Energi)
- FULL - Future Urban Legacy Lab(Lab Warisan Perkotaan Masa Depan)
- IAM@PoliTo - Integrated Addtive Manufacturing(Manufaktur Addtive Terintegrasi)
- J-Tech@PoliTo
- **PEIC - Power Electronics Innovation Center**(Pusat Inovasi Elektronika Daya)
- PhotoNext - PoliTO Interdepartmental Centre for Applied Photonics(PoliTO Pusat Antardepartemen untuk Fotonik Terapan)
- **PIC4SeR - PoliTO Interdepartmental Centre for Service Robotics**(Pusat Interdepartemen PoliTO untuk Robotika Layanan)
- PolitoBIOMed Lab - Biomedical Engineering Lab(Laboratorium Teknik Biomedis)
- R3C - Responsible Risk Resilience Centre(Pusat Ketahanan Risiko yang Bertanggung Jawab)
- SISCON - Safety of Infrastructures and Constructions(Keselamatan Infrastruktur dan Konstruksi)
- SmartData@PoliTO - Big Data and Data Science Laboratory(Laboratorium Big Data dan Ilmu Data)



LIM - Laboratorium Mekatronika



- LIM - Laboratorium Interdisipliner Mekatronika
- Didirikan pada tahun 1993 sebagai "usaha patungan" oleh sejumlah orang dari Departemen Kontrol dan Ilmu Komputer (DAUIN), Elektronika dan Telekomunikasi (DET) dan Departemen Teknik Mesin dan Kedirgantaraan (DIMEAS) politecnico di Torino.
- <http://www.lim.polito.it/>
- Bidang penelitian:

<u>Automotive</u>	<u>Mobile Robotics and Unmanned Vehicles</u>
<u>Control Units for Mechatronic Applications</u>	<u>Power Actuation</u>
<u>Energy</u>	<u>Rotodynamics</u>
<u>Magnetic Suspension</u>	<u>Vibration Control</u>
<u>Mechatronic Systems for Mountain Safety</u>	



CV pendek



- 1998-2004, gelar MS di AE dari Tashkent Automotive & Road Construction Institute (Institut Konstruksi Otomotif & Jalan Tashkent)
- 2004-2007, gelar PhD, Tashkent Automotive & Road Construction Institute (Institut Konstruksi Otomotif & Jalan Tashkent)
- 2007-2010, Peneliti, Tashkent Automotive & Road Construction Institut (Institut Konstruksi Otomotif dan Jalan Tashkent)
- 2010-2013, gelar PhD dalam Mekatronika dari Politecnico di Torino
- 2013 - sekarang, Peneliti di DIMEAS, Politecnico di Torino
- 2018 - sekarang, Associate professor, Turin Polytechnic University di Tashkent (Asosiasi Profesor, Universitas Politeknik Turin di Tashkent)
- Kursus: Desain mesin, Desain Kendaraan Bermotor, Pemodelan dan Simulasi untuk Desain Komponen Kendaraan
- Penelitian: Kendaraan Listrik Hibrida, Sistem Mekatronika Otomotif untuk Pengurangan Konsumsi Energi, Dinamika Kendaraan



Agenda

- Analisis 'Well-to-wheel' /Baik untuk Distribusi
- Kontrol polusi emisi dan gas rumah kaca
- Jenis utama emisi, sumber dan proses pembentukannya
- Dampak lingkungan dari emisi gas buang dari mesin IC
- Peraturan untuk membatasi polutan dan emisi CO2
- Simulasi pembakaran
- Diagnostik pembakaran
- Model simulasi kecepatan pembakaran di mesin diesel / SI



Materi kursus



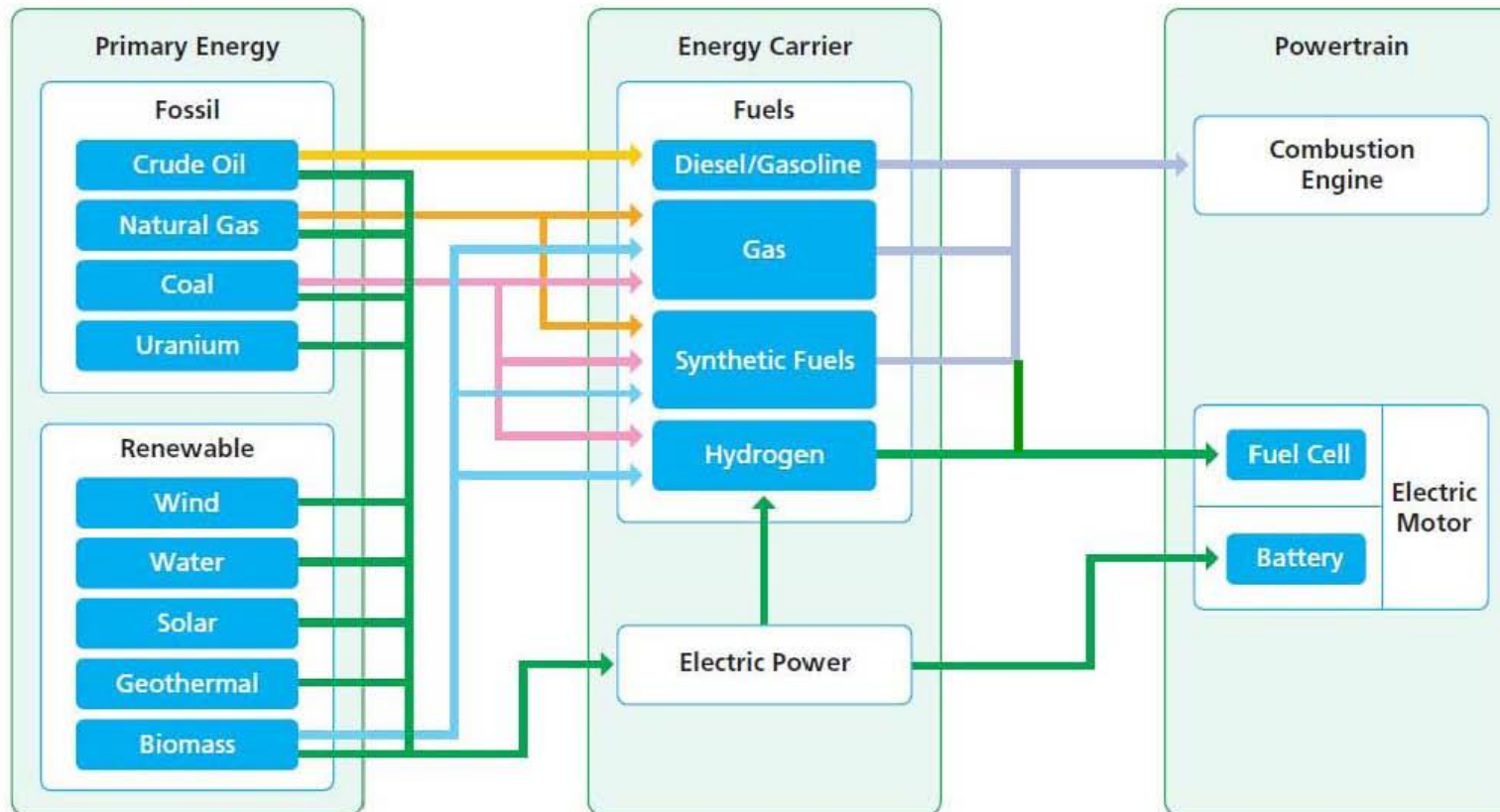
- Materi kursus berdasarkan kursus berikut:
- Mesin pembakaran dan aplikasinya untuk kendaraan, D'AMBROSIO STEFANO
- Mesin Termal, BARATTA MIRKO
- Dasar-dasar mesin dan cairan termal dan hidrolik, FINESSO ROBERTO
- Sistem transportasi berkelanjutan: masalah energi dan lingkungan, SPESSA EZIO



Analisis 'Well-to-wheel'/Baik untuk distribusi

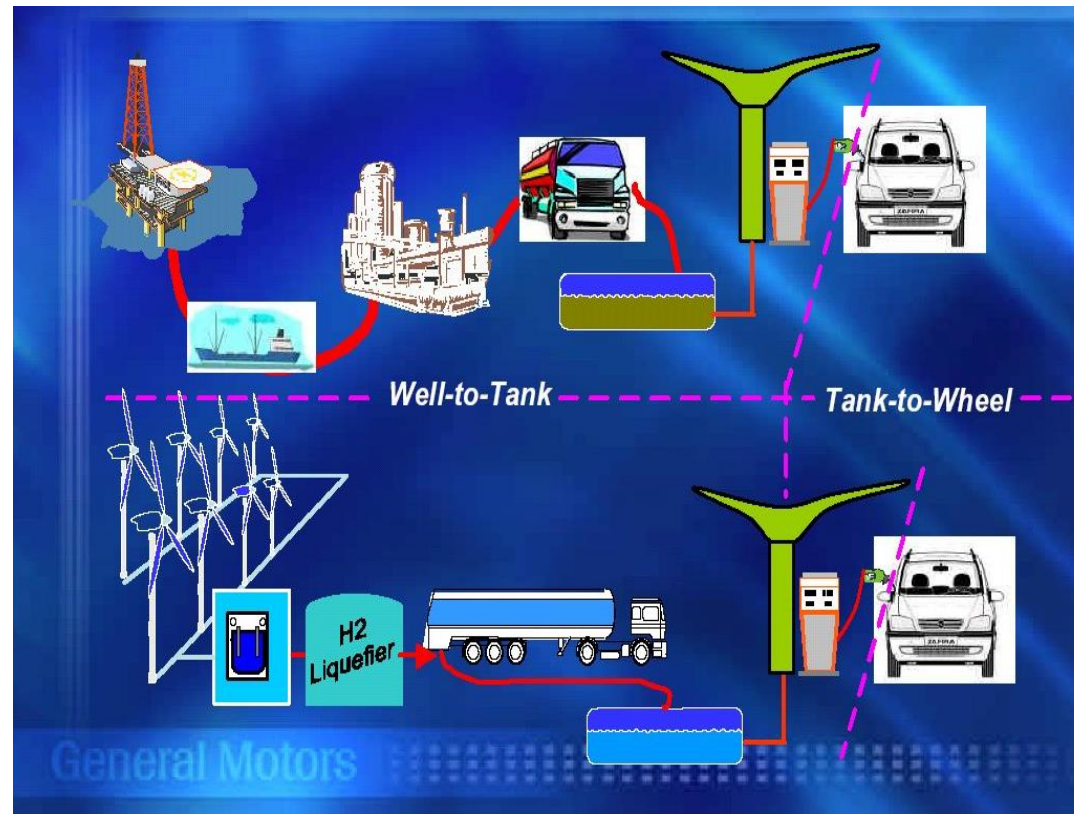
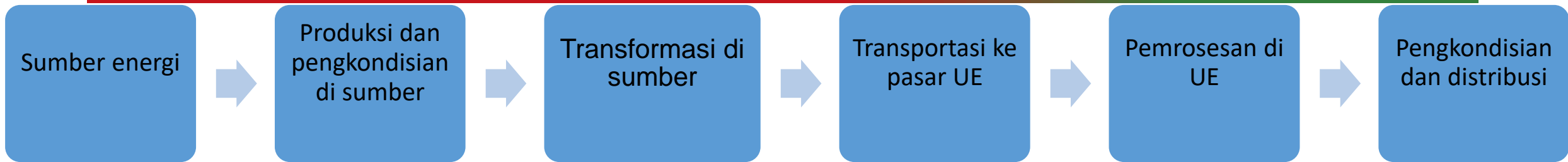


Jalur Energi untuk bahan bakar



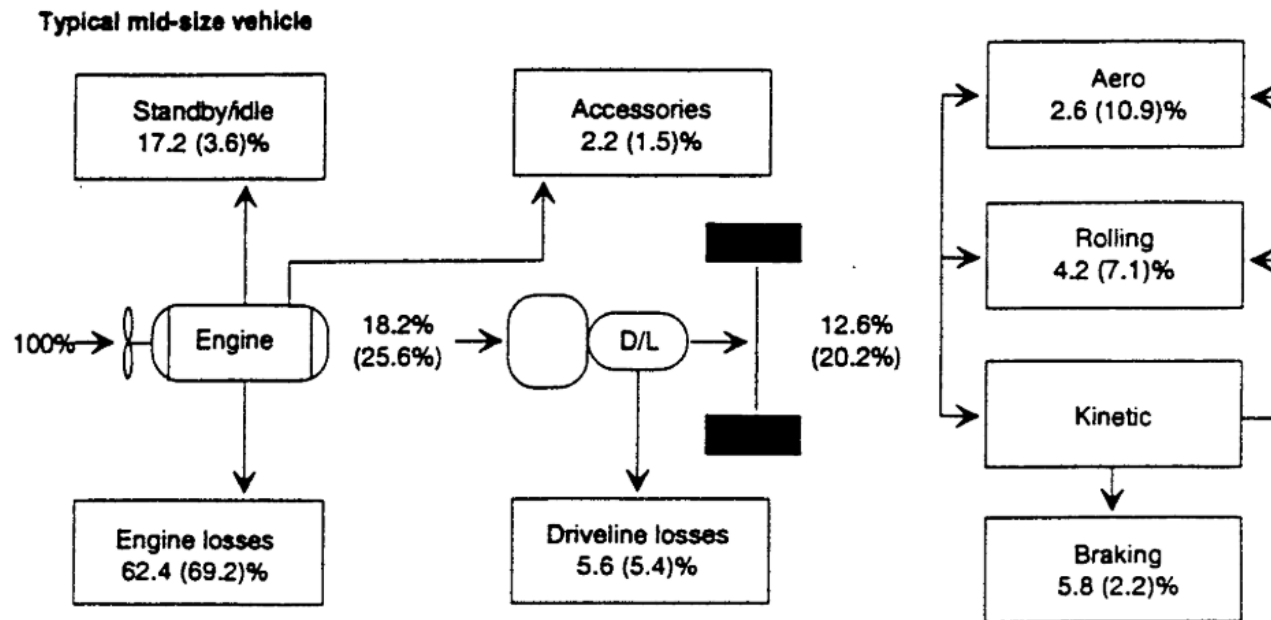
Sumber: <https://www.ertrac.org/>

Analisis Well-to-Tank (WTT)



Sumber: General Motors

Analisis Tank-To-Wheel (TTW)



NOTE: Numbers indicate urban energy distribution. Numbers in parentheses indicate highway energy distribution.
SOURCE: Partnership for a New Generation of Vehicles.

Analisis Tank-To-Wheel TTW

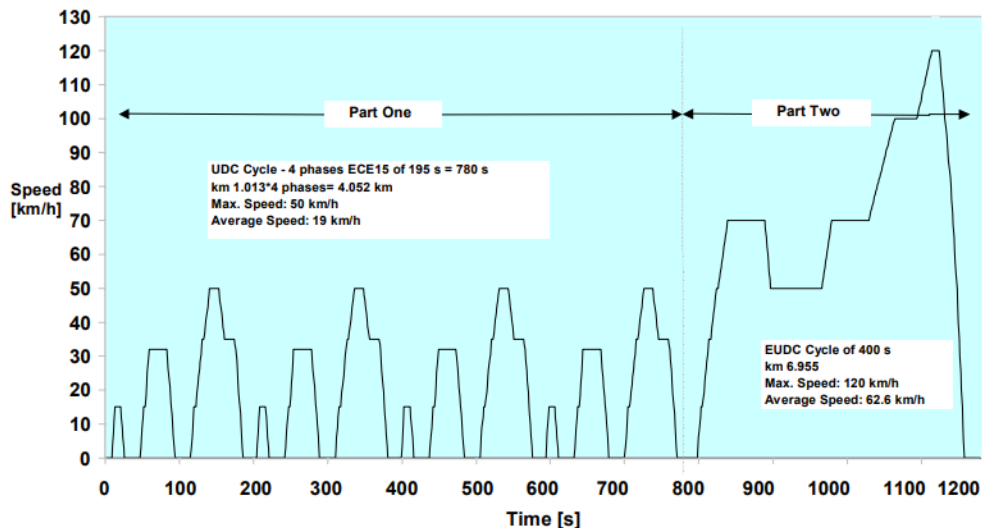


Time lag for 0-50 km/h	s	<4
Time lag for 0-100 km/h	s	<13
Time lag for 80-120 km/h in 4 th gear	s	<13
Time lag for 80-120 km/h in 5 th gear	s	-
Gradability at 1 km/h	%	>30
Top speed	km/h	>180
Acceleration	m/s ²	>4.5
Range ⁽¹⁾	km	>600

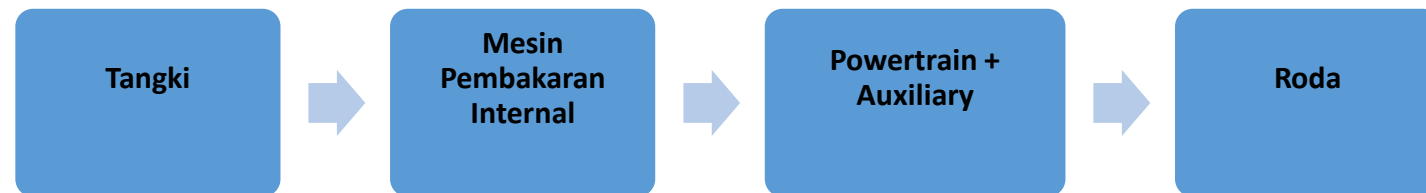
⁽¹⁾ Where applicable 20 km ZEV range

VW Golf

Curb weight	kg	1181
Weight class	kg	1250
Drag coefficient	-	0.321
Vehicle front area	m ²	2.1
Tyre radius	m ²	0.309
Tyre inertia	kg.m ²	0.7
Engine displacement	l	1.6
Engine inertia	kg.m ²	0.125
Efficiency differential + gear		0.9
Transmission ratio of differential gear		4.25
Transmission ratio 1 st to 5 th gear		3.455/1.944/1.370/1.032/0.850



Hasil simulasi dengan AVL ADVISOR



Sumber: Edwards

Well-To-Wheel (WTW)



$$\text{Energi WTW [MJ/100km]} = (1 + \text{energi WTT [MJ}_{\text{ex}}/\text{MJf}]) \times \text{energi TTW [MJf/100km]}$$

Total energi yang dibutuhkan untuk mengemudi (WTT + TTW) kendaraan lebih dari 100 km pada siklus NEDC (terlepas dari asal bahan bakar)

MJ_{f} – Energy contained in the fuel

MJ_{ex} – External energy spent to produce 1MJ

$$\begin{aligned} \text{WTW GRK [gCO}_2\text{eq/km]} &= \text{TTW GRK [gCO}_2\text{eq/km]} + \\ &+ \text{Energi TTW [MJf /100 km]}/100 \times \text{WTT GRK [gCO}_2\text{eq/ MJf]} \end{aligned}$$

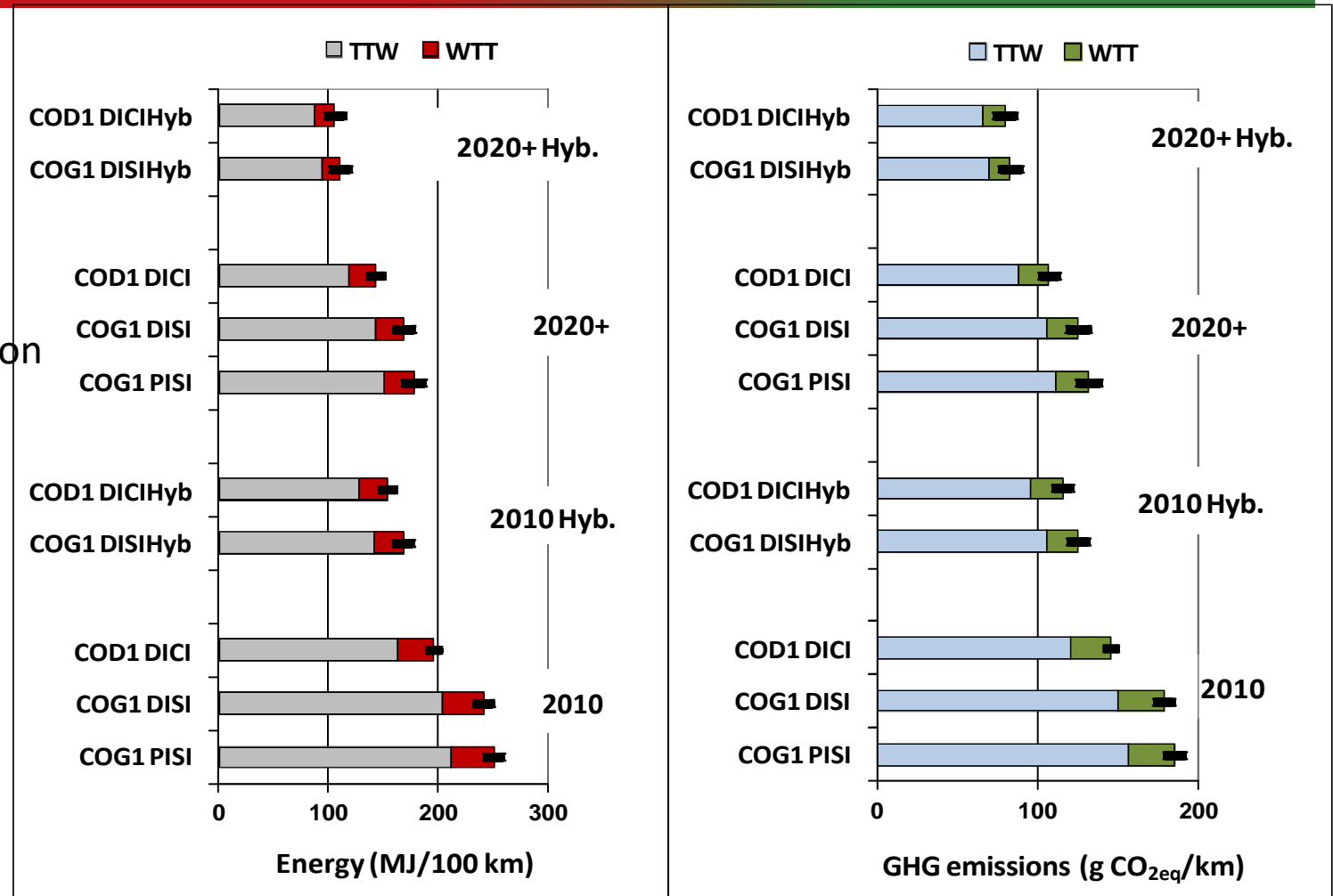
$$\text{Setara CO}_2 = \text{emisi CO}_2 + 21 \cdot \text{CH}_4 + 310 \cdot \text{N}_2\text{O}$$



Bahan bakar konvensional WTW = TTW + WTT



- PISI – Port Injection Spark Ignition (Pengapian Percikan Injeksi Port)
- DISI – Direct Injection Spark Ignition (Pengapian Percikan Injeksi Langsung)
- DICl – Direct Injection Compression Ignition (Pengapian Kompresi Injeksi Langsung)
- Hybr. – Hybrid (Hibrida)
- COG1 – Conventional Gasoline (Bensin Konvensional)
- COD1 – Conventional Diesel (Diesel Konvensional)



Pembakaran bahan bakar dan polusi udara



- Pembakaran bahan bakar hidrokarbon menghilangkan O₂ dari atmosfer dan melepaskan jumlah H₂O dan CO₂ yang setara selalu dengan jumlah jejak banyak senyawa lain termasuk hidrokarbon (CH₄, C₂H₂, C₂H₆, C₂H₈, C₆H₆, CH₂, CHO, dll.), Karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO, N₂O) dan nitrogen berkurang (NH₃ dan HCN), gas sulfur (SO₂, OCS, CS₂), halokarbon (CHCl dan CH₃Br), dan partikel.
- Pembakaran jelas bertanggung jawab atas sebagian besar efek rumah kaca yang ditingkatkan (melalui CO₂, 3 stratosfer, jelaga).
- Definisi polusi adalah "pengenalan oleh manusia ke dalam lingkungan zat atau energi yang bertanggung jawab untuk menyebabkan bahaya bagi kesehatan manusia, membahayakan sumber daya hidup dan sistem ekologi, kerusakan struktur atau kemudahan, atau gangguan dengan penggunaan lingkungan yang sah". Polutan udara adalah gas atau partikulat dalam bentuk.
- Semua peristiwa polusi memiliki karakteristik tertentu yang sama, dan semua melibatkan:
 - polutan (emisi),
 - sumber polutan (seperti pembakaran),
 - media transportasi (udara, air atau tanah),
 - target (organisme), ekosistem atau item properti yang dipengaruhi oleh polutan.
 -

Jenis utama emisi, sumber dan proses pembentukannya (1)



- Polutan primer adalah yang dipancarkan secara langsung sebagai akibat dari aktivitas manusia atau proses alami, sementara polutan sekunder diciptakan dari polutan primer, sinar matahari dan komponen di atmosfer bereaksi satu sama lain.
- Polutan udara utama dari sistem pembakaran adalah:
- dihasilkan oleh proses pembakaran yang tidak lengkap dan tidak ideal: karbon monoksida (CO), hidrokarbon yang tidak terbakar (HC), nitrogen oksida (NO_x), partikel (PM)
- berasal dari aditif atau spesies kimia lainnya yang ada dalam bahan bakar: gas sulfur (SO_x), senyawa logam (seperti garam Pb dalam bahan bakar bensin lama)
- berasal dari minyak pelumas (aerosol oli pelumas) atau bahan yang berasal dari keausan komponen mesin.
- Emisi non-pembakaran juga relevan. Mereka terdiri dari emisi proses dalam industri dan emisi yang tidak habis-habisnya dalam transportasi.
- Emisi non-gas buang sangat signifikan dalam transportasi, yang berkaitan dengan emisi dari abrasi dan korosi bagian kendaraan (misalnya ban, rem) dan permukaan jalan, dan (dalam banyak kasus) masih relevan untuk kendaraan yang tidak memiliki emisi gas buang.

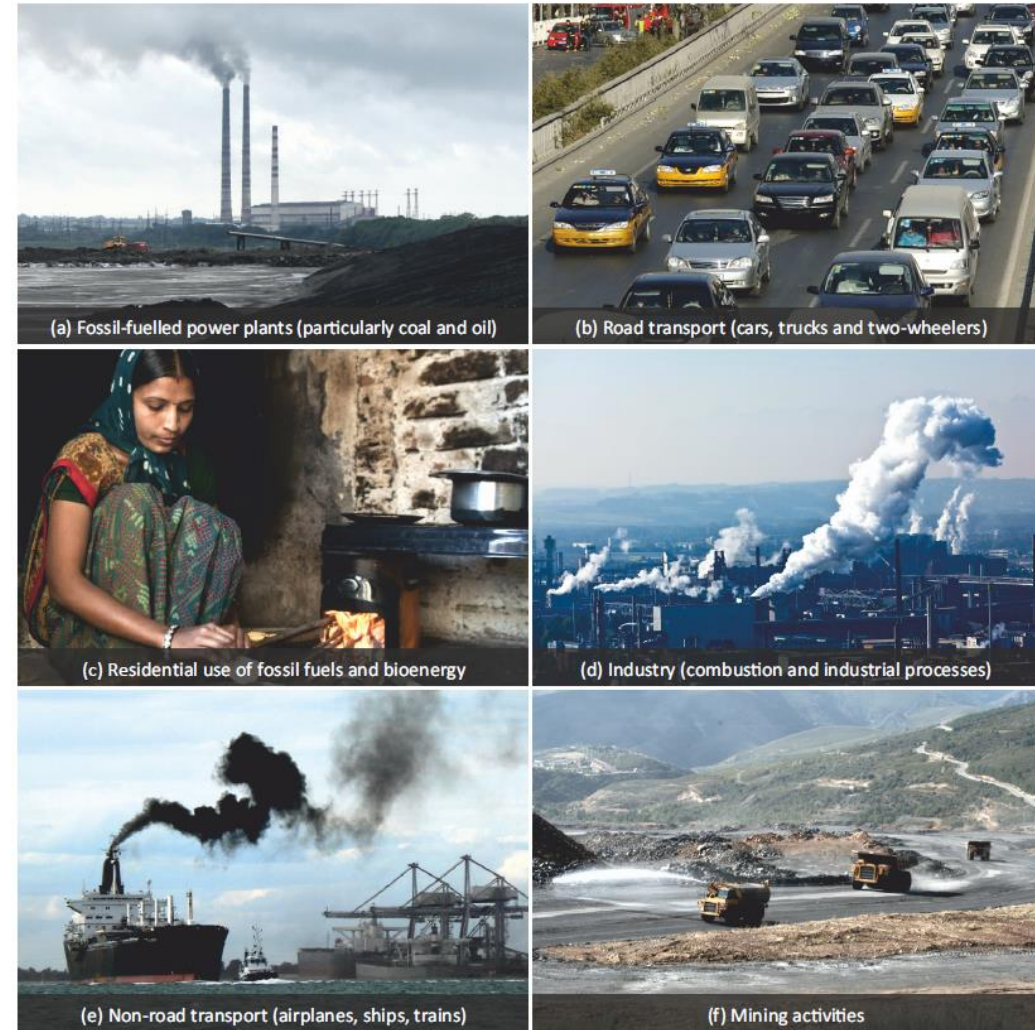


Jenis utama emisi, sumber dan proses pembentukannya (2)

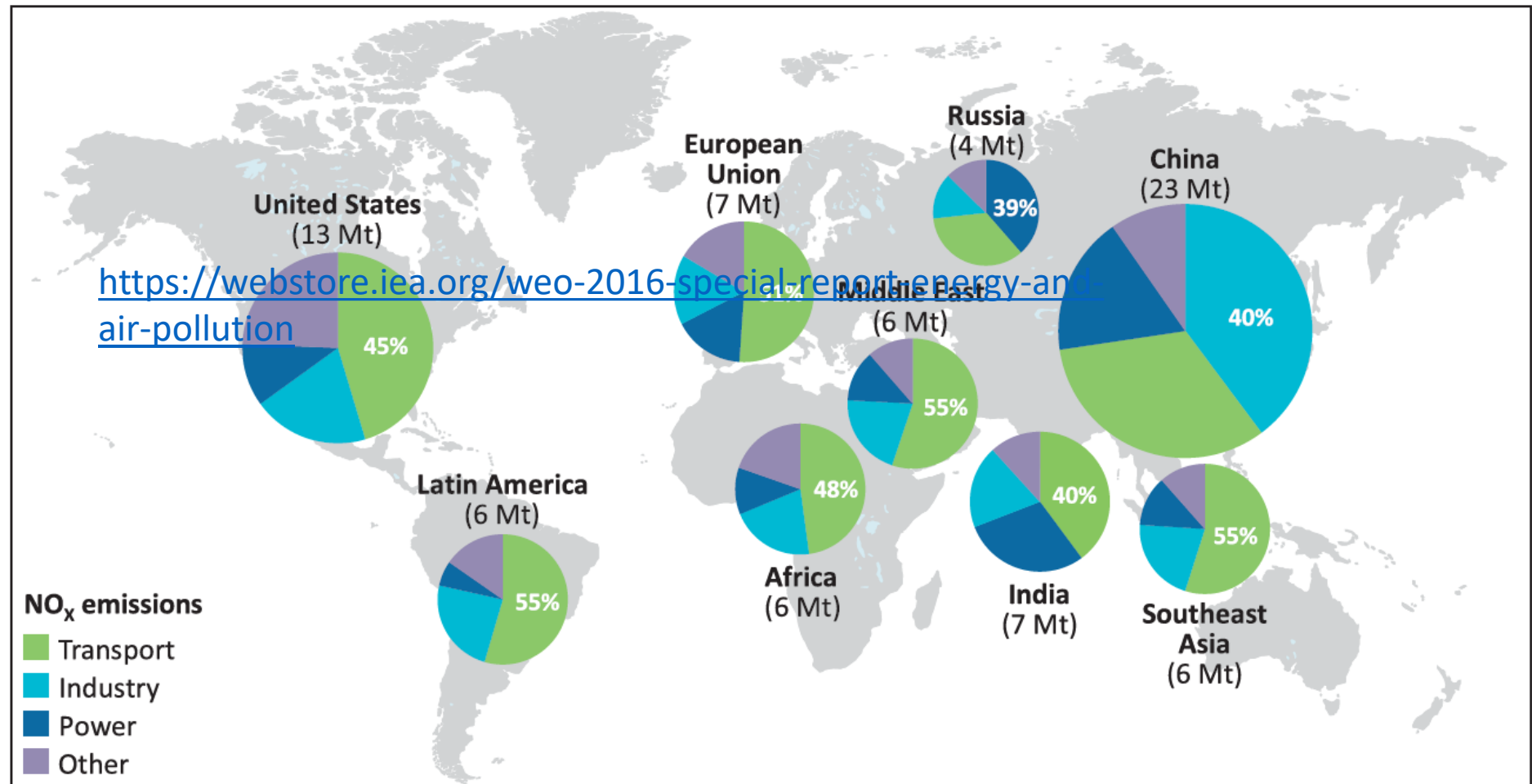
- Polutan udara sekunder utama adalah:
- ozon O₃ permukaan tanah
- kabut asap fotokimia
- Hujan asam (deposisi asam)
- Bahan kimia industri buatan manusia (CFC) dan polutan (NO_x) juga dapat menghabiskan lapisan ozon di ozon stratosfer ("lubang ozon").

Sumber: IEA, WEO 2016, Laporan khusus tentang Energi dan Polusi Udara

Contoh sumber polusi udara terkait energi



Emisi NOx terkait energi (2015)



Pembentukan polutan pada mesin SI konvensional

- Proses dimana polutan ini terbentuk dalam silinder mesin pengapian percikan konvensional diilustrasikan secara kualitatif pada gambar berikutnya.
- Skematik menunjukkan ruang bakar selama empat fase yang berbeda dari siklus operasi mesin: kompresi, pembakaran, ekspansi dan Exhaust/pembuangan.

Source: Heywood 1988

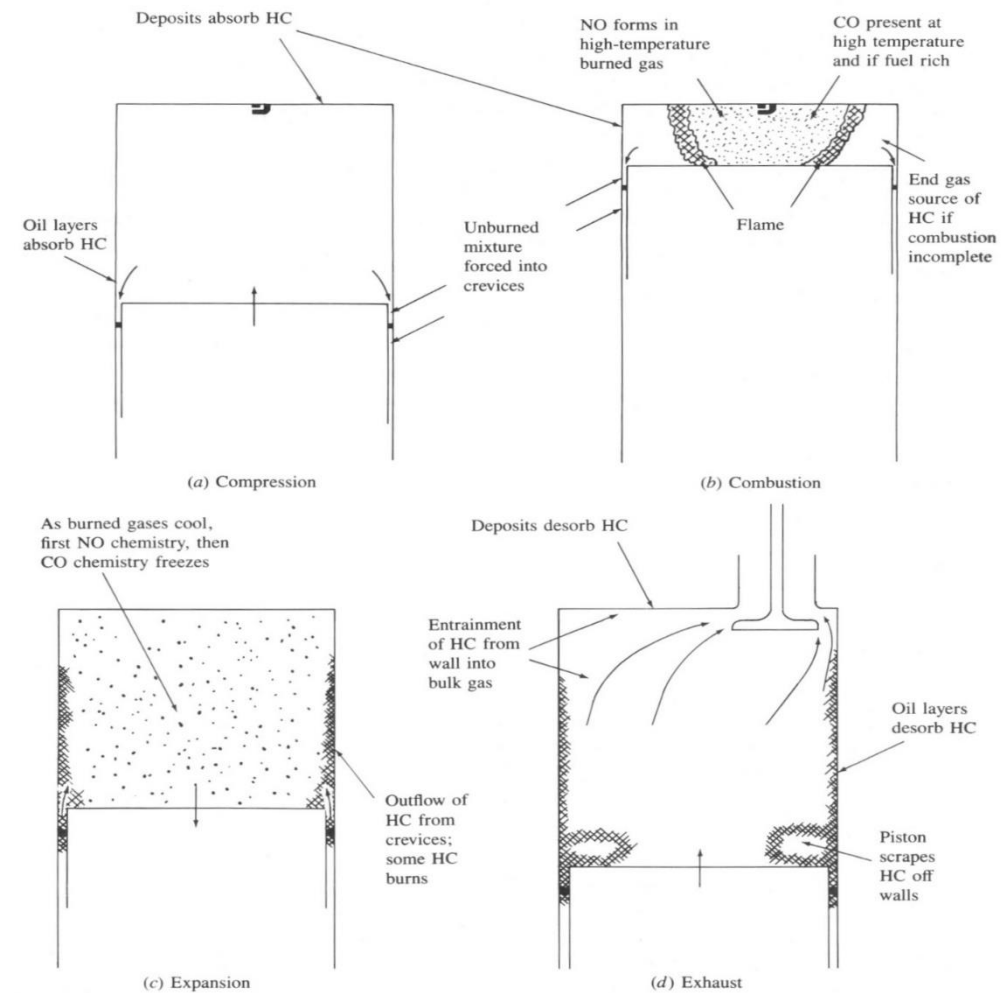


FIGURE 11-1 Summary of HC, CO, and NO pollutant formation mechanisms in a spark-ignition engine.

Pembentukan polutan pada mesin SI konvensional



- *Oksida nitrat (NO) terbentuk di seluruh gas yang terbakar suhu tinggi di belakang api melalui reaksi kimia yang melibatkan atom dan molekul nitrogen dan oksigen, yang tidak mencapai kesetimbangan kimia.*
- *Semakin tinggi suhu gas yang terbakar, semakin tinggi tingkat pembentukan NO.*
- *Ketika gas yang terbakar mendingin selama stroke ekspansi, reaksi yang melibatkan TIDAK beku, dan meninggalkan konsentrasi NO jauh melebihi tingkat yang sesuai dengan keseimbangan pada kondisi pembuangan.*
- *Karbon monoksida juga terbentuk selama proses pembakaran.*
- *Dengan campuran bahan bakar-udara yang kaya, tidak ada cukup oksigen untuk membakar sepenuhnya semua karbon dalam bahan bakar ke CO₂; Juga, dalam produk suhu tinggi, bahkan dengan campuran ramping, disosiasi memastikan ada tingkat CO yang signifikan. Kemudian, dalam stroke ekspansi, proses oksidasi CO juga membeku saat suhu gas yang terbakar turun.*

Pembentukan polutan pada mesin SI konvensional



- Emisi hidrokarbon (HC) yang tidak terbakar memiliki beberapa sumber yang berbeda:
- mengisi volume celah
- Selama kompresi dan pembakaran, tekanan silinder meningkat memaksa beberapa gas dalam silinder menjadi celah-celah (yaitu volume sempit, terhubung ke ruang bakar): volume antara cincin piston, dan dinding silinder adalah yang terbesar dari ini.
- Sebagian besar gas ini adalah campuran bahan bakar-udara yang tidak terbakar; Sebagian besar lolos dari proses pembakaran utama karena pintu masuk ke celah-celah ini terlalu sempit untuk dimasukkan oleh nyala api. Gas ini, yang meninggalkan celah-celah ini kemudian dalam proses ekspansi dan Exhaust/pembuangan, adalah salah satu sumber emisi hidrokarbon yang tidak terbakar.

Pembentukan polutan pada mesin SI konvensional



- *nyala api pada dinding ruang bakar*
- *Sumber lain yang mungkin adalah dinding ruang bakar. Lapisan quench yang berisi campuran bahan bakar-udara yang tidak terbakar dan sebagian terbakar dibiarkan di dinding ketika api padam saat mendekati dinding.*
- *Namun, HC di lapisan tipis ($\leq 0,1$ mm) ini terbakar dengan cepat setelah nyala api padam sehingga ini bukan sumber yang besar. Telah ditunjukkan bahwa endapan berpori di dinding mesin dalam operasi yang sebenarnya memang meningkatkan emisi HC mesin, karena proses pendinginan api.*
- *penyerapan uap bahan bakar ke lapisan minyak pada silinder*
- *Sumber ketiga hidrokarbon yang tidak terbakar diyakini adalah oli mesin yang tersisa dalam film tipis pada liner silinder. Lapisan minyak ini menyerap dan desorbs bahan bakar komponen hidrokarbon, sebelum dan sesudah pembakaran, masing-masing, sehingga memungkinkan sebagian kecil dari bahan bakar untuk melarikan diri dari proses pembakaran primer tidak terbakar.*

Sumber: Heywood 1988

Pembentukan polutan pada mesin SI konvensional



- pembakaran tidak lengkap
- Sumber terakhir HC dalam mesin adalah pembakaran yang tidak lengkap karena pendinginan massal api di fraksi siklus mesin di mana pembakaran sangat lambat. Kondisi seperti itu kemungkinan besar terjadi selama operasi mesin sementara ketika rasio bahan bakar udara, waktu percikan, dan fraksi Exhaust/pembuangan yang didaur ulang untuk kontrol emisi mungkin tidak dicocokkan dengan benar.
- Hidrokarbon yang tidak terbakar keluar dari silinder dengan dilatih dalam aliran gas curah selama blowdown dan pada akhir stroke Exhaust/pembuangan saat piston mendorong gas mengikis dinding keluar dari katup Exhaust/pembuangan.
- Oksidasi hidrokarbon yang lolos dari proses pembakaran primer oleh salah satu proses di atas dapat terjadi selama ekspansi dan Exhaust/pembuangan.
- Jumlah oksidasi tergantung pada suhu dan sejarah waktu konsentrasi oksigen hc ini karena mereka bercampur dengan gas curah.

Pembentukan polutan pada mesin SI konvensional



- Salah satu variabel yang paling penting dalam menentukan emisi mesin spark-ignition adalah rasio udara / bahan bakar relatif.
- Mesin pengapian percikan secara historis dioperasikan dekat dengan stoikiometri, atau sedikit kaya bahan bakar, untuk memastikan operasi yang lancar dan andal.
- Campuran yang lebih ramping memberikan emisi CO dan HC yang lebih rendah sampai kualitas pembakaran menjadi buruk (dan akhirnya salah tembak terjadi), ketika emisi HC meningkat tajam dan operasi mesin menjadi tidak menentu. Namun, TIDAK ada emisi memuncak sekitar 10% ramping stoikiometri. Bentuk kurva ini menunjukkan kompleksitas kontrol emisi.
- Dalam mesin dingin, ketika penguapan bahan bakar lambat, aliran bahan bakar meningkat untuk memberikan campuran kaya bahan bakar yang mudah terbakar dalam silinder. Jadi, sampai mesin menghangat dan pengayaan ini dihapus, emisi CO dan HC tinggi.

Dampak lingkungan dari emisi gas buang dari mesin IC



Polutan udara	Karakteristik utama	Sumber utama	Efek kesehatan utama
Karbon monoksida (CO) 0.7%	Gas yang tidak berwarna dan tidak berbau dengan afinitas yang kuat terhadap hemoglobin dalam darah	Pembakaran bahan bakar yang tidak lengkap dan bahan karbon lainnya	diserap oleh paru-paru; merusak kapasitas fisik dan mental; Mempengaruhi perkembangan janin
Hidrokarbon (HC) 0.2%	Senyawa organik dalam bentuk gas atau partikulat (seperti metana, etilena, asetilena); komponen dalam membentuk kabut fotokimia	Pembakaran bahan bakar yang tidak lengkap dan zat yang mengandung karbon lainnya	Paparan akut menyebabkan iritasi mata, hidung, dan tenggorokan; Paparan kronis yang diduga menyebabkan kanker
Memimpin (Pb)	Unsur kimia logam abu-abu yang berat, lunak, lunak, abu-abu; Sering terjadi sebagai aerosol oksida timbal atau debu	Paparan pekerjaan dalam peleburan logam nonferrous, fabrikasi logam, pembuatan baterai dan dari mobil.	Masuk terutama melalui saluran pernapasan dan dinding sistem pencernaan; terakumulasi dalam organ tubuh yang menyebabkan gangguan fisik dan mental yang serius
Nitrogen oksida (NOX) 0.1%	Campuran gas mulai dari tidak berwarna hingga coklat kemerahan	Pembakaran stasioner (pembangkit listrik), sumber seluler dan reaksi atmosfer	Peran utama sebagai komponen dalam menciptakan kabut asap fotokimia; bukti yang menghubungkan masalah pernapasan dan penyakit kardiovaskular
Partikel	Setiap partikel padat atau cair yang tersebar di atmosfer, seperti debu, abu, jelaga, logam, dan berbagai bahan kimia; sering diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel dalam mikron, (>50 µm), aerosol < 50 µm, partikulat, <3 µm	Pembakaran stasioner bahan bakar padat; proses industri seperti manufaktur semen dan baja	Efek toksik atau kejengkelan efek polutan gas; Kejengkelan gejala pernapasan atau kardio
Sulfur dioksida (SO ₂)	Gas tidak berwarna dengan bau menyengat; mengoksidasi untuk membentuk sulfur trioksida (SO ₃) dan asam sulfat dengan air	Pembakaran sulfur yang mengandung bahan bakar fosil, peleburan bijih logam pendengaran belerang, proses industri tertentu	Kelas sebagai iritasi pernapasan ringan; Penyebab utama hujan asam

Peraturan untuk membatasi polutan dan emisi CO₂



- Negara bagian California di AS telah mengambil peran perintis dalam upaya untuk membatasi oleh emisi polutan hukum yang berasal dari kendaraan bermotor.
- California memperkenalkan undang-undang kontrol emisi pertama untuk mesin bensin pada pertengahan 1960-an. Peraturan ini menjadi semakin ketat di tahun-tahun berikutnya. Sementara itu, semua negara industri telah memperkenalkan undang-undang pengendalian emisi yang menentukan batas untuk mesin bensin dan diesel, serta prosedur pengujian yang digunakan untuk mengkonfirmasi kepatuhan. Di beberapa negara, peraturan yang mengatur emisi gas buang dilengkapi dengan batasan kerugian evaporatif dari sistem bahan bakar.



Peraturan untuk membatasi polutan dan emisi CO₂

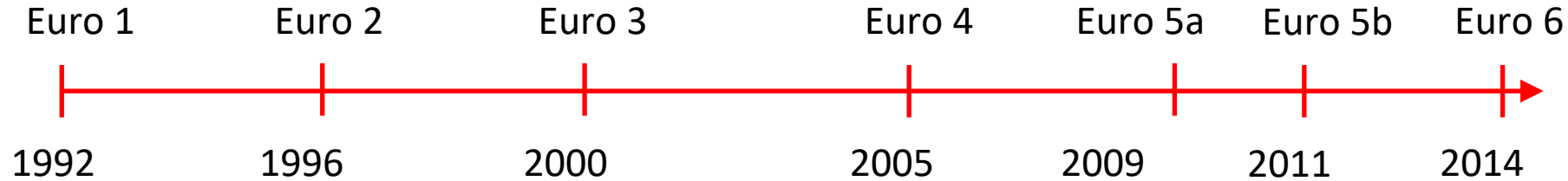


- Pembatasan hukum yang paling penting pada emisi gas buang adalah:
- Peraturan CARB,
- Peraturan EPA,
- Peraturan UE,
- Peraturan Jepang.
- Jepang dan Uni Eropa telah mengikuti jejak Amerika Serikat dengan mendefinisikan prosedur uji untuk sertifikasi kepatuhan terhadap batas emisi. Prosedur ini telah diadopsi dalam bentuk yang dimodifikasi atau tidak direvisi oleh negara lain.

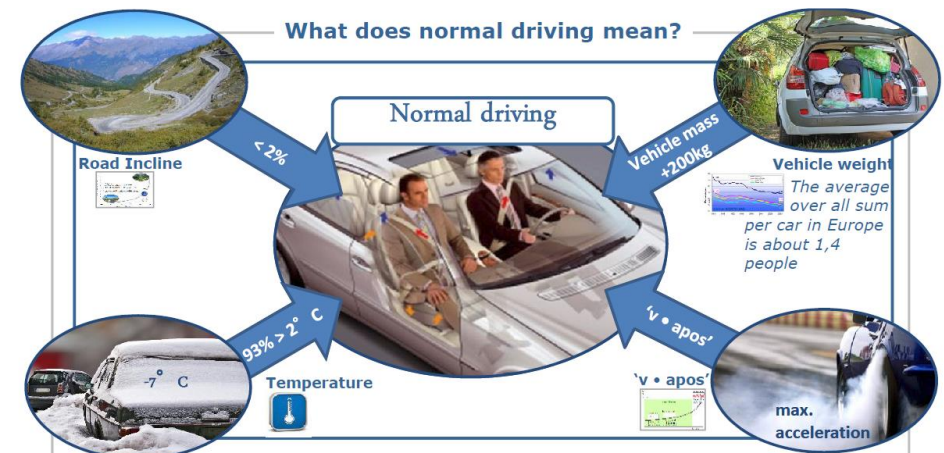
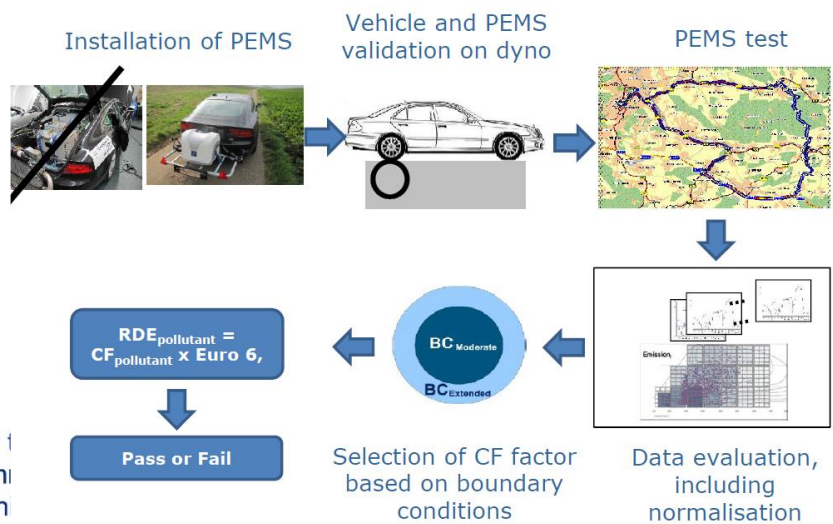


Peraturan kontrol emisi untuk mobil penumpang di UE

No. 715/2007: batas emisi polutan untuk mobil penumpang (CO, HC, NOx, PM, PN)



- Tetapkan standar emisi untuk persetujuan tipe kendaraan
- Target emisi yang berbeda untuk kendaraan yang berjalan di ICEs SI / CI
- Persyaratan pengujian /Real Driving Emissions (RDE) sedang bertahap antara 2017 dan 2021 untuk mengendalikan emisi kendaraan dalam operasi nyata, di luar uji emisi laboratorium.



Peraturan kontrol emisi untuk mobil penumpang di UE



Table 1
EU emission standards for passenger cars (Category M₁*)

Stage	Date	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM	PN
		g/km					
Positive Ignition (Gasoline)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	6.0×10 ¹¹ e,g
Compression Ignition (Diesel)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	-
Euro 5b	2011.09 ^c	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹

* At the Euro 1..4 stages, passenger vehicles > 2,500 kg were type approved as Category N₁ vehicles

† Values in brackets are conformity of production (COP) limits

a. until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits)

b. 2011.01 for all models

c. 2013.01 for all models

d. and NMHC = 0.068 g/km

e. applicable only to vehicles using DI engines

f. 0.0045 g/km using the PMP measurement procedure

g. 6.0×10¹² 1/km within first three years from Euro 6 effective dates

Sumber: www.dieselnet.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Peraturan kontrol emisi untuk mobil penumpang di UE



- Daya tahan. Masa pakai kendaraan yang berguna untuk tujuan peraturan emisi adalah:
- Tahap Euro 3: 80'000 km atau 5 tahun (mana yang terjadi pertama); Alih-alih kerusakan yang sebenarnya, produsen dapat menggunakan faktor kerusakan berikut: 1,2 untuk CO, HC, NOx (bensin) atau 1,1 untuk CO, 1.0 untuk NOx, HC + NOx dan 1.2 untuk PM (diesel).
- Tahap Euro 4: 100'000 km atau 5 tahun, mana yang terjadi lebih dulu.
- Tahap Euro 5/6: pengujian daya tahan perangkat kontrol polusi untuk persetujuan tipe: 160.000 km atau 5 tahun (mana yang terjadi pertama). Alih-alih kemunduran yang sebenarnya, produsen dapat menggunakan faktor kerusakan Euro 5 berikut: 1,5 untuk CO, 1,3 untuk HC, 1,6 untuk NOx (bensin), 1,0 untuk PM dan PN atau 1,5 untuk CO, 1,1 untuk NOx, HC + NOx dan 1.0 untuk PM dan PN (diesel).



Uni Eropa – Siklus Uji Emisi: WLTC



- WLTP (Prosedur Uji Tugas Ringan yang diselaraskan di seluruh dunia) dan Siklus yang sesuai (Siklus Uji tugas Cahaya yang diselaraskan di seluruh dunia) menggantikan prosedur NEDC untuk:
- merancang siklus mengemudi legislatif baru untuk memprediksi lebih akurat emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar di bawah kondisi mengemudi dunia nyata;
- mengembangkan prosedur perpindahan gigi yang mensimulasikan operasi perpindahan gigi perwakilan untuk kendaraan tugas ringan.



Uni Eropa – Siklus Uji Emisi: WLTC



- WLTC berasal dari data mengemudi "dunia nyata" dari lima wilayah yang berbeda: EU + Swiss, Amerika Serikat, India, Korea dan Jepang yang mencakup berbagai kategori kendaraan.
- WLTC mempertimbangkan berbagai jenis jalan (perkotaan, pedesaan, jalan tol) dan kondisi mengemudi (puncak, off-peak, akhir pekan) untuk tiga kategori kendaraan dengan rasio power-to-mass (PMR) yang berbeda. Parameter PMR didefinisikan sebagai rasio rated power (W) / curb mass (kg). Definisi siklus juga dapat bergantung pada kecepatan maksimum (v_{max}) yang dinyatakan oleh produsen kendaraan.

WLTP Test Cycles

Category	PMR	Speed Phases	Comments
Class 3	$PMR > 34$	Low, Middle, High, Extra-High	If $v_{max} < 135$ km/h, phase 'extra-high' is replaced by a repetition of phase 'low'.
Class 2	$34 \geq PMR > 22$	Low, Middle, High	If $v_{max} < 90$ km/h, phase 'high' is replaced by a repetition of phase 'low'.
Class 1	$PMR \leq 22$	Low, Middle	If $v_{max} \geq 70$ km/h, phase 'low' is repeated after phase 'middle'. If $v_{max} < 70$ km/h, phase 'middle' is replaced by a repetition of phase 'low'.

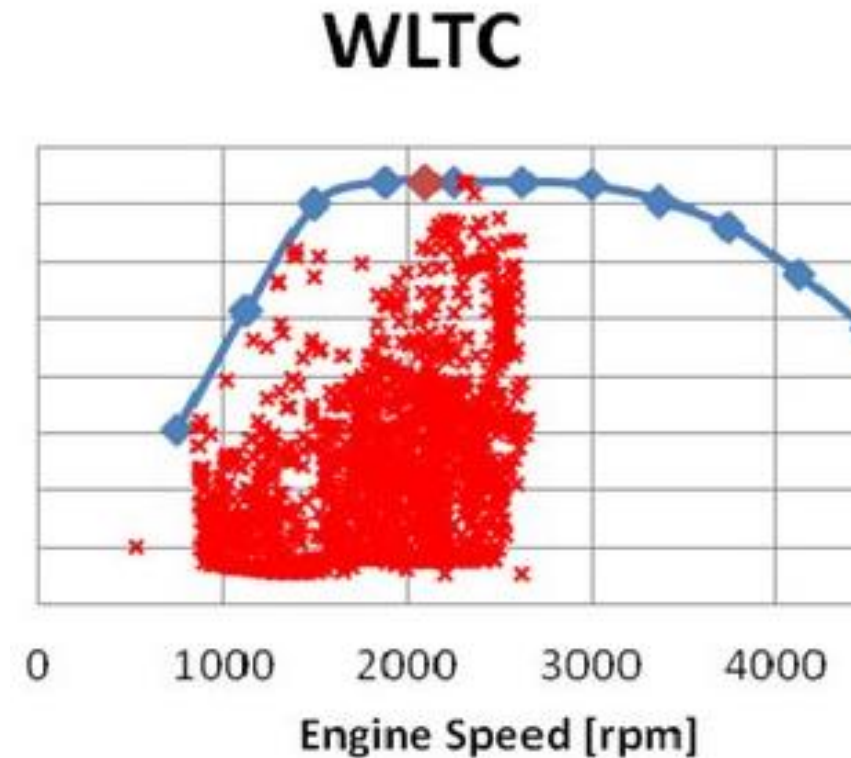
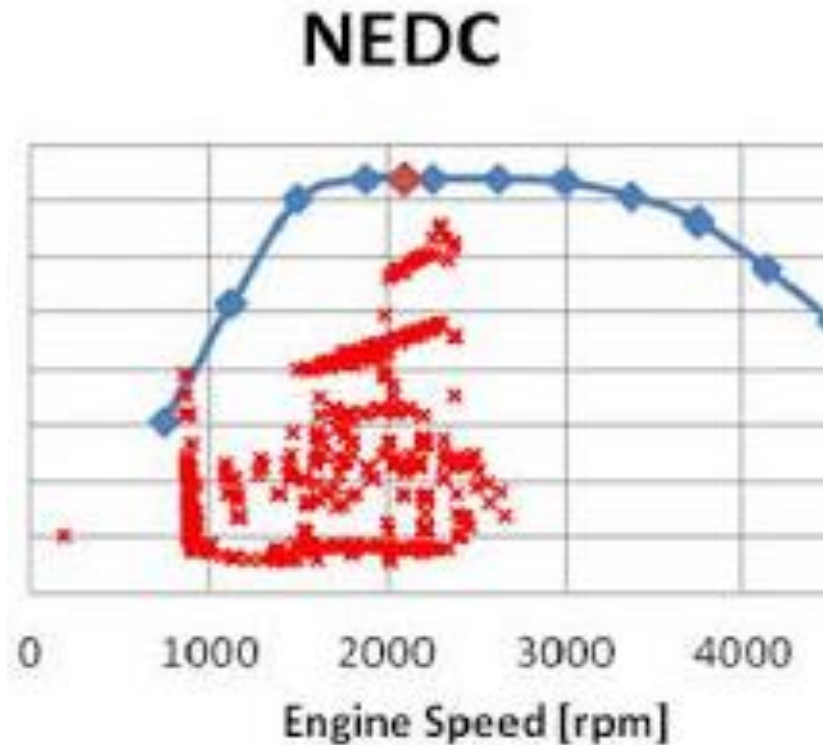


Langkah transisi dari prosedur NEDC ke WLTC



- Transisi dari NEDC ke WLTC terjadi selama jadwal berikut:
- September 2017: Pengujian persetujuan tipe WLTP diperkenalkan untuk jenis mobil baru. Mobil yang disetujui menggunakan tes NEDC lama masih dapat dijual.
- September 2018: Semua kendaraan baru harus disertifikasi sesuai dengan prosedur uji WLTP.
- Januari 2019: Semua mobil di dealer harus memiliki nilai WLTP-CO2 saja (dengan beberapa pengecualian untuk sejumlah kendaraan terbatas yang tersedia). Pemerintah nasional harus menyesuaikan pajak kendaraan dan insentif fiskal dengan nilai WLTP.

NEDC vs WLTC: Poin kerja ICE



Persyaratan OBD

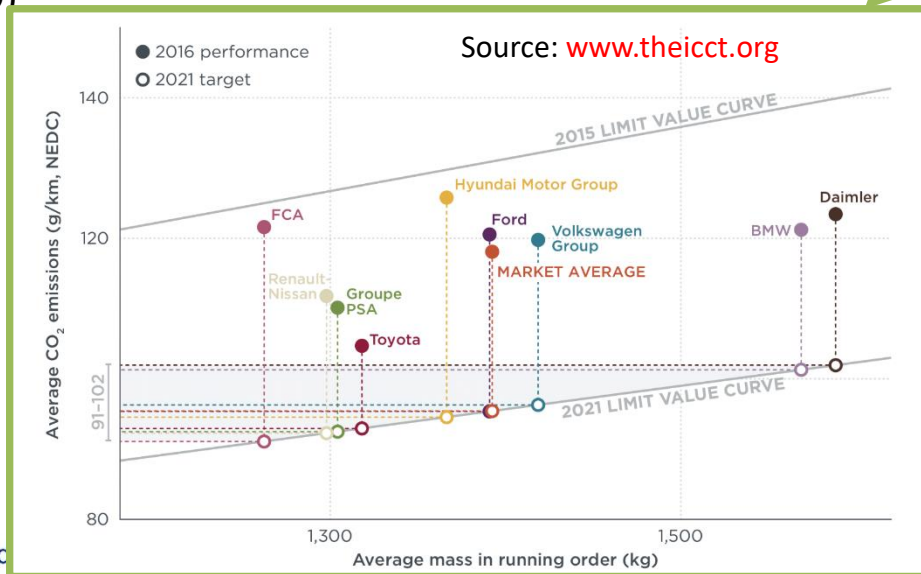
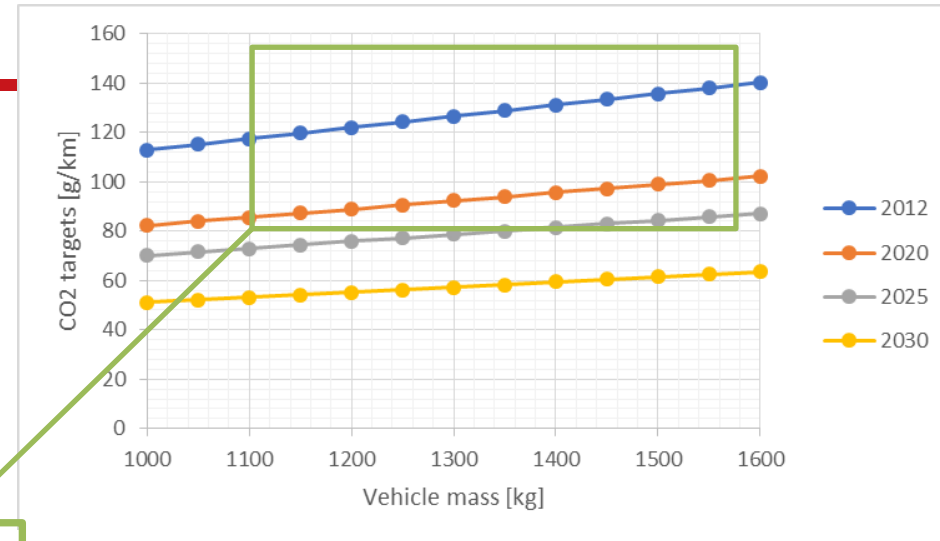


- Mulai dari tahap Euro 3, kendaraan harus dilengkapi dengan sistem diagnostik onboard untuk kontrol emisi.
- Pengemudi harus diberitahu jika terjadi kerusakan atau kerusakan sistem emisi yang akan menyebabkan emisi melebihi ambang batas wajib (lampu indikator kerusakan diaktifkan pada dasbor kendaraan).
- Untuk membedakan dari OBD AS, batas Eropa juga disebut sebagai EOBD (OBD Eropa).



Peraturan kontrol emisi untuk mobil penumpang di UE

- Rata-rata armada yang harus dicapai oleh semua mobil yang terdaftar di UE adalah 130 g CO₂ / km.
- Mulai 2020: rata-rata armada CO₂ = 95 gCO₂ / km.
- 2025: Rata-rata armada CO₂ = -15% wrt 2021
- 2030: Rata-rata armada CO₂ = -37,5% wrt 2021
- biaya kelebihan emisi: 95 Euro per setiap melebihi gCO₂ / km untuk setiap kendaraan yang dijual (mulai 2019)



Nilai emisi CO₂ rata-rata dan massa kendaraan dari kelompok produsen utama pada tahun 2016. Target hipotetis 2021 didasarkan pada massa kendaraan 2016.

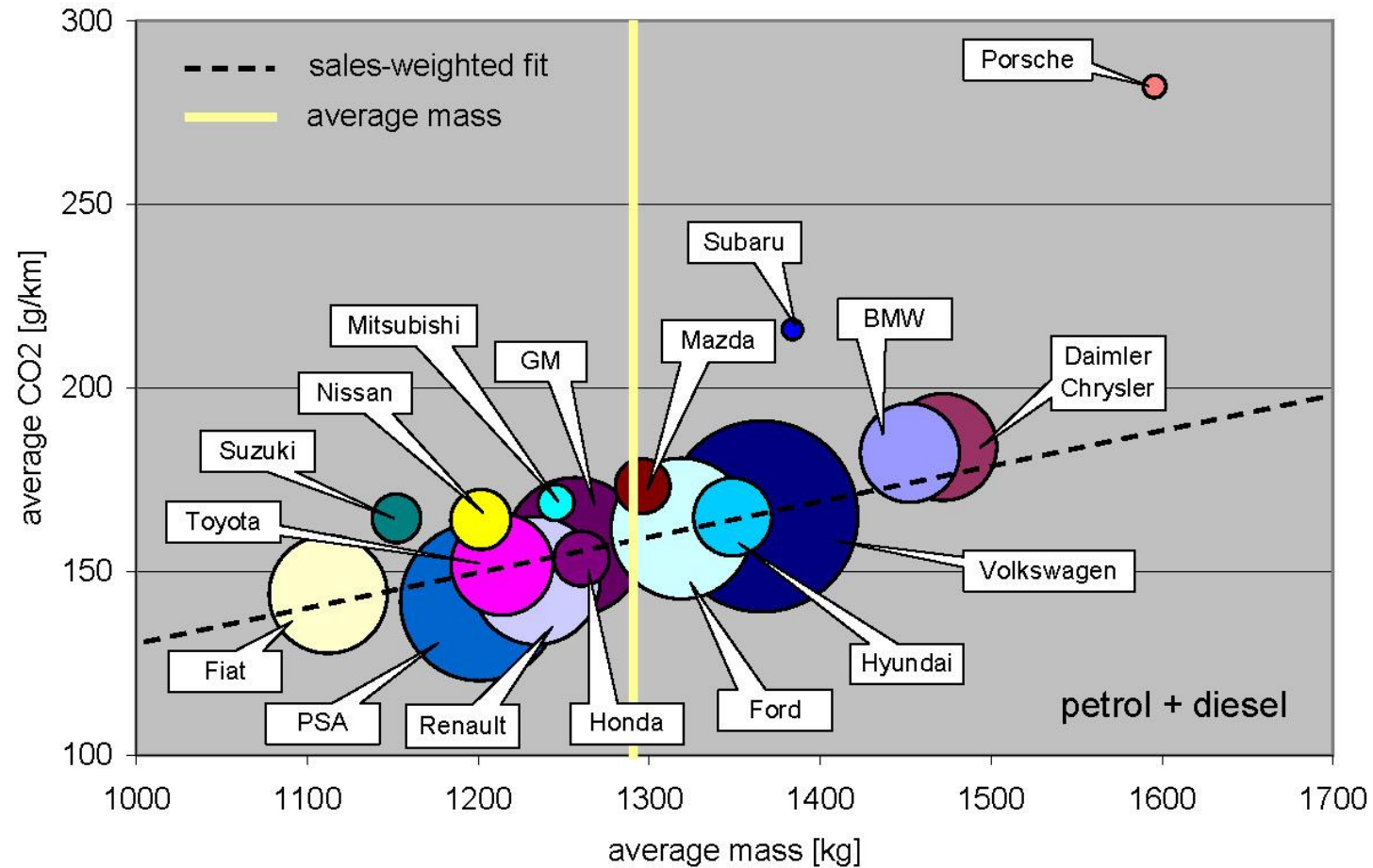
Emisi GRK dari mobil penumpang



- Peraturan tersebut menetapkan bahwa target emisi CO₂ rata-rata armada sebesar 130 g / km harus dicapai oleh masing-masing produsen kendaraan pada tahun 2015 menggunakan teknologi kendaraan. Untuk memenuhi target emisi CO₂ UE sebesar 120 g / km, pengurangan emisi lebih lanjut sebesar 10 g / km akan disediakan oleh langkah-langkah tambahan, seperti penggunaan biofuel. Peraturan ini berlaku untuk mobil penumpang (M1). Emisi CO₂ diukur selama siklus uji NEDC.
- Target emisi spesifik untuk setiap produsen dalam satu tahun kalender didasarkan pada massa kendaraan. Ini dihitung sebagai rata-rata emisi spesifik CO₂ (g / km) dari setiap mobil penumpang baru yang terdaftar pada tahun kalender itu, di mana:
- Emisi Spesifik CO₂ = $130 + 0,0457 \times (M - M_0)$
- Dalam rumus di atas, M adalah massa kendaraan (kg), dan M₀ adalah 1372 kg untuk tahun kalender 2012-2015. Mulai 2016, nilai M₀ akan disesuaikan setiap tahun untuk mencerminkan massa rata-rata mobil penumpang dalam tiga tahun kalender sebelumnya. Dengan demikian, target 130 g / km secara langsung berlaku untuk kendaraan dengan massa rata-rata, sementara mobil yang lebih ringan memiliki target CO₂ yang lebih rendah dan kendaraan yang lebih berat memiliki target CO₂ yang lebih tinggi.

Emisi GRK dari mobil penumpang

Massa kendaraan rata-rata dan emisi CO2 (2007)



Sumber: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_el

Emisi GRK dari mobil penumpang dan LDV

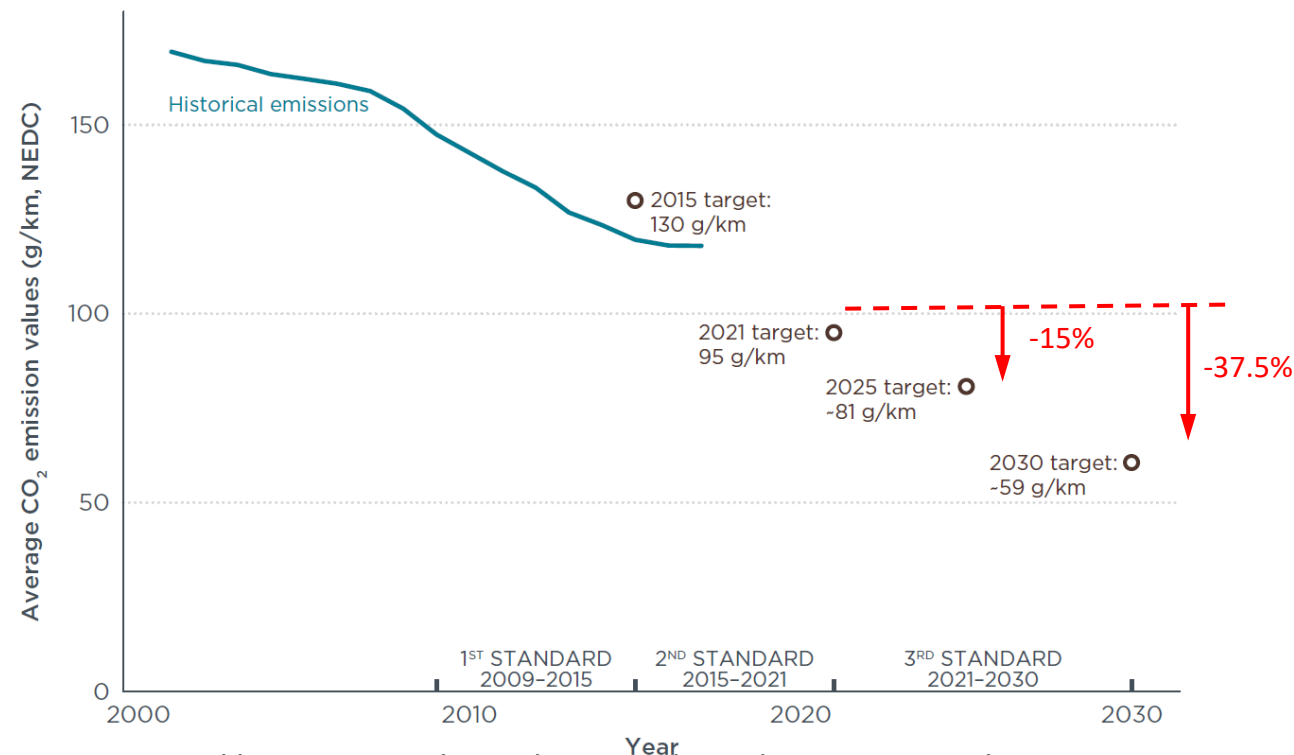


- Pada 17 Desember 2018, perwakilan Komisi Eropa, Parlemen Eropa, dan Dewan Eropa menyetujui kompromi untuk peraturan Uni Eropa (UE) yang menetapkan target emisi karbon dioksida (CO₂) yang mengikat untuk mobil penumpang baru dan kendaraan komersial ringan untuk 2025 dan 2030.
- Target yang disepakati bertujuan untuk mengurangi emisi CO₂ rata-rata dari mobil baru sebesar 15% pada tahun 2025 dan sebesar 37,5% pada tahun 2030, keduanya relatif terhadap garis dasar 2021.
- Untuk kendaraan komersial ringan, target 15% untuk 2025 dan target 31% untuk tahun 2030 disepakati.

Emisi GRK dari mobil penumpang



Angka tersebut menunjukkan nilai emisi CO₂ historis rata-rata dan standar CO₂ yang diadopsi dan diusulkan untuk mobil penumpang baru di UE. Semua nilai CO₂ mengacu pada pengukuran Siklus Mengemudi Eropa Baru / New European Driving Cycle (NEDC).



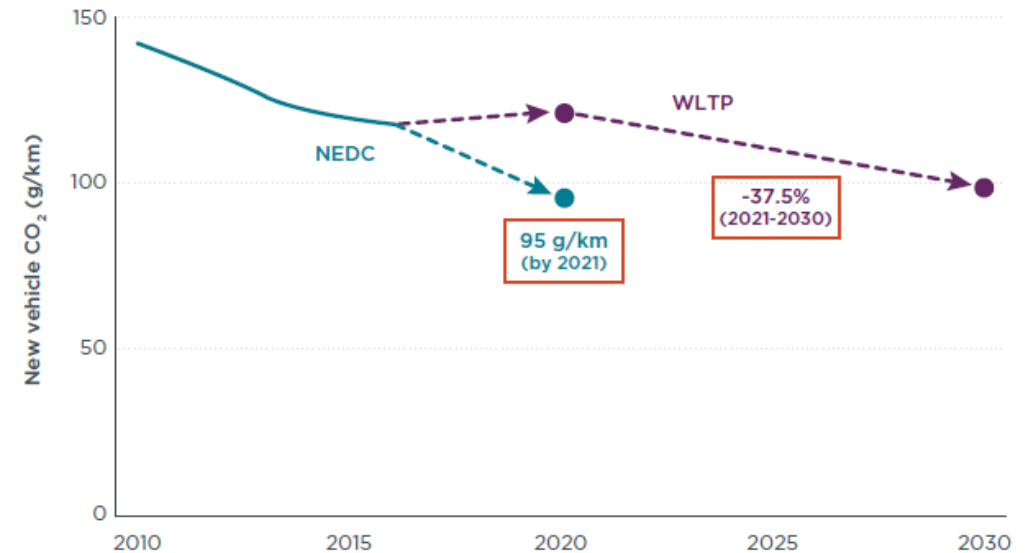
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Sumber: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf
https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en

Skenario pengurangan CO2



- Mulai 2021, WLTP akan menjadi satu-satunya prosedur yang digunakan untuk pengujian dan semua peraturan di masa depan akan mengacu pada hasil WLTP untuk pemantauan kepatuhan.
- Pada kesepakatan terbaru tentang peraturan UE untuk target emisi CO2 dari mobil penumpang baru (17 Desember 2018), telah diputuskan bahwa, relatif terhadap garis dasar 2021, targetnya adalah:
 - Berkurang 15% untuk 2025
 - Berkurang 37,5% untuk 2030

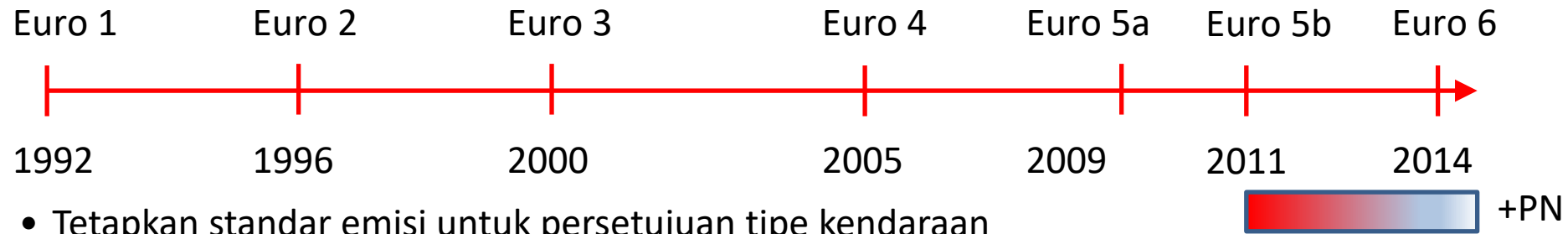


Sumber: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf
https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en

Peraturan kontrol emisi untuk kendaraan komersial LD di UE



No. 715/2007: standar emisi polutan untuk LDV (CO, HC, NOx, PM, PN)



- Tetapkan standar emisi untuk persetujuan tipe kendaraan
- Target emisi yang berbeda untuk kendaraan yang berjalan di ICEs SI / CI
- Persyaratan pengujian Real Driving Emissions (RDE) sedang bertahap antara 2017 dan 2021 untuk mengendalikan emisi kendaraan dalam operasi nyata, di luar uji emisi laboratorium.

No. 510/2011: untuk mengurangi CO2 dari kendaraan tugas ringan

- Rata-rata armada yang akan dicapai oleh semua LDV yang terdaftar di UE adalah 175 g CO₂ / km.
- Mulai 2020: rata-rata armada CO₂ = 147 gCO₂ / km.
- 2025: Rata-rata armada CO₂ = -15% wrt 2021
- 2030: Rata-rata armada CO₂ = -31% wrt 2021
- biaya kelebihan emisi

Simulasi pembakaran

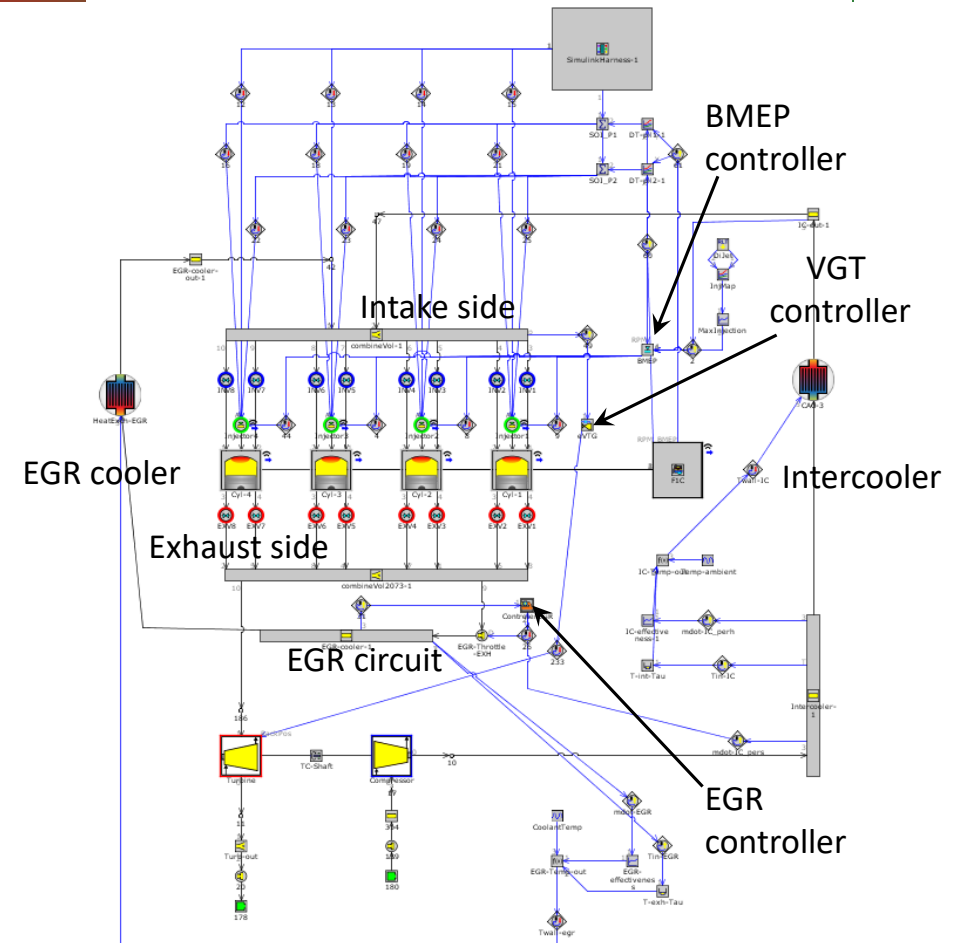


Pemodelan 1D-CFD

Simulasi lengkap mesin biasanya dilakukan dengan model 1D-CFD (untuk memodelkan dinamika termofluida di pipa dan Pengambilan / pembuangan manifold dari sistem mesin), yang digabungkan dengan pemodelan nol dimensi silinder, injektor, katup, sistem turbocharging dan cranktrain.

Pendekatan 1D didasarkan pada penerapan persamaan Navier-Stokes (massa, momentum dan energi) untuk aliran terkompresi yang tidak stabil di pipa, mengingat hanya 1 koordinat (arah aksial pipa), dan memungkinkan fenomena propagasi gelombang, serta efek inersia, ditangkap pada kondisi steady-state dan transient.

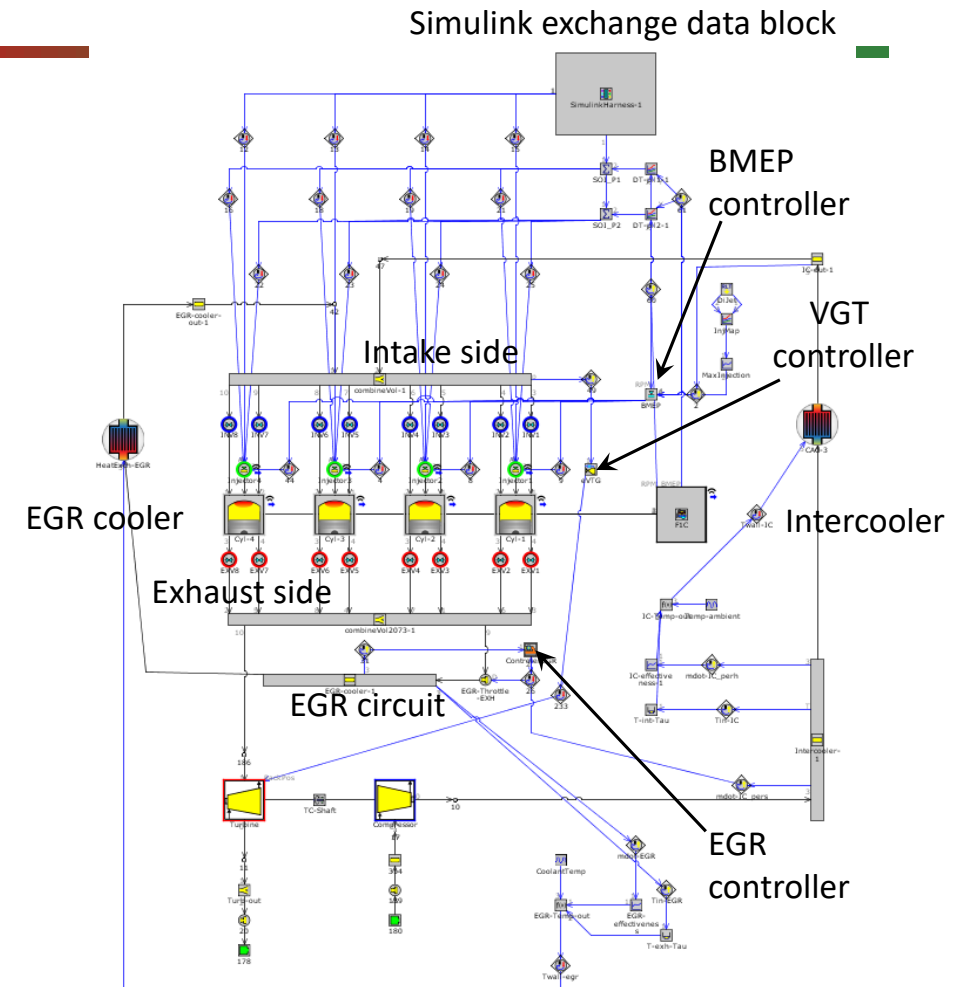
Simulink exchange data block



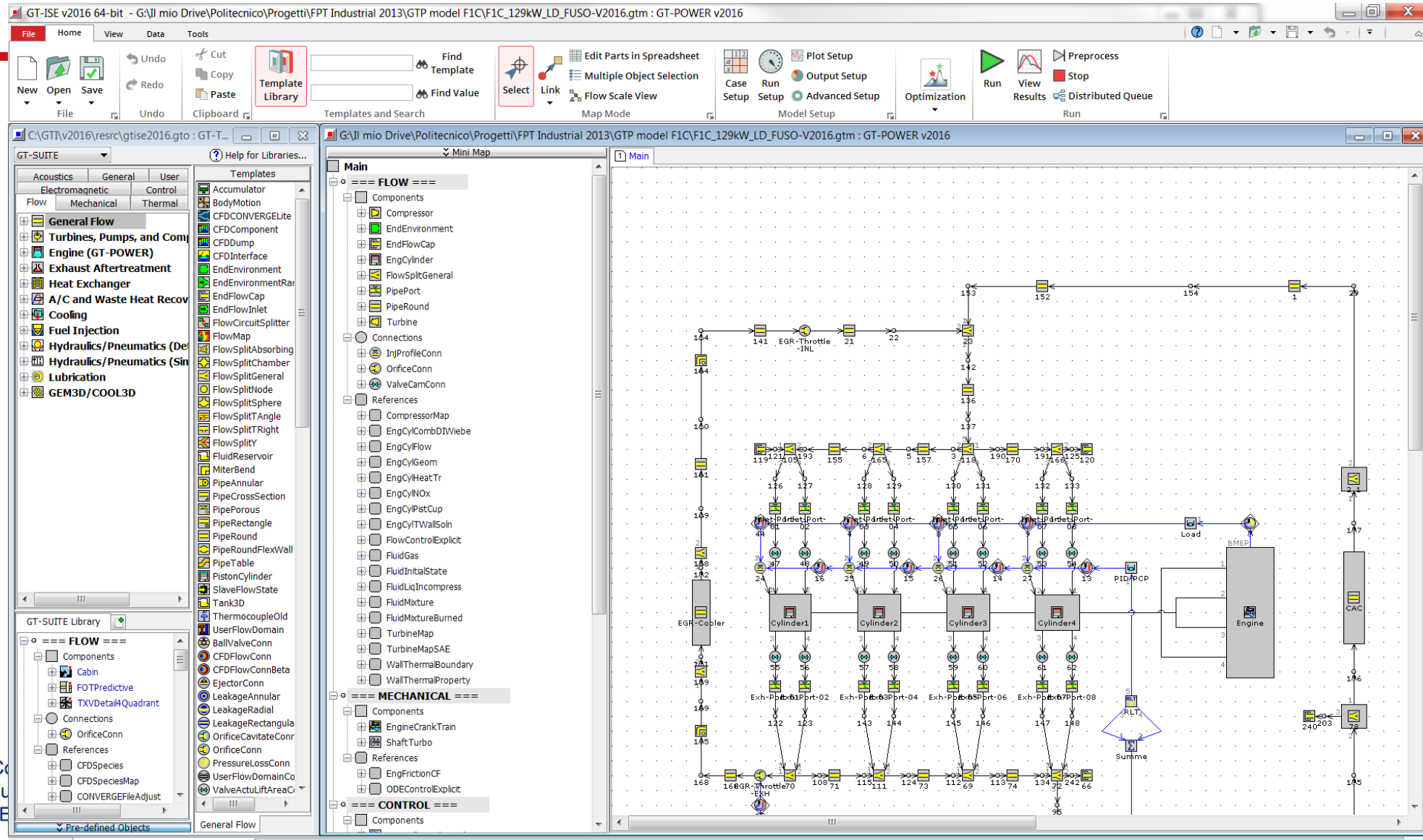
Mesin diesel FIC 3.0L

Pemodelan 1D-CFD

- Kode komersial yang paling banyak digunakan yang menerapkan pendekatan sebelumnya untuk simulasi mesin lengkap adalah
- DAYA GT
- Gelombang Ricardo
- Peningkatan AVL
- Dalam presentasi ini, beberapa contoh model menggunakan perangkat lunak DAYA GT akan ditampilkan.



Antarmuka daya GT yang khas



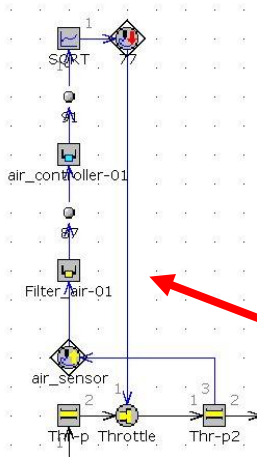
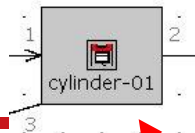
Erasmus
of the E

DAYA GT



Arsip templat

Tata letak mesin dengan "Bagian"

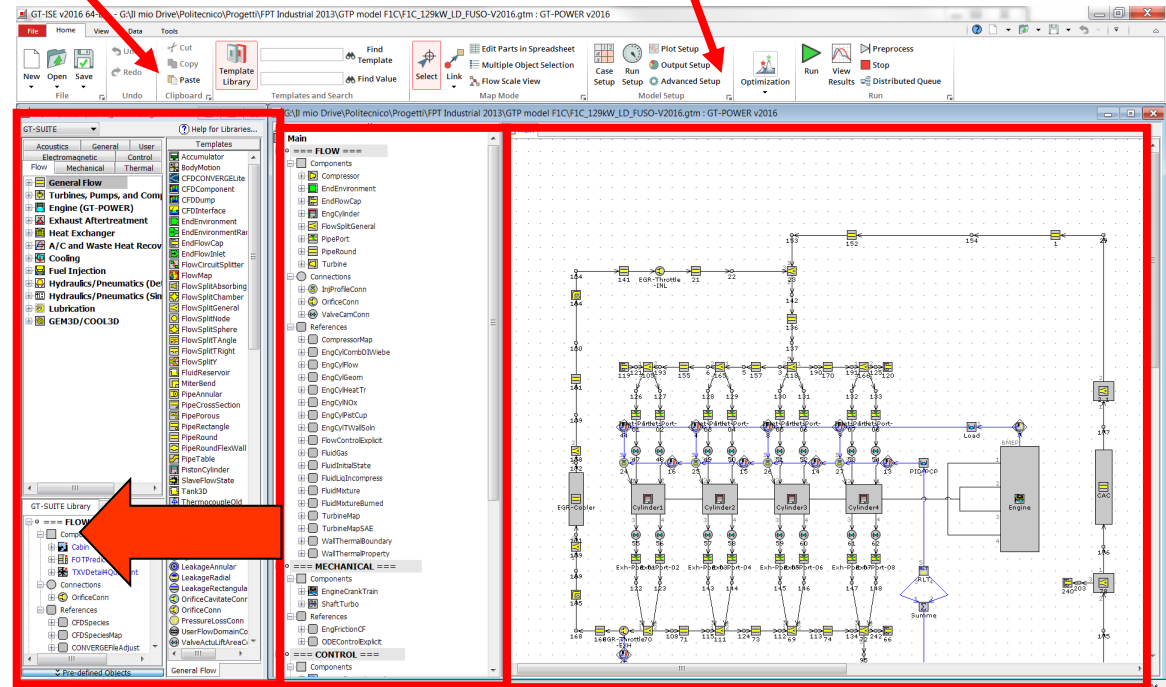
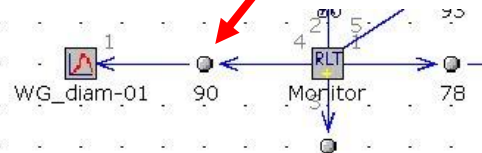


Komponen

Senyawa

Objek referensi

Koneksi

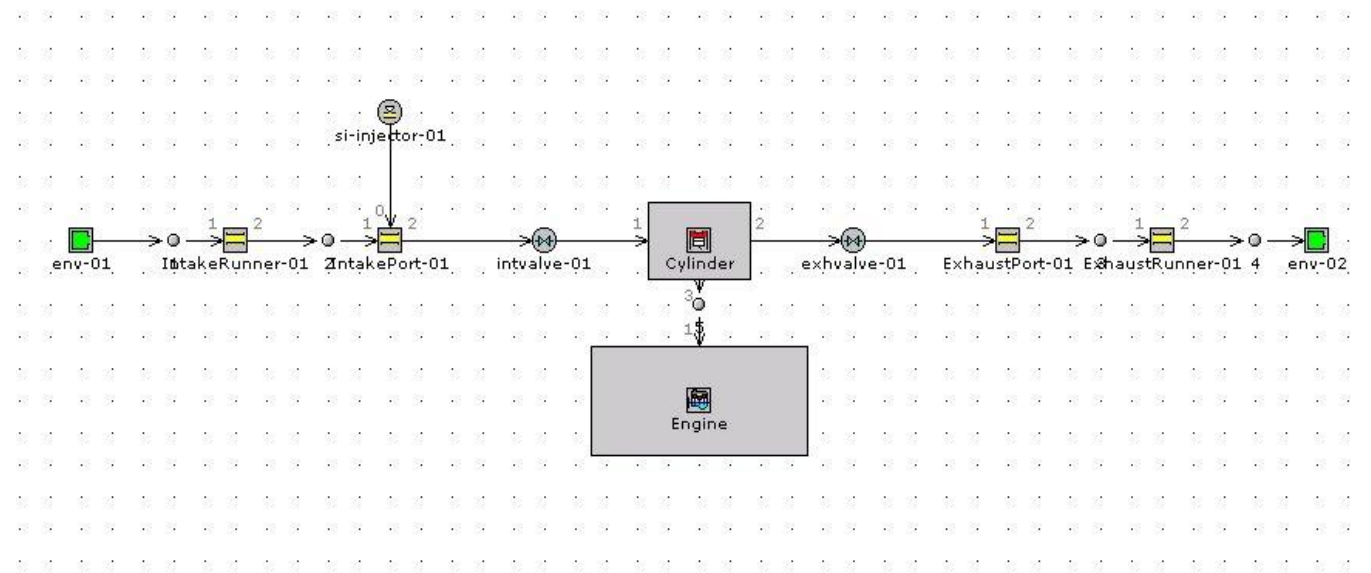


Objek dengan properti yang ditentukan



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Pengambilan dan pembuangan manifold diwakili oleh pipa dan koneksi.



Mesin silinder tunggal

-
- Alat CFD 1D memungkinkan desainer untuk:
 - secara numerik menyelidiki dan memprediksi kinerja dan emisi mesin (Iv, imep, bmep, BSFC, NOx ...);
 - mengevaluasi efek parameter geometris mesin atau timing katup pada kinerja, sehingga dapat mengurangi jumlah tes eksperimental yang diperlukan;
 - memperkirakan beberapa jumlah yang sulit diukur, misalnya, laju aliran massa seketika melewati katup.

DAYA GT: Asumsi pemodelan utama



- Aliran transien di seluruh domain;
- Aliran 1-D dalam pipa, evolusi 0-D dalam silinder;
- Aliran terkompresi;
- Pipa dengan penampang variabel diperbolehkan;
- Pertukaran panas dan kerugian aliran diperhitungkan (persamaan Euler umum dalam bentuk kuasi-1D diimplementasikan dan dipecahkan).



DAYA GT: fitur utama



-
- Data geometris dan kinematik mesin;
 - Valve mengangkat riwayat waktu dan koefisien aliran;
 - Model perpindahan panas dalam silinder;
 - Model injeksi;
 - Model pembakaran;
 - Model gesekan dan aksesoris.



Diagnostik pembakaran



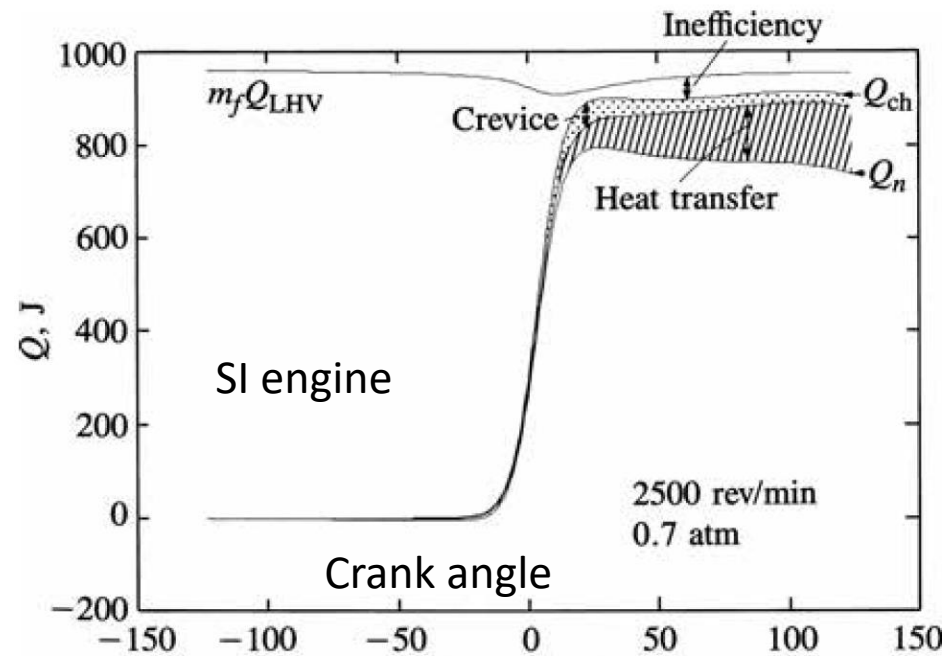
- **Pendekatan real-time zona tunggal**
- Kandungan dalam silinder dianggap sebagai zona homogen.
- Berdasarkan penerapan prinsip konservasi energi untuk kandungan dalam silinder
- Mampu memperkirakan Q_{ch} (melepaskan energi kimia bahan bakar sebagai fungsi dari sudut engkol) dan turunannya sehubungan dengan sudut engkol, yaitu, HRR (laju pelepasan panas) berdasarkan tekanan dalam silinder yang diukur
- **Pendekatan multizone**
- Berdasarkan integrasi model semprotan 1D profil variabel non-stasioner prediktif dengan model termodinamika MULTIZONE dari pembakaran dalam silinder dan submodel pembentukan emisi polutan (NO_x , PM, CO, HC)
- Input diperlukan:
 - sejarah waktu tekanan dalam silinder
 - Perkiraan tingkat injeksi
- Keluaran utama:
 - Suhu dan sejarah waktu massa zona
 - sejarah waktu emisi polutan (NO_x , PM, CO, HC) di ruang bakar.



Pendekatan real-time zona tunggal

$$\frac{dQ_{ch}}{d\theta} = \underbrace{\frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{d\theta} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{d\theta}}_{Q_n} + \underbrace{\frac{dQ_{cr}}{d\theta}}_{\text{Kerugian akibat celah-celah}} + \underbrace{\frac{dQ_{ht}}{d\theta}}_{\text{Kerugian panas}}$$

- Q_{ch} : energi kimia yang dilepaskan (atau bruto)
- Q_n : energi bersih dari muatan
- q : sudut engkol
- V : volume dalam silinder
- p : tekanan dalam silinder yang diukur
- Q_{ht} : panas yang dipertukarkan dengan muatan dengan dinding
- m_f : massa bahan bakar
- Q_{LHV} : nilai pemanasan yang lebih rendah dari bahan bakar
- $g = c_p/c_v$ (rasio panas tertentu)



1. Plotkin S. et al. Hybrid Electric Vehicle Technology Assessment : Methodology , Analytical Issues , and Interim Results
2. EDWARDS Robert, LARIVE' Jean-Francois, BEZIAT Jean-Christophe "Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Power Trains in the European Context – Report", Version 3c, available on <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec>
3. Edwards R, Mahieu V, Griesemann JC, Larivé JF, Rickeard DJ. Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. SAE transactions. 2004 Jan 1:1072-84.
4. WEO-2016 Special Report: Energy and Air Pollution
5. Heywood J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill Education, 2nd edition, 2018.
6. El-Mahallawy F. and Habik S., "Fundamentals and Technology of Combustion", Elsevier, 1st edition, 2002.
7. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-eea-33-emissions-4#tab-chart_1
8. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>
9. www.dieselnet.com
10. "Diesel Engine Management Systems and Components", Bosch Professional Automotive Information, Springer Vieweg, 2014.

Bibliografi (dilanjutkan)



11. “Gasoline-Engine Management Systems and Components”, Bosch Professional Automotive Information, Springer Vieweg, 2015.
12. d’Ambrosio S. and Ferrari A., “Effects of exhaust gas recirculation in diesel engines featuring late PCCI type combustion strategies”, Energy Conversion and Management 105 (2015) 1269–1280.
13. Finesso R, Spessa E. Analysis of combustion and emissions in a EURO V diesel engine by means of a refined quasi-dimensional multizone diagnostic model. SAE International Journal of Engines. 2012 Aug 1;5(3):886-908.
14. <https://www.ertrac.org/>
15. IEA, WEO 2016, Special report on Energy and Air Pollution (<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>)
16. Klaus Land “Potential for reducing emissions from road traffic and improving air quality” European Parliament ENVI Committee – Public Hearing on Air Quality Policy
17. Reducing CO2 emissions from passenger cars https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_el
18. CO2 Emission Standards For Passenger Cars And Light-commercial Vehicles In The European Union (https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf)
19. https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en
20. Lecture materials from Prof. Ezio Spessa, Stefano d’Ambrosio and Mirko Baratta of Politecnico di Torino





Engineering Knowledge Transfer Units to Increase Student's Employability and Regional Development



<https://www.facebook.com/unitederasmus/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.598710-EPP-1-2018-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP