






UNIVERSITAS JAYABAYA

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Kimia

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER

Mata Kuliah	Kode	Rumpun Mata Kuliah	Bobot (SKS)		Semester	Tanggal Penyusunan
Azas Teknik Kimia II	CHE4013	Ilmu Teknik	T : 3	P : 0	IV	1 Maret 2023
Otorisasi / Pengesahan	Dosen Pengembang RPS		Koordinator Mata Kuliah / Kelompok Bidang Ilmu		Ketua Program Studi	
	 (Dody Guntama, S.T., M.Eng)		 (Ir. Herliati, M.T., Ph.D)		 (Ir. Lubena, M.T)	
Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)	CPL 6	Mampu berpikir logis, kritis, sistematis dan terukur dalam mengimplementasikan ilmu pengetahuan dan teknologi guna mengambil keputusan yang tepat dalam menghasilkan karya yang bermutu dan inovatif (KU1)				
	CPL 9	Mampu menemukan sumber masalah keteknikan, merumuskan alternatif solusi, melakukan riset, merancang proses, sistem pemrosesan dan peralatan berdasarkan prinsip Teknik Kimia menggunakan perangkat perancangan berbasis teknologi informasi dan komputasi (KK1)				
	CPL 10	Mampu merubah bahan baku menjadi produk yang memiliki nilai tambah melalui proses kimia dan biologi yang memperhatikan faktor-faktor ekonomi, kesehatan, keselamatan publik, lingkungan dan sumber daya (KK2)				
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	CPMK 1	Mampu menjelaskan konsep hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas dan mahir (P5) melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran dengan benar, logis dan sistematis, serta dapat menghitung (C3) neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia seperti memahami peristiwa perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, humidifikasi, maupun kegunaan dari psychometric chart dalam menyelesaikan dan menemukan alternatif solusi dalam masalah keteknikan. (CPL 6 dan CPL 9)				
	CPMK 2	Mampu menghitung (C3) panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi menggunakan hukum Hess dan mahir (P5) memecahkan (A5) problem panas reaksi pada reaktor oksidasi, reaktor adiabatik, untuk kasus kompleks. Serta mampu menyusun (C6) perhitungan neraca panas secara simultan dan neraca panas pada sistem kompleks maupun neraca panas sistem pembakaran untuk keperluan proses pemrosesan bahan baku menjadi produk dalam pabrik kimia (CPL 10).				

Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	Sub-CPMK 1	Mampu memahami hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas, dan mengestimasi kapasitas panas serta melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran						
	Sub-CPMK 2	Mampu menghitung neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia dan memahami peristiwa perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, serta kegunaan dari psychometric chart						
	Sub-CPMK 3	Mampu memahami peristiwa humidifikasi, panas yang ditimbulkan dari peristiwa pencampuran dan pelarutan suatu senyawa						
	Sub-CPMK 4	Mampu menghitung panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi dan menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess						
	Sub-CPMK 5	Mampu menghitung panas reaksi pada reaktor-reaktor oksidasi, reaktor adiabatik serta mengetahui cara menentukan temperatur adiabatik yang dicapai.						
	Sub-CPMK 6	Mampu memahami konsep perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas, serta dapat menyusun neraca panas pada sistem kompleks						
	Sub-CPMK 7	Mampu memahami perhitungan heating value dan neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperatur						
Pemetaan CPMK terhadap Sub-CPMK		Sub-CPMK 1	Sub-CPMK 2	Sub-CPMK 3	Sub-CPMK 4	Sub-CPMK 5	Sub-CPMK 6	Sub-CPMK 7
	CPMK 1	√	√	√				
	CPMK 2				√	√	√	√
Deskripsi Singkat Mata Kuliah	Mata kuliah ini merupakan mata kuliah kelompok bidang Ilmu Teknik (Dasar Keteknikan) di program studi Teknik Kimia, mata kuliah ini mengkaji bebara hal mulai dari hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas, mengestimasi kapasitas panas, baik panas dalam suatu campuran. Mata kuliah ini juga mengkaji neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia, perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, kegunaan dari psychometric chart, peristiwa humidifikasi. Selain itu juga mengkaji panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi, menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess, dan juga menghitung panas reaksi pada reaktor oksidasi, reaktor adiabatik. Disini mahasiswa juga diajarkan ini menyusun perhitungan neraca panas secara simultan antara neraca massa dan panas, neraca panas pada sistem kompleks, dan neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperatur.							
Bahan Kajian: Materi Pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konsep hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas, dan mengestimasi kapasitas panas serta melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran BK 2 2. Konsep neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia dan perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, serta kegunaan dari psychometric chart 3. Konsep peristiwa humidifikasi, panas yang ditimbulkan dari peristiwa pencampuran dan pelarutan suatu senyawa 4. Konsep panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi dan menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess 5. Konsep panas reaksi pada reaktor-reaktor oksidasi, reaktor adiabatik serta menentukan temperatur adiabatik yang dicapai. 6. Konsep perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas, serta dapat menyusun neraca panas pada sistem kompleks 7. Konsep perhitungan heating value dan neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperatur 							
Pustaka	Utama: <ol style="list-style-type: none"> 1. Felder, RM and Rousseau., <i>Elementary Principles Of Chemical Processes</i>, John Wiley an Sons, New York. 2. Reklaitis, G.V., <i>Introduction to Material and Energy Balance</i>, John Wiley an Sons, New York. 3. D.M. Himmelblau, 2004. <i>Basic Principles and calculation in Chemical Engineering</i>. Prentice Hall Inc, London 							

		Pendukung: 1. Hougen, O.A., Watson, K.M., and Ragats, R.A., 1943, "Chemical Process Principles. Part I. Material and Energy Balances", John Wiley and Sons, New York					
Dosen Pengampu		Dody Guntama, S.T., M.Eng					
Mata Kuliah Syarat		Azas Teknik Kimia I					
Minggu ke	Sub-CPMK sebagai Kemampuan Akhir yang Diharapkan	Penilaian		Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan		Materi Pembelajaran	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Tatap Muka / Luring	Daring		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Mampu memahami kontrak perkuliahan	Mampu memahami kompetensi yang akan dicapai setelah mengikuti perkuliahan, materi yang akan dipelajari, metode pembelajaran serta penilaian pembelajaran	Kriteria: Memiliki minimal satu referensi utama, memahami kontrak perkuliahan. Teknik: Non tes observasi dan wawancara kelas	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Diskusi dan Tanya Jawab [Ceramah: 1x50', Diskusi dan Tanya Jawab 2x50']	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Diskusi dan Tanya Jawab [Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 1x50', Diskusi dan Tanya Jawab: 2x50']	Materi Pembelajaran: Kontrak perkuliahan	Include pada pert. 2
2	Sub-CPMK 1: Mampu memahami hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas, dan mengestimasi kapasitas panas serta melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran	1. Menghitung perubahan entalpi menggunakan kapasitas panas polynomial maupun dan kapasitas panas rata-rata 2. Mengestimasi kapasitas panas (jika tidak tersedia dalam bentuk grafik atau table) baik untuk liquid maupun padatan 3. Menghitung kapasitas panas campuran	Kriteria: Dapat menemukan nilai kapasitas panas dalam buku refrensi dan menghitung kapasitas panas menggunakan kapasitas panas polynomial maupun kapasitas panas rata-rata. Dapat mengestimasi kapasitas panas untuk kasus kapasitas panasnya tidak ada baik dalam bentuk grafik dan tabel, serta menghitung kapasitas panas campuran (penilaian menggunakan	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Diskusi dan Latihan Soal [Ceramah: 1x50', Diskusi dan Latihan 1x50', Tes Tertulis 1x50']	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Diskusi dan Latihan Soal [Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 1x50', Diskusi dan Latihan 1x50', Tes Tertulis 1x50']	Materi Pembelajaran: 1. Kapasitas panas 2. polynomial (formulasi) 3. Kapasitas panas rata-rata 4. Cara mengestimasi kapasitas panas 5. Kapasitas panas campuran References: 1,2,3	5%

			pedoman penskoran) Teknik: Tes non objektif berupa penyelesaian masalah dengan uraian				
3-4	Sub-CPMK 2: Mampu menghitung neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia dan memahami peristiwa perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, serta kegunaan dari psychometric chart	<ol style="list-style-type: none"> Menghitung neraca energi pada gas preheater, WHB, kondensor dan cooler Menghitung neraca panas yang melibatkan perubahan fase membaca diagram psychometric 	Kriteria: Dapat memahami dan menghitung neraca energi pada gas preheater, WHB, kondensor dan cooler, dapat juga menghitung neraca panas yang melibatkan perubahan fase, serta membaca diagram psychometric (penilaian menggunakan pedoman penskoran) Teknik: Tugas 1: non objektif berupa penyelesaian masalah dengan uraian	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal [Ceramah: 2x50', Diskusi dan Latihan Soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal [Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 2x50', Diskusi dan Latihan soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']	Materi Pembelajaran: <ol style="list-style-type: none"> Neraca panas pada alat yang tidak melibatkan reaksi kimia Panas Latent Neraca panas yang melibatkan penguapan Estimasi dan hubungan panas latent Penguapan parsial suatu campuran Psychometric chart References: 1,2,3	10%
5-7	Sub-CPMK 3: Mampu memahami peristiwa humidifikasi, panas yang ditimbulkan dari peristiwa pencampuran dan pelarutan suatu senyawa	<ol style="list-style-type: none"> Menuliskan perhitungan pada alat yang melibatkan peristiwa humidifikasi Menghitung panas pelarutan dan pencampuran menghitung neraca energi pada proses pengenceran dan pemekatan suatu zat 	Kriteria: Dapat menuliskan perhitungan pada alat yang melibatkan peristiwa humidifikasi, Dapat memahami cara menghitung panas pelarutan dan pencampuran Dapat memahami dan menghitung neraca energi pada proses pengenceran dan pemekatan suatu zat (penilaian menggunakan pedoman penskoran) Teknik: Tugas 2,3,4: Tes non objektif berupa penyelesaian masalah dengan uraian	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal [Ceramah: 3x50', Diskusi dan Latihan Soal 3x50', Tes Tertulis 3x50']	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal [Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 3x50', Diskusi dan Latihan soal 3x50', Tes Tertulis 3x50']	Materi Pembelajaran: <ol style="list-style-type: none"> Peristiwa humidifikasi adiabatic Panas pelarutan dan pencampuran Neraca energi pengenceran dan pemekatan References: 1,2,3	10%
8	Evaluasi Tengah Semester / Ujian Tengah Semester						20%

9	Sub-CPMK 4: Mampu menghitung panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi dan menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess	<ol style="list-style-type: none"> Menghitung panas reaksi standard menghitung panas reaksi total menggunakan hukum Hess 	<p>Kriteria: Dapat menghitung panas reaksi standard dan menghitung panas reaksi total menggunakan hukum Hess (penilaian menggunakan pedoman penskoran)</p> <p>Teknik: Tugas 5: Tes non objektif berupa penyelesaian masalah dengan uraian</p>	<p>Bentuk Pembelajaran: Kuliah</p> <p>Metode Pembelajaran: Diskusi dan Latihan Soal</p> <p>[Ceramah: 1x50', Diskusi dan Latihan 1x50', Tes Tertulis 1x50']</p>	<p>Bentuk Pembelajaran: Kuliah</p> <p>Metode Pembelajaran: Diskusi dan Latihan Soal</p> <p>[Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 1x50', Diskusi dan Latihan 1x50', Tes Tertulis 1x50']</p>	<p>Materi Pembelajaran: 1. Panas reaksi 2. Penentuan panas reaksi berdasarkan hukum hess</p> <p>References: 1,2,3</p>	5%
10-11	Sub-CPMK 5: Mampu menghitung panas reaksi pada reaktor-reaktor oksidasi, reaktor adiabatik serta mengetahui cara menentukan temperatur adiabatik yang dicapai.	<ol style="list-style-type: none"> Menentukan temperature maksimal yang dicapai dalam sebuah reaktor adiabatik Membuat perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas 	<p>Kriteria: Dapat menentukan temperature maksimal yang dicapai dalam sebuah reaktor adiabatik Dapat membuat perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas (penilaian menggunakan pedoman penskoran)</p> <p>Teknik: Tugas 6,7: Tes non objektif berupa penyelesaian masalah dengan uraian</p>	<p>Bentuk Pembelajaran: Kuliah</p> <p>Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal</p> <p>[Ceramah: 2x50', Diskusi dan Latihan Soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']</p>	<p>Bentuk Pembelajaran: Kuliah</p> <p>Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal</p> <p>[Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 2x50', Diskusi dan Latihan soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']</p>	<p>Materi Pembelajaran: 1. Neraca energi pada peristiwa oksidasi 2. Neraca energy pada reaktor adiabatik</p> <p>References: 1,2,3</p>	10%
12-13	Sub-CPMK 6: Mampu memahami konsep perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas, serta dapat menyusun neraca panas pada sistem kompleks	<ol style="list-style-type: none"> Membuat perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas Membuat perhitungan neraca panas pada sistem kompleks 	<p>Kriteria: Dapat membuat perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas Dapat membuat perhitungan neraca panas pada sistem kompleks (penilaian menggunakan pedoman penskoran)</p> <p>Teknik: Tugas 8,9: Tes non objektif berupa penyelesaian masalah dengan uraian isian dan uraian</p>	<p>Bentuk Pembelajaran: Kuliah</p> <p>Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal</p> <p>[Ceramah: 2x50', Diskusi dan Latihan Soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']</p>	<p>Bentuk Pembelajaran: Kuliah</p> <p>Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal</p> <p>[Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 2x50', Diskusi dan Latihan soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']</p>	<p>Materi Pembelajaran: 1. Neraca massa dan energi secara simultan 2. Neraca massa dan energi sistem kompleks</p> <p>References: 1,2,3</p>	10%

14-15	Sub-CPMK 7: Mampu memahami perhitungan heating value dan neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperatur	1. Menghitung heating value dan menghitung neraca panas untuk sistem pembakaran 2. Menghitung adiabatik flame temperatur	Kriteria: Dapat menghitung heating value dan menghitung neraca panas untuk sistem pembakaran Dapat menghitung adiabatik flame temperatur (penilaian menggunakan pedoman penskoran) Teknik: Tugas 10,11: Tes non objektif berupa penyelesaian masalah dengan uraian	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal [Ceramah: 2x50', Diskusi dan Latihan Soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']	Bentuk Pembelajaran: Kuliah Metode Pembelajaran: Studi Kasus dan Latihan Soal [Ceramah menggunakan Zoom Meeting: 2x50', Diskusi dan Latihan soal 2x50', Tes Tertulis 2x50']	Materi Pembelajaran: 1. Heating value 2. Neraca masa sistem pembakaran 3. Adiabatik flame temperatur References: 1,2,3	10 %
16	Evaluasi Akhir Semester / Ujian Akhir Semester						20%



UNIVERSITAS JAYABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Teknik Elektro | Teknik Kimia | Teknik Mesin
TERAKREDITASI B

**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

KONTRAK PERKULIAHAN

1. IDENTITAS MATA KULIAH

PROGRAM STUDI	: Teknik Kimia
PROGRAM KULIAH	: Reguler
MATA KULIAH	: Azaz Teknik Kimia II
KODE MATA KULIAH	: CE4023
SKS	: 3
MK SEMESTER	: 4
SEMESTER	: Gasal
TAHUN AKADEMIK	: 2022/2023
MK PRASYARAT	: Azaz Teknik Kimia I
DOSEN PENGAMPU	: Dody Guntama, S.T., M.Eng

2. MANFAAT MATA KULIAH

Dengan mengambil mata kuliah Azas Teknik Kimia II, maka mahasiswa mempunyai pemahaman mengenai Konsep hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas, dan mengestimasi kapasitas panas serta melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran, Konsep neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia dan perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, serta kegunaan dari psychometric chart, Konsep peristiwa humidifikasi, panas yang ditimbulkan dari peristiwa pencampuran dan pelarutan suatu senyawa, Konsep panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi dan menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess, Konsep panas reaksi pada reaktor-reaktor oksidasi, reaktor adiabatik serta menentukan temperatur adiabatik yang dicapai, Konsep perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas, serta dapat menyusun neraca panas pada sistem kompleks, Konsep perhitungan heating value dan neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperature.

3. DESKRIPSI MATA KULIAH

Mata kuliah ini merupakan mata kuliah kelompok bidang Ilmu Teknik (Dasar Keteknikan) di program studi Teknik Kimia, mata kuliah ini mengkaji beberapa hal mulai dari hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas, mengestimasi kapasitas panas, baik panas dalam suatu campuran. Mata kuliah ini juga mengkaji neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia, perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, kegunaan dari psychometric chart, peristiwa humidifikasi. Selain itu juga mengkaji panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi, menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess, dan juga menghitung panas reaksi pada reaktor oksidasi, reaktor adiabatik. Disini mahasiswa juga diajarkan ini menyusun perhitungan neraca panas secara simultan antara neraca massa dan panas, neraca panas pada sistem kompleks, dan neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperature.



4. CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIH, KEMAMPUAN AKHIR YANG DIRENCANAKAN, DAN INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

Capaian Pembelajaran Matakuliah (CPMK) : Mampu menjelaskan konsep hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas dan mahir (P5) melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran dengan benar, logis dan sistematis, serta dapat menghitung (C3) neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia seperti memahami peristiwa perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, humidifikasi, maupun kegunaan dari psychometric chart dalam menyelesaikan dan menemukan alternatif solusi dalam masalah keteknikan. (CPL 6 dan CPL 9)

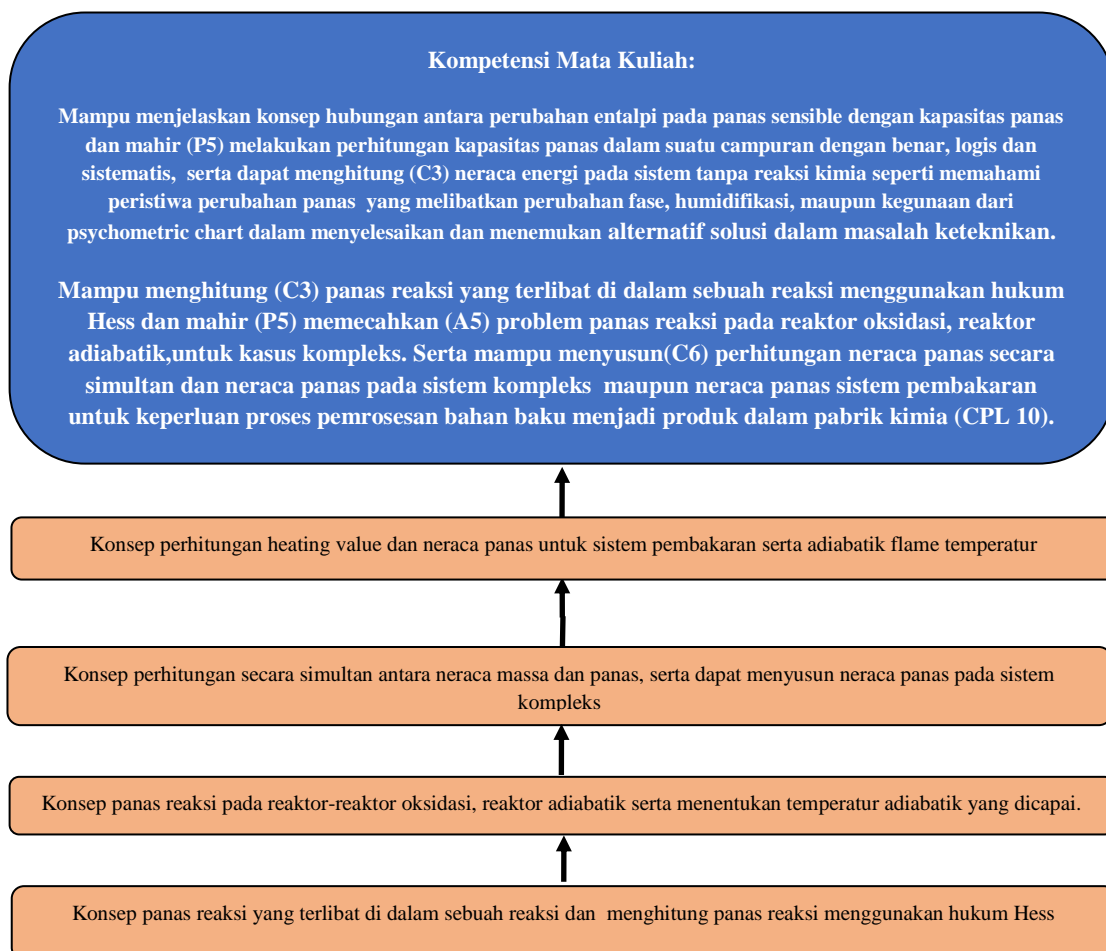
Mampu menghitung (C3) panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi menggunakan hukum Hess dan mahir (P5) memecahkan (A5) problem panas reaksi pada reaktor oksidasi, reaktor adiabatik, untuk kasus kompleks. Serta mampu menyusun (C6) perhitungan neraca panas secara simultan dan neraca panas pada sistem kompleks maupun neraca panas sistem pembakaran untuk keperluan proses pemrosesan bahan baku menjadi produk dalam pabrik kimia (CPL 10).

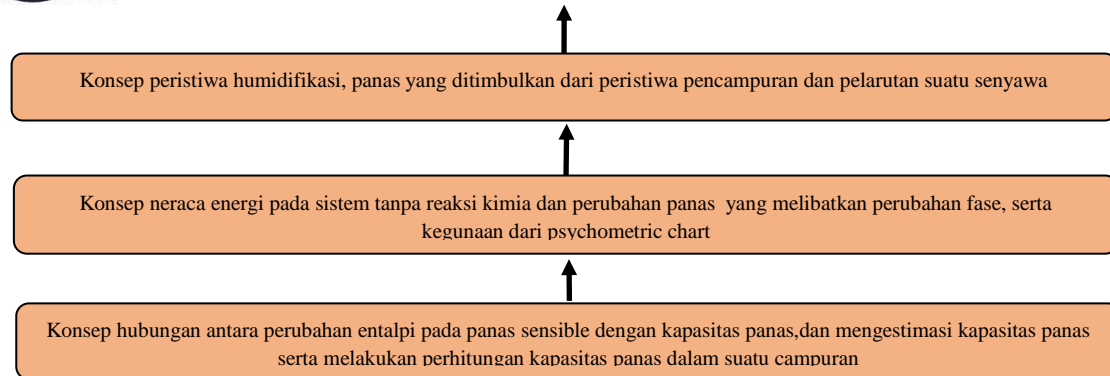
No	Kemampuan Akhir yang direncanakan	Indikator Pencapaian Kompetensi
1	Mampu memahami hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas, dan mengestimasi kapasitas panas serta melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran	<ol style="list-style-type: none">1. Menghitung perubahan entalpi menggunakan kapasitas panas polynomial maupun dan kapasitas panas rata-rata2. Mengestimasi kapasitas panas (jika tidak tersedia dalam bentuk grafik atau table) baik untuk liquid maupun padatan3. Menghitung kapasitas panas campuran
2	Mampu menghitung neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia dan memahami peristiwa perubahan panas yang melibatkan perubahan fase, serta kegunaan dari psychometric chart	<ol style="list-style-type: none">1. Menghitung neraca energi pada gas preheater, WHB, kondensor dan cooler2. Menghitung neraca panas yang melibatkan perubahan fase3. membaca diagram psychometric
3	Mampu memahami peristiwa humidifikasi, panas yang ditimbulkan dari peristiwa pencampuran dan pelarutan suatu senyawa	<ol style="list-style-type: none">1. Menuliskan perhitungan pada alat yang melibatkan peristiwa humidifikasi2. Menghitung panas pelarutan dan pencampuran3. Menghitung neraca energi pada proses pengenceran dan pemekatan suatu zat
4	Mampu menghitung panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi dan menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess	<ol style="list-style-type: none">1. Menghitung panas reaksi standard2. menghitung panas reaksi total menggunakan hukum Hess
5	Mampu menghitung panas reaksi	<ol style="list-style-type: none">1. Menentukan temperature maksimal yang dicapai dalam



No	Kemampuan Akhir yang direncanakan	Indikator Pencapaian Kompetensi
	pada reaktor-reaktor oksidasi, reaktor adiabatik serta mengetahui cara menentukan temperatur adiabatik yang dicapai.	sebuah reaktor adiabatik 2. Membuat perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas
6	Mampu memahami konsep perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas, serta dapat menyusun neraca panas pada sistem kompleks	1. Membuat perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas 2. Membuat perhitungan neraca panas pada sistem kompleks
7	Mampu memahami perhitungan heating value dan neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperatur	1. Menghitung heating value dan menghitung neraca panas untuk sistem pembakaran 2. Menghitung adiabatik flame temperatur

5. ORGANISASI MATERI





6. MATERI/BAHAN BACAAN/REFERENSI

1. Felder, RM and Rousseau., Elementary Principles Of Chemical Processes, John Wiley an Sons, New York.
2. Reklaitis, G.V., Introduction to Material and Energy Balance, John Wiley an Sons, New York.
3. D.M. Himmelblau, 2004. Basic Principles and calculation in Chemical Engineering. Prentice Hall Inc, London
4. Hougen, O.A., Watson, K.M., and Ragats, R.A., 1943, "Chemical Process Principles. Part I. Material and Energy Balances", John Wiley and Sons, New York

7. STRATEGI PERKULIAHAN

Perkuliahan ini berpusat kepada mahasiswa (Student Center Learning). Di awal perkuliahan dosen akan memberikan kuliah singkat atau penjelasan singkat sebelum memulai diskusi dan tanya jawab. Mahasiswa berperan aktif dalam diskusi tanya jawab, diskusi kelompok untuk membahas studi kasus dan di tengah semester dan akhir semester terdapat pembuatan proyek untuk mahasiswa yang dibagi menjadi beberapa kelompok atau Project Based Learning (PjBL). Dengan demikian setiap mahasiswa diharapkan dapat menyampaikan gagasannya dalam pembahasan baik berupa pendapat pribadi atau hasil pendapat kelompok

8. TUGAS-TUGAS

- Terdapat tugas-tugas selama perkuliahan, dimana terdapat tugas individu dan tugas kelompok. Tugas individu diberikan setiap akhir pertemuan dan akan dikumpulkan di awal perkuliahan pertemuan selanjutnya. Tugas individu wajib di tulis tangan di kerta A4 dimana di depan diberi keterangan nama dan nomor pokok.
- Saat Kuliah online menggunakan Zoom dengan nama akun sesuai nama masing-masing dan Wajib Mengaktifkan video
- Mahasiswa dikategorikan hadir ketika menghadiri zoom atau mengerjakan tugas di setiap pertemuan, yg berhalangan hadir harus konfirmasi dengan dosen



9. PENILAIAN DAN KRITERIA PENILAIAN

Dalam menentukan nilai akhir akan digunakan pembobotan sebagai berikut:

Kriteria Penilaian	Bobot Nilai (%)
✓ Presensi	15
✓ Keaktifan	10
✓ Tes tertulis	15
✓ Tugas	20
✓ UTS	20
✓ UAS	20
Nilai Total	100

Rentang Angka Nilai	Nilai Huruf	Bobot	Kriteria
Nilai \geq 85	A	4	Sangat Baik
$80 \leq$ Nilai $<$ 85	A-	3,75	Hampir Sangat Baik
$75 \leq$ Nilai $<$ 80	B+	3,25	Lebih Baik
$70 \leq$ Nilai $<$ 75	B	3	Baik
$65 \leq$ Nilai $<$ 70	B-	2,75	Hampir Baik
$60 \leq$ Nilai $<$ 65	C+	2,25	Lebih dari Cukup
$55 \leq$ Nilai $<$ 60	C	2	Cukup
$45 \leq$ Nilai $<$ 55	D	1	Kurang
Nilai $<$ 45	E	0	Tidak lulus

10. JADWAL PERKULIAHAN

No	Hari/Tanggal	Pokok Bahasan
1	9 September 2023	Kontrak Perkuliahan dan RPS
2	16 September 2023	Kapasitas panas, polynomial (formulasi), Kapasitas panas rata-rata, Cara mengestimasi kapasitas panas, Kapasitas panas campuran
3	23 September 2023	Neraca panas pada alat yang tidak melibatkan reaksi kimia, Panas Latent, Neraca panas yang melibatkan penguapan
4	30 September 2023	Estimasi dan hubungan panas latent, Penguapan parsial suatu campuran, Psychrometric chart
5	7 Oktober 2023	Peristiwa humidifikasi adiabatic
6	14 Oktober 2023	Panas pelarutan dan pencampuran
7	21 Oktober 2023	Neraca energi pengenceran dan pemekatan
8	28 atau 29 Oktober 2023	UTS
9	4 November 2023	Panas reaksi, Penentuan panas reaksi berdasarkan hukum hess



UNIVERSITAS JAYABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Teknik Elektro | Teknik Kimia | Teknik Mesin
TERAKREDITASI B

**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

No	Hari/Tanggal	Pokok Bahasan
10	11 November 2023	Neraca energi pada peristiwa oksidasi
11	18 November 2023	Neraca energy pada reaktor adiabatik
12	25 November 2023	Neraca massa dan energi secara simultan
13	2 Desember 2023	Neraca massa dan energi sistem kompleks
14	9 Desember 2023	Heating value
15	16 Desember 2023	Neraca masa sistem pembakaran, Adiabatik flame temperatur
16	30 Desember atau 6 Januari 2024	UAS

Ketua Kelas

Rayhan Akbar

Jakarta, 1 Maret 2023

Dosen Pengampu

Dody Guntama, S.T., M.Eng

AZAS TEKNIK KIMIA II

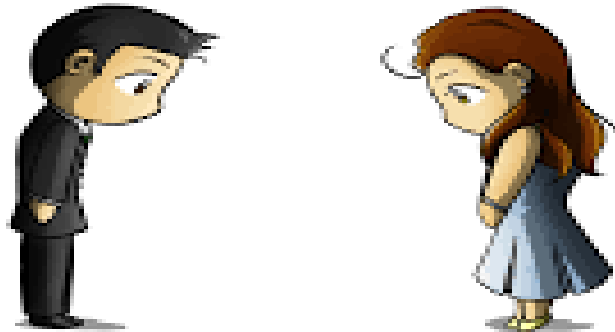
Dody Guntama, S.T., M.Eng



SALAM PERKENALAN

- Nama : Dody Guntama, ST., M.Eng
- No WA: 085273000244
- Email : guntamadody29@gmail.com
- Minat : Wastewater Treatment Processes, Bioproses Engineering, Bioconversion of industrial organic wastes

あいさつ

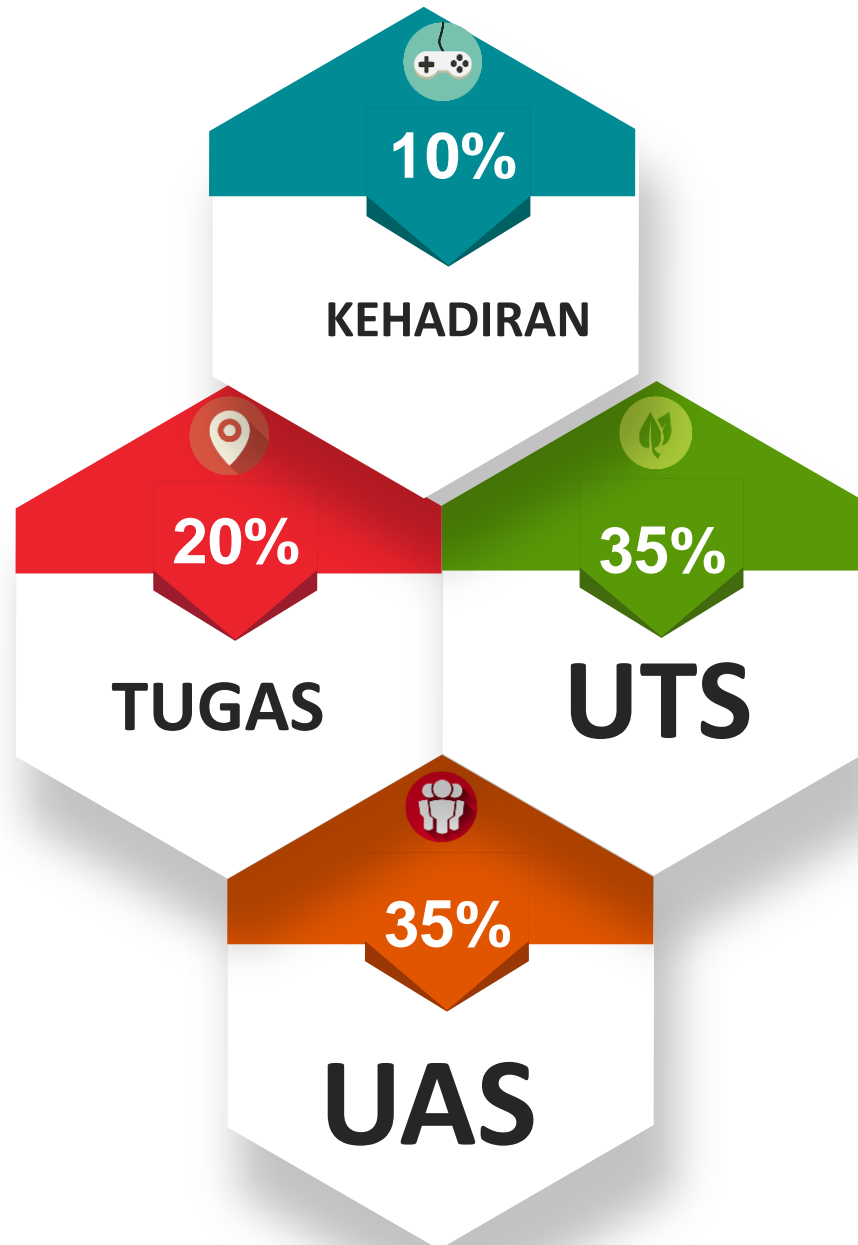


KULIAH ONLINE

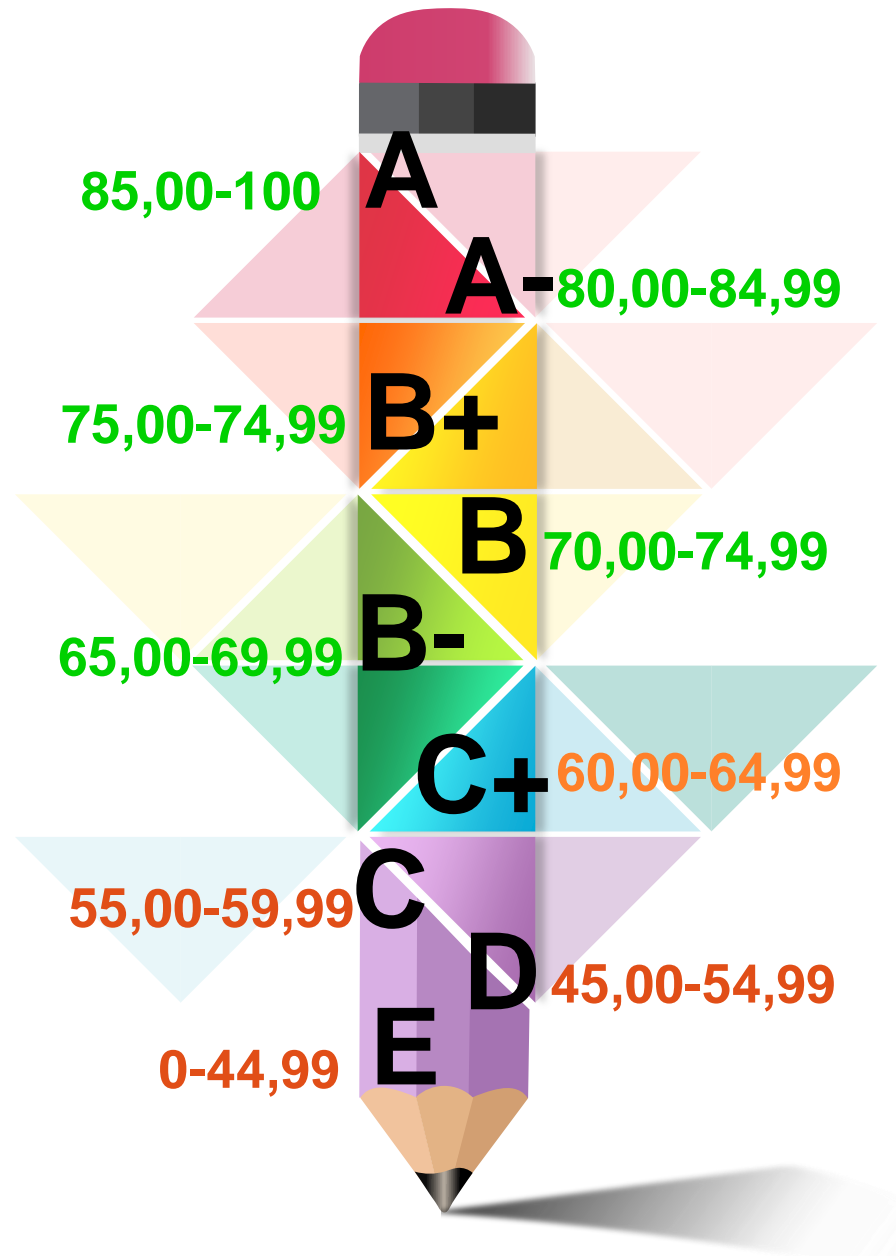


- <http://elearning.ftijayabaya.web.id/mod/elearning/file/home/f1/data.rm>
- **Group WA**
- **Zoom Meeting setiap pertemuan**

BOBOT NILAI



KATAGORI PENILAIAN FINAL



CATATAN

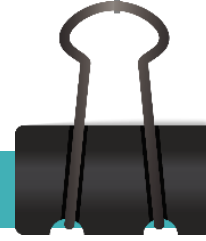


KEATIFAN



Keaktifan dalam mengikuti perkuliahan sangat diharapkan agar terjadi timbal balik antara dosen dan mahasiswa

Kerjasama



Latihan/Tugas



Latihan dan Tugas menjadi penting agar dosen dapat melihat sejauh mana materi kuliah dapat diserap mahasiswa

Kerjakan

DESKRIPSI MATA KULIAH

- Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib di program studi Teknik Kimia yang mengkaji tentang berbagai konsep Neraca Panas yang terlibat pada beberapa alat industri seperti heat exchanger dan reaktor
- Metode pembelajaran yang digunakan meliputi teori yang disampaikan dengan ceramah, diskusi/Tanya jawab, serta latihan. Tugas yang diberikan kepada mahasiswa berupa latihan penyelesaian soal.

DESKRIPSI MATA KULIAH

- Tugas yang diberikan kepada mahasiswa mulai dari soal-soal sederhana sampai dengan soal yang kompleks.
- Evaluasi yang digunakan adalah penilaian tugas yang diberikan baik tugas di dalam kelas maupun tugas yang dikerjakan di rumah, ujian tengah semester dan ujian akhir semester.

CAPAIAN PEMBELAJARAN

- Mampu menghitung panas yang terlibat (dibutuhkan atau dibuang) pada suatu alat proses secara sederhana
- Mampu menghitung panas yang terlibat (dibutuhkan atau dibuang) pada suatu alat proses yang lebih kompleks
- Mampu menyelesaikan persoalan neraca panas yang secara simultan dengan neraca massa.
- Mampu menghitung panas reaksi yang berlangsung pada reaktor.

CPL PROGRAM STUDI

- Bekerjasama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan
- Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri
- Konsep teoritis sains-rekayasa (engineering principles), prinsip-prinsip rekayasa (engineering principles) dan dan peralatan yang diperlukan untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang mempunyai nilai tambah.

CPL PROGRAM STUDI

- Mampu menerapkan matematika, sains alam, dan prinsip rekayasa (engineering principles) untuk menyelesaikan masalah rekayasa kompleks pada proses, sistem pemrosesan, dan peralatan yang diperlukan untuk mengubah Bahan baku menjadi produk yang mempunyai nilai tambah melalui reaksi kimia
- Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya.

14. Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan

Pert. Ke	Kompetensi	Indikator	Materi	Bentuk Pembelajaran (Metode)	Bobot Nilai (%)	Waktu	Referensi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1.	Memahami <u>tujuan pembelajaran azas teknik kimia II secara keseluruhan</u>	Mampu memaparkan <u>secara jelas tujuan pembelajaran azas teknik kimia II secara keseluruhan</u>	<u>Pendahuluan tentang Azas teknik kimia II dan neraca energi</u>	- Ceramah - Diskusi	7%	150	1,2, dan 3
2.	Memahami <u>hubungan antara perubahan entalpi pada panas sensible dengan kapasitas panas serta dapat mengaplikasikanya</u>	Mampu <u>menghitung dengan mahir perubahan entalpi baik menggunakan kapasitas panas polynomial maupun dengan kapasitas panas rata-rata</u>	<u>Kapasitas panas polynomial (formulasi)</u> <u>Kapasitas panas rata-rata</u>	- Ceramah - Diskusi	7%	75'	1,2, dan 3
	Memahami <u>bagaimana cara mengestimasi kapasitas panas</u> <u>Mampu melakukan perhitungan kapasitas panas dalam suatu campuran</u>	Mampu <u>mengstimasi kapasitas panas (jika tidak tersedia dalam bentuk grafik atau table) baik untuk liquid maupun padatan</u> <u>Mampu menghitung kapasitas panas campuran</u>	<u>Cara mengestimasi kapasitas panas</u> <u>Kapasitas panas campuran</u>	- Ceramah - Diskusi	7%	75'	1,2, dan 3
3.	Memahami <u>cara menghitung neraca energi pada sistem tanpa reaksi kimia</u>	Mampu <u>menghitung neraca energi pada gas preheater, WHB, kondensor dan cooler</u>	<u>Neraca panas pada alat yang tidak melibatkan reaksi kimia</u>	- Ceramah - Diskusi	7%	75'	1,2, dan 3

Pert. Ke	Kompetensi	Indikator	Materi	Bentuk Pembelajaran (Metode)	Bobot Nilai (%)	Waktu	Referensi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	<u>Memahami peristiwa perubahan panas yang melibatkan perubahan fase</u>	<u>Mampu menghitung neraca panas yang melibatkan perubahan fase</u>	<u>Panas Latent</u> <u>Neraca panas yang melibatkan penguapan</u> <u>Estimasi dan hubungan panas latent</u>	- <u>Ceramah</u> - <u>Diskusi</u>	7%	75'	1,2, dan 3
4.	<u>Memahami kegunaan dari psychometric chart seta dapat mengaplikasikannya</u>	<u>Mampu membaca diagram psychometric</u> <u>Dapat menghitung baik neraca massa maupun energi pada AC</u>	<u>Penguapan parsial suatu campuran</u> <u>Psychrometric chart</u> <u>Neraca massa dan energi pada AC</u>	- <u>Ceramah</u> - <u>Diskusi</u>	7%	150	1,2, dan 3
5.	<u>Memahami peristiwa humidifikasi</u> <u>Memahami panas yang ditimbulkan dari peristiwa pencampuran dan pelarutan suatu senyawa</u>	<u>Dapat membuat perhitungan pada alat yang melibatkan peristiwa humidifikasi</u> <u>Dapat menghitung panas pelarutan dan pencampuran</u>	<u>Peristiwa humidifikasi adiabatic</u> <u>Panas pelarutan dan pencampuran</u>	- <u>Ceramah</u> - <u>Diskusi</u>	7%	150	1,2, dan 3
6.	<u>Memahami panas yang ditimbulkan dari peristiwa pencampuran dan pelarutan suatu senyawa</u>	<u>Mampu menghitung neraca energi pada proses pengenceran dan pemekatan suatu zat</u>	<u>Neraca energi pengenceran dan pemekatan</u>	- <u>Ceramah</u> - <u>Diskusi</u>	7%	150	1,2, dan 3
7.			<u>Quis</u>	<u>Tes Tertulis</u>		150	

Pert. Ke	Kompetensi	Indikator	Materi	Bentuk Pembelajaran (Metode)	Bobot Nilai (%)	Waktu	Referensi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
8.	UJIAN TENGAH SEMESTER						
9.	Memahami cara menghitung panas reaksi yang terlibat di dalam sebuah reaksi Memahami cara menghitung panas reaksi menggunakan hukum Hess	Mampu menghitung panas reaksi standard Mampu menghitung panas reaksi total menggunakan hukum Hess	Panas reaksi Penentuan panas reaksi berdasarkan hukum hess	- Ceramah - Diskusi	7%	150	1,2, dan 3
10.	Memahami cara menghitung panas reaksi pada reaktor-reaktor oksidasi	Mampu menghitung panas reaksi pada reaksi oksidasi, dimana konversi tidak 100 %	Neraca energi pada peristiwa oksidasi	- Ceramah - Diskusi	7%	150	1,2, dan 3
11.	Memahami peristiwa yang terjadi pada reaktor adiabatik serta mengetahui cara menentukan temperatur adiabatik yang dicapai	Mampu menentukan temperature maksimal yang dicapai dalam sebuah reaktor adiabatik	Neraca energy pada reaktor adiabatik	- Ceramah - Diskusi	7%	150	1,2, dan 3
12.	Memahami perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas	Mampu membuat perhitungan secara simultan antara neraca massa dan panas	Neraca massa dan energi secara simultan	- Ceramah - Diskusi	7%	150	1,2, dan 3
13.	Memahami cara menghitung neraca panas pada sistem kompleks	Mampu membuat perhitungan neraca panas pada sistem kompleks	Neraca massa dan energi sistem kompleks	- Ceramah - Diskusi	8%	150	1,2, dan 3
14.	Memahami perhitungan heating value dan Neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperatur	Mampu menghitung heating value dan menghitung neraca panas untuk sistem pembakaran serta adiabatik flame temperatur	Heating value Neraca masa sistem pembakaran Adiabatik flame temperatur	- Ceramah - Diskus	8%	150	1,2, dan 3
15.			Quis	Tes tertulis		150	
16.	UJIAN AKHIR SEMESTER						

BAHAN PUSTAKA

- R.M Felder & Rousseau, *Elementary Principles of Chemical Processes*. John Willey & Sons, New York.
- G.V Reklaitis, introduction to material and energy balance.1983
- D.M. Himmelblau, 1982. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, London.

- **Neraca Massa**

Hal yang paling mendasar dalam CET, massa total yang masuk harus sama dengan massa yang keluar

- **Neraca Energi**

Mempelajari tentang energy, belajar heat transfer dan thermodinamika.

- **Keseimbangan**

Keseimbangan dalam teknik kimia mengacu pada titik yang sifatnya seakan akan statis, padahal tidak statis. Keseimbangan dapat berupa keseimbangan reaksi, fasa, dll

- **Rate Process**

Proses transfer adalah pedoman untuk mempelajari proses kecepatan dalam perpindahan massa maupun panas

- **Ekonomi**

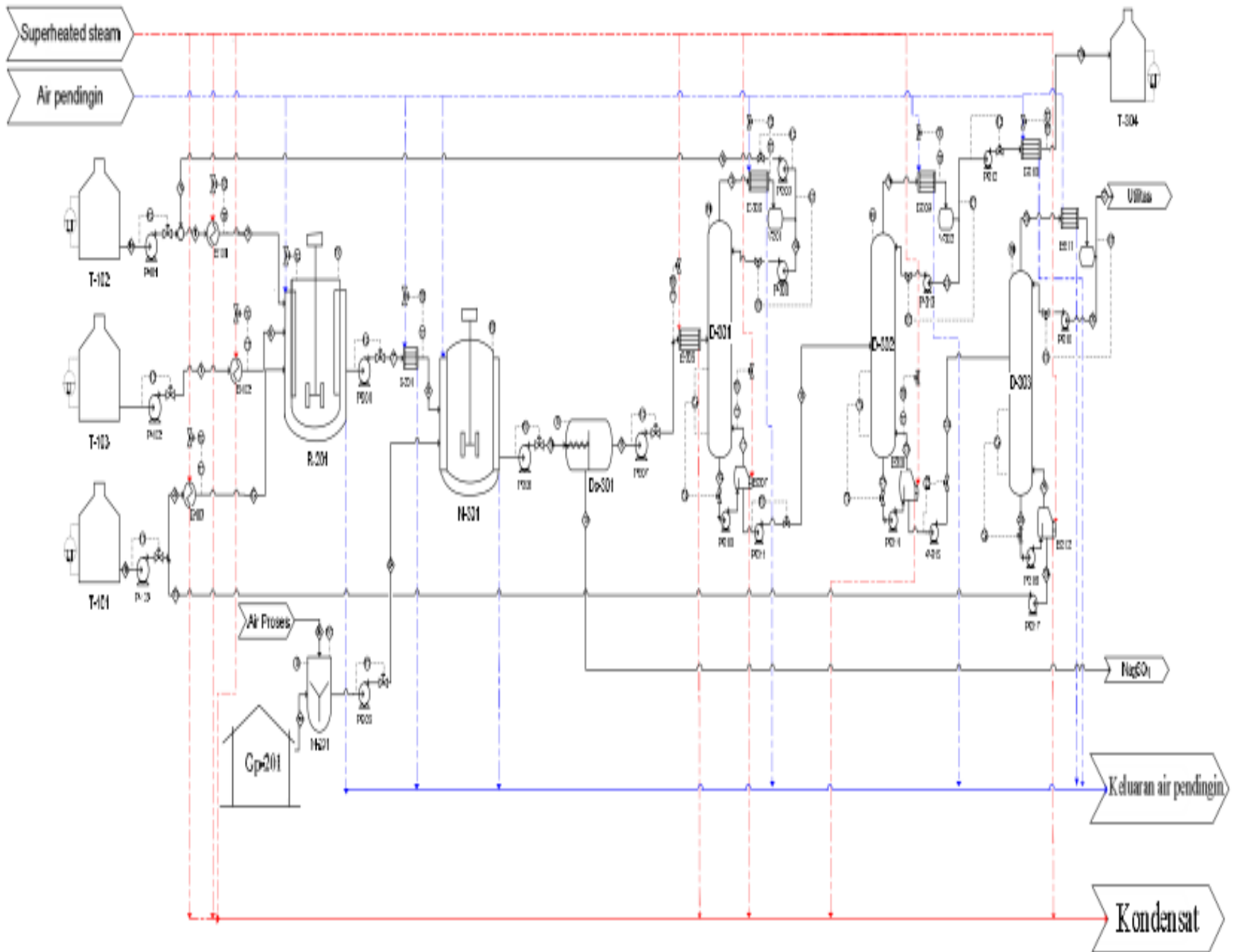
Dala teknik kimia dalam merancang aspek ekonomi juga diperhatikan, mana yang paling ekonomis dan layak

- **Humanitas**

Dalam melakukan perancangan sarjana teknik kimia harus mempertimbangkan aspek lingkungan , aspek social dalam menjalankan profesi kita

Pentingnya mempelajari neraca energi

- Neraca energy adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara energy masuk dan energy keluar suatu system yang berdasarkan pada satuan waktu operasi.
- Neraca massa atau panas suatu sistem proses dalam industri merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan-bahan yang masuk, yang keluar, yang terakumulasi (tersimpan) dan yang terbuang dalam sistem itu. Perhitungan neraca digunakan untuk mencari variable proses yang belum diketahui, berdasarkan data variable proses yang telah ditentukan/diketahui. Oleh karena itu, perlu disusun persamaan yang menghubungkan data variable proses yang telah diketahui dengan variabel proses yang ingin dicari.



ENERGI

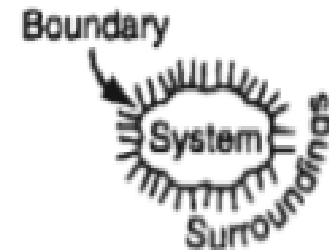
- Secara umum energy dapat dinyatakan sebagai kemampuan obyek dalam melakukan kerja.
- Neraca energy didasarkan pada hukum kekekalan energy yaitu energy tidak dapat dilenyapkan atau diciptakan, hanya berubah dari satu bentuk energy ke bentuk lainnya atau di transfer dari satu obyek ke obyek lainnya
- Untuk suatu system :

Kecepatan energy masuk-kec. Energi keluar = kec. Akumulasi

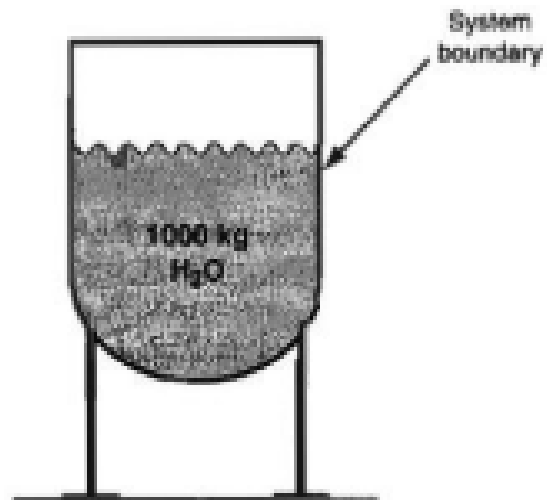
pada keadaan steady state maka kecepatan akumulasi=0

KONSEP POKOK

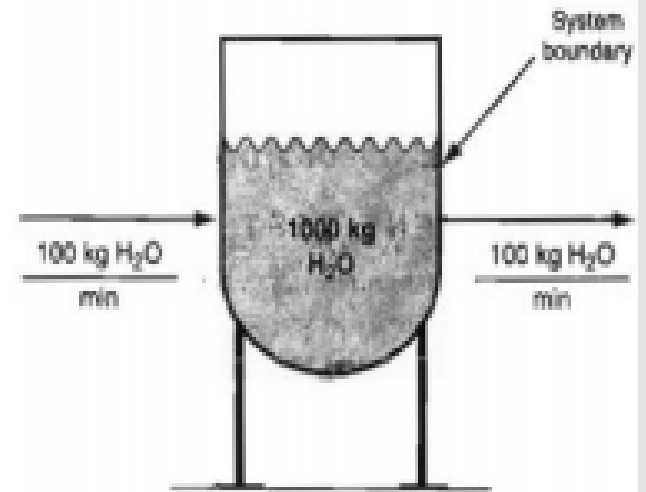
- Sistem merupakan sembarang massa materi atau bagian peralatan tertentu pada apa kita harus mencurahkan perhatian kita. Suatu sistem dipisahkan dengan lingkungan oleh suatu batas sistem
- Lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di luar sistem
- Batas sistem merupakan suatu permukaan yang memisahkan antara sistem dengan lingkungan.



MACAM SISTEM



Sistem Tertutup



Sistem Terbuka

MACAM SISTEM

- Sistem terbuka (sistem aliran) merupakan sistem dimana memungkinkan terjadinya pertukaran massa maupun energi antara sistem dengan lingkungan
- Sistem tertutup (sistem non-aliran) Merupakan sistem yang tidak memungkinkan terjadinya pertukaran massa antara sistem dan lingkungan namun masih memungkinkan terjadinya pertukaran energi

NERACA PANAS

- NERACA PANAS
Hukum konservasi energy
(hk I termodinamika):
- $[Energi\ masuk] - [energi\ keluar] + [energi\ yang\ terbangkitkan\ sistem] - [energi\ yang\ dikonsumsi\ sistem] = [energi\ terakumulasi\ dalam\ sistem]$

Bentuk-bentuk energi :

- 1. Energi potensial (EP) : akibat posisi objek relatif terhadap bidang datum (bidang referensi).
- 2. Energi Kinetik (EK) : akibat gerakan objek.
- 3. Internal Energi (U) : akibat gerakan molekuler di dalam bahan.
- 4. Work / Kerja (W) :
 - a. Shaft work : kerja turbin. Contoh : turbin air, pompa, kompresor.
 - b. Kerja yang hilang karena gesekan / friksi. Contoh : friksi di permukaan pipa.
- 5. Heat/ panas (Q).
- 6. Energi listrik.

The background features a light gray gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across the surface. A faint, circular, textured pattern is visible in the upper right quadrant, resembling a fingerprint or a similar circular design.

TUGAS PERTEMUAN 4

DODY GUNTAMA, S.T., M.ENG

PETUNJUK

- KERJAKAN SECARA MANUAL
- TULIS DI KERTAS
- SCAN DAN DISIMPAN DALAM BENTUK FILE PDF
- KUMPULKAN DI E-LEARNING

KERJAKAN LAGI BIAR PINTAR???

TENTUKAN PANAS YANG DIPERLUKAN UNTUK MENAIKKAN SUHU 1 MOL PROPANE DARI 240 °C MENJADI 700 °C. JIKA DIKETAHUI DATA

$$A = 68,032 \times 10^{-3}$$

$$B = 22,59 \times 10^{-5}$$

$$C = -13,11 \times 10^{-8}$$

$$D = 31,71 \times 10^{-12}$$

$$C_P = A + BT + CT^2 + DT^3$$

SOAL

CAMPURAN GAS DENGAN KOMPOSISI $\text{CO}_2=9\%$,
 $\text{CO}=2\%$, $\text{O}_2=7\%$ DAN $\text{N}_2=82\%$, DENGAN CP
MASING-MASING:

$$\text{CO}_2 : \text{CP} = 7 + 0,8T - 0,004T^2$$

$$\text{CO} : \text{CP} = 6 + 0,9T - 0,005T^2$$

$$\text{O}_2 : \text{CP} = 8 + 0,5T - 0,003T^2$$

$$\text{N}_2 : \text{CP} = 7 + 0,7T - 0,009T^2$$

HITUNG PERBEDAAN ENTHALPY PADA SUHU 200°F DAN
 500°F DENGAN SATUAN CP : $\text{BTU/LBMOL}^\circ\text{F}$



PERTEMUAN KEDUA ATK II

Dody Guntama, S.T., M.Eng

ENERGI

Secara umum energy dapat dinyatakan sebagai kemampuan obyek dalam melakukan kerja.

Neraca energy didasarkan pada hukum kekekalan energy yaitu energy tidak dapat dilenyapkan atau diciptakan, hanya berubah dari satu bentuk energy ke bentuk lainnya atau di transfer dari satu obyek ke obyek lainnya

Untuk suatu system :

Kecepatan energy masuk-kec. Energi keluar = kec. Akumulasi
pada keadaan steady state maka kecepatan akumulasi=0

SISTEM & SIFAT-SIFAT DASAR NERACA ENERGI

SISTEM
TERTUTUP



Jika system tersebut tidak mengalami pemasukan atau pengeluaran massa. Sebuah sistem tertutup mungkin mengalami pemasukan atau pengeluaran energi yang dapat berupa panas, kerja, listrik atau magnet.



SISTEM & SIFAT-SIFAT DASAR NERACA ENERGI

SISTEM TERISOLIR



Merupakan sistem tertutup, Jika sistem tersebut tidak mengalami pemasukan atau pengeluaran massa dan energi dalam bentuk apapun.



SISTEM ADIABATIK



Merupakan sistem terbuka maupun tertutup, Jika sistem tersebut tidak mengalami pemasukan atau pengeluaran energi dalam bentuk panas.

Bentuk-bentuk energi :

- 1. Energi potensial (EP) : akibat posisi objek relatif terhadap bidang datum (bidang referensi).
- 2. Energi Kinetik (EK) : akibat gerakan objek.
- 3. Internal Energi (U) : akibat gerakan molekuler di dalam bahan.
- 4. Work / Kerja (W) :
 - a. Shaft work : kerja turbin. Contoh : turbin air, pompa, kompresor.
 - b. Kerja yang hilang karena gesekan / friksi. Contoh : friksi di permukaan pipa.
- 5. Heat/ panas (Q).
- 6. Energi listrik.

ENERGI TERSIMPAN DALAM BENDA

ENERGI
KINETIK (E_k)



Energi yang dimiliki benda (bagian sistem atau keseluruhan sistem) untuk berhubungan dengan gerak relatifnya terhadap benda atau bagian lain yang ikut menyusun sistem bersangkutan.

Nilai energi kinetik persatuan massa.

$$E_k = \frac{1}{2} .v^2$$

v = kecepatan linier gerak benda, m/s

ENERGI TERSIMPAN DALAM BENDA

ENERGI POTENSIAL (E_p)



Dua tipe energi potensial yang penting untuk diperhitungkan di dalam sistem pemroses kimia-fisik adalah:

1. Energi potensial sehubungan dengan posisi benda di dalam medan gravitasi.

$$E_p = g \cdot z$$

g = percepatan gravitasi, $9,8 \text{ m/s}^2$

z = ketinggian benda terhadap permukaan bumi.

2. Energi potensial sehubungan dengan perubahan bentuk atau volum

$$E_p = P \cdot V$$

P = tekanan yang diderita benda karena desakan benda disekitarnya,
 N/m^2

V = volum spesifik benda, m^3/kg

ENERGI TERSIMPAN DALAM BENDA

ENERGI
DALAM (U)



Energi yang dimiliki benda untuk mempertahankan struktur molekul-molekul penyusunnya, serta mempertahankan gerakan-gerakan translasi, vibrasi, dan rotasi molekul-molekul tersebut.

$$U = f(T)$$

ENTALPI



Sebuah besaran yang diturunkan secara matematik, yaitu kemudahan untuk menuliskan $H=(U + PV)$ yang sering muncul bersamaan.

MACAM-MACAM PERUBAHAN ENTALPI (PANAS)

1. **Sensible (Panas yang bisa dirasakan perubahan suhunya)**

Panas Sensibel adalah perubahan harga entalpi yang cukup besar tanpa diikuti perubahan fase, hanya terjadi perubahan suhu

Kapasitas panas (c_p) = banyaknya panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu setiap satuan massa setiap satuan suhu.

Untuk padatan dan gas, C_p merupakan fungsi suhu.

Beberapa sumber data-data C_p :

a. $C_p = f(T)$

b. C_p dalam bentuk grafik

c. C_p untuk foods and biological material

2. **Laten (panas perubahan fase dengan suhu tetap)**

- a) Panas peleburan (dari fase padat menjadi cair)
- b) Panas sublimasi (dari fase padat menjadi gas)
- c) Panas kondensasi (dari fase gas menjadi cair)
- d) Panas penguapan (dari fase cair menjadi gas)

Panas Laten adalah suatu energy yang diperlukan untuk mengubah wujud suatu zat

3. reaksi (panas yang dihasilkan atau dibutuhkan pada proses yang melibatkan reaksi kimia).

Macam-macam entalpi reaksi :

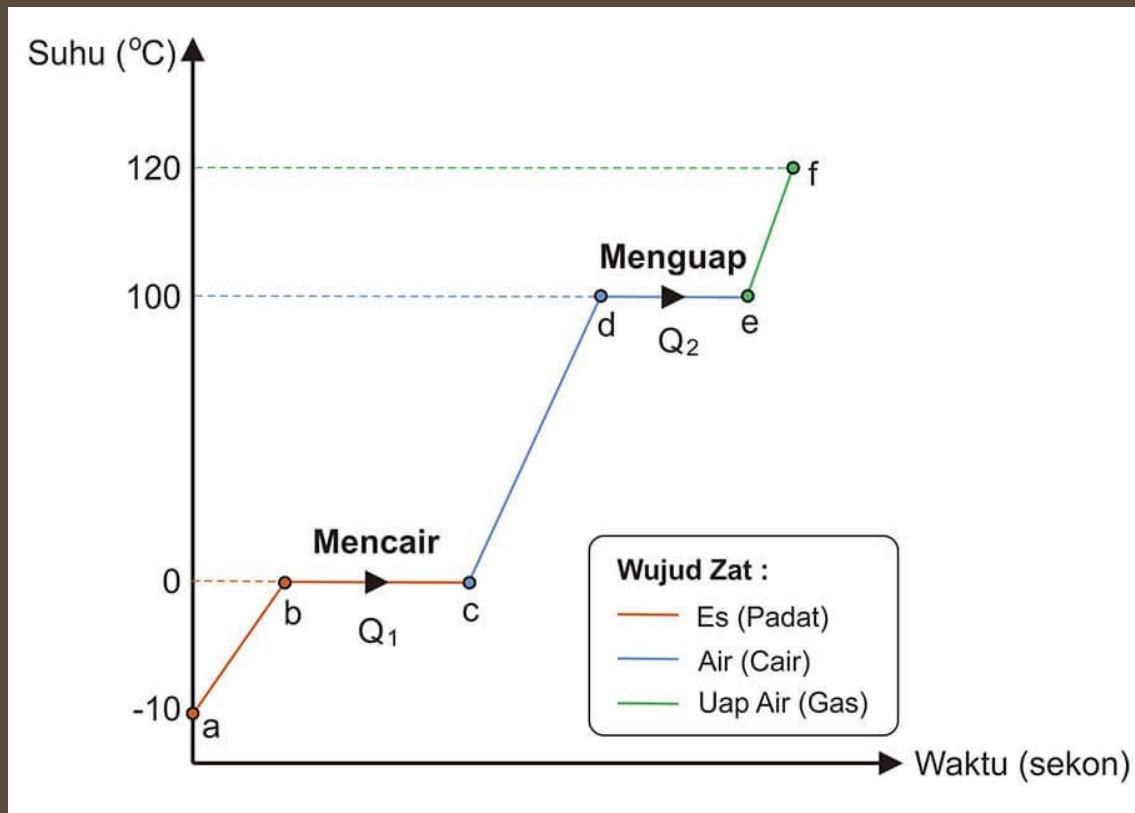
- a. Heat of reaction.
- b. Heat of formation.
- c. Heat of combustion

TERMOKIMIA

Semua reaksi melibatkan penyerapan atau pelepasan panas dengan nilai yang berbeda-beda

- Reaksi eksotermik → reaksi yang melepaskan panas.
- Reaksi endotermik → reaksi yang menyerap panas
- Reaksi atermik → reaksi yang melepaskan atau menyerap panas sedikit dan nilainya dapat diabaikan.

MACAM-MACAM KALOR



Kalor Laten: Rute b-c dan d-e

Kalor Sensibel : Rute a-b dan e-f

FORMULA KALOR LATEN



U = kalor jenis penguapan/pengembunan

L = kalor jenis peleburan

Note: notasi dapat berbeda untuk setiap referensi.

data kalor jenis diperoleh di berbagai literatur

Satuan Q = joule , kJ atau satuan energi yang lainnya

FORMULA KALOR SENSIBEL

$$Q = mc\Delta T$$

Keterangan:

Q	= Kalor (J)
m	= Massa (Kg)
c	= Kalor jenis (J/Kg ^o C)
ΔT	= Perubahan suhu (oC)

CONTOH SOAL

Berapa Kalor yang dibutuhkan memanaskan air 10 liter dari temperatur 30 °C menjadi 100 °C ?

$$\text{Kalor Jenis Air} = 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kalor Jenis Air} = 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q &= 10 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (100 - 30) ^\circ\text{C} \\ &= 2,940,000 \text{ Joule} \end{aligned}$$

CONTOH SOAL

200 kg air bersuhu 40 °C dicampur dengan 100 kg air yang bersuhu 70 °C.
Berapa suhu air hasil pencampuran tersebut?

$$m_1 = 200 \text{ kg}$$

$$m_2 = 100 \text{ kg}$$

$$T_1 = 40^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 70^\circ\text{C}$$

$$T_c?$$

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 \times C_p \times (T_c - T_1) = m_2 \times C_p \times (T_2 - T_c)$$

$$200 \text{ kg} \times (T_c - 40) = 100 \times (70 - T_c)$$

$$200 T_c - 8000 = 7000 - 100 T_c$$

$$300 T_c = 15000$$

$$T_c = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

BAGAIMANA MENGHITUNG PANAS/HEAT SENSIBEL?

- Jika sebuah sistem mengalami perubahan temperatur dari T_1 menjadi T_2 maka perubahan entalpi sensibel dapat dihitung menggunakan kapasitas panas rata-rata pada selang temperatur yang sesuai.

$$\Delta H_s = m C_{p_{rata-rata}}(T_2 - T_1)$$

Dengan m = jumlah mol (massa) benda.

Integrasi $C_p dT$ dengan batas T_1 dan T_2

$$\Delta H_s = m \int C_p dT$$

MENGHITUNG PANAS SENSIBLE (DENGAN CARA INTEGRAL)

$$Q = \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT$$

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (\text{kJ/mol/}^\circ\text{C})$$

integrasi

a, b, c, d diperoleh dari Tabel

$T = ^\circ\text{C}$

C_p = Heat capacities (Kapasitas Panas)

$$\Delta H' = \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2) dT$$

$$= a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3)$$

$$Cp \text{ rata2} = \frac{\Delta H'}{T_2 - T_1}$$

Table B.2 Heat Capacities*

Form 1: C_p [kJ/(mol·°C)] or [kJ/(mol·K)] = $a + bT + cT^2 + dT^3$
 Form 2: C_p [kJ/(mol·°C)] or [kJ/(mol·K)] = $a + bT + cT^{-2}$

Example: $(C_p)_{\text{benzene(g)}} = 0.07196 + (20.10 \times 10^{-5})T - (12.78 \times 10^{-8})T^2 + (34.76 \times 10^{-12})T^3$, where T is in °C.

Note: The formulas for gases are strictly applicable at pressures low enough for the ideal gas equation of state to apply.

Compound	Formula	Mol. Wt.	State	Form	Temp. Unit	$a \times 10^7$	$b \times 10^5$	$c \times 10^8$	$d \times 10^{12}$	Range (Units of T)
Acetone	CH ₃ COCH ₃	58.08	l	1	°C	123.0	18.6			-30-60
			g	1	°C	71.96	20.10	-12.78	34.76	0-1200
Acetylene	C ₂ H ₂	26.04	g	1	°C	42.43	6.053	-5.033	18.20	0-1200
Air		29.0	g	1	°C	28.94	0.4147	0.3191	-1.965	0-1500
			g	1	K	28.09	0.1965	0.4799	-1.965	273-1800
Ammonia	NH ₃	17.03	g	1	°C	35.15	2.954	0.4421	-6.686	0-1200
Ammonium sulfate	(NH ₄) ₂ SO ₄	132.15	c	1	K	215.9				275-328
Benzene	C ₆ H ₆	78.11	l	1	°C	126.5	23.4			6-67
			g	1	°C	74.06	32.95	-25.20	77.57	0-1200
Isobutane	C ₄ H ₁₀	58.12	g	1	°C	89.46	30.13	-18.91	49.87	0-1200
n-Butane	C ₄ H ₁₀	58.12	g	1	°C	92.30	27.88	-15.47	34.98	0-1200
Isobutene	C ₄ H ₈	56.10	g	1	°C	82.88	25.64	-17.27	50.50	0-1200
Calcium carbide	CaC ₂	64.10	c	2	K	68.62	1.19	-8.66 × 10 ¹⁰	—	298-720
Calcium carbonate	CaCO ₃	100.09	c	2	K	82.34	4.975	-12.87 × 10 ¹⁰	—	273-1033
Calcium hydroxide	Ca(OH) ₂	74.10	c	1	K	89.5				276-373
Calcium oxide	CaO	56.08	c	2	K	41.84	2.03	-4.52 × 10 ¹⁰		273-1173
Carbon	C	12.01	c	2	K	11.18	1.095	-4.891 × 10 ¹⁰		273-1373
Carbon dioxide	CO ₂	44.01	g	1	°C	36.11	4.233	-2.887	7.464	0-1500
Carbon monoxide	CO	28.01	g	1	°C	28.95	0.4110	0.3548	-2.220	0-1500
Carbon tetrachloride	CCl ₄	153.84	l	1	K	93.39	12.98			273-343
Chlorine	Cl ₂	70.91	g	1	°C	33.60	1.367	-1.607	6.473	0-1200
Copper	Cu	63.54	c	1	K	22.76	0.6117			273-1357

*Adapted in part from D. M. Himmelblau, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, 3rd Edition, © 1974, Table E.1. Adapted by permission of Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

(continued)

CONTOH SENYAWA TUNGGAL:

Tentukan Panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 mol gas etana dari 260 C menjadi 600 C.

Prosedur Penyelesaian :

1. Lihat data a , b , c , d pada Tabel B.2 untuk etana
2. Integralkan
3. Masukkan data a , b , c dan d ke dalam persamaan polinomial sehingga didapat nilai Q

$$T_1 = 260 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dari Tabel B.2 Felder

$$a = 49,37 \times 10^{-3}$$

$$b = 13,92 \times 10^{-5}.$$

$$c = -5,816 \times 10^{-8}.$$

$$d = 7,28 \times 10^{-12}$$

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

$$Q = \int_{260}^{600} C_p \cdot dT$$

$$Q = \int_{260}^{600} (a + bT + cT^2 + dT^3) \cdot dT$$

$$Q = aT \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{b}{2} \times T^2 \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{c}{3} \times T^3 \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{d}{4} \times T^4 \Big|_{T_1}^{T_2}$$

$$Q = a(600 - 260) + \frac{b}{2} (600^2 - 260^2) + \frac{c}{3} (600^3 - 260^3) + \frac{d}{4} (600^4 - 260^4)$$

$$Q = (49,37 \times 10^{-3})(600 - 260) + \frac{13,92 \times 10^{-5}}{2} (600^2 - 260^2) - \frac{5,816 \times 10^{-8}}{3} (600^3 - 260^3) + \frac{7,28 \times 10^{-12}}{4} (600^4 - 260^4)$$

$$Q = 16,786 + 20,351 - 3,846 + 0,228 = 33,519 \text{ kJ/mol}$$

CONTOH

- Tentukan entalpi 1 kg udara yang dipanaskan dari temperatur 25°C menjadi 100°C

Diket: $T_1 = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$

$T_2 = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$

$C_{\text{prata-rata udara}} = 6,996 \text{ cal}/(\text{mol.K})$

- Penggunaan C_p udara sebagai fungsi temperatur

$$= 6,3856 + 1,76238 \times 10^{-3}T - 0,26477 \times 10^{-6}T^2$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Berat molekul udara} &= 0,79\text{N}_2 + 0,21\text{O}_2 \\ &= 0,79 \times 28 + 0,21 \times 32 \\ &= 28,84 \text{ gram/mol}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah udara 1 kg} = 1000 \text{ g} = 1000/28,84 = 34,67 \text{ mol}$$

$$\Delta H_s = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta H_s = 34,67 \times 6,996 (373 - 298) = 18191,349 \text{ cal}$$

- Penggunaan C_p udara sebagai fungsi temperatur
 $= 6,3856 + 1,76238 \times 10^{-3}T - 0,26477 \times 10^{-6}T^2$

$$\Delta H_s = m \int C_p dT$$

$$= 34,67 \int (6,3856 + 1,76238 \times 10^{-3}T - 0,26477 \times 10^{-6}T^2) dT$$

$$= 34,67 \times (6,3856T + 1,76238 \times 10^{-3}T^2/2 - 0,26477 \times 10^{-6}T^3/3)$$

$$= 34,67 \times (6,3856(373-298) + 1,76238 \times 10^{-3} (373^2-298^2)/2 - 0,26477 \times 10^{-6}(373^3 - 298^3)/3)$$

$$= 18063,811 \text{ cal}$$

The background of the slide is a light gray gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across it. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

AZAS TEKNIK KIMIA II

PERTEMUAN KETIGA

DODY GUNTAMA, S.T., M.ENG



**BAGAIMANA MENGHITUNG PANAS/HEAT
SENSIBEL?**

- Jika sebuah sistem mengalami perubahan temperatur dari T_1 menjadi T_2 maka perubahan entalpi sensibel dapat dihitung menggunakan kapasitas panas rata-rata pada selang temperatur yang sesuai.

$$\Delta H_s = m C_{p_{\text{rata-rata}}}(T_2 - T_1)$$

Dengan m = jumlah mol (massa) benda.

Integrasi $C_p dT$ dengan batas T_1 dan T_2

$$\Delta H_s = m \int C_p dT$$

MENGHITUNG PANAS SENSIBLE (DENGAN CARA INTEGRAL)

$$Q = \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT$$

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (\text{kJ/mol/}^\circ\text{C})$$

integrasi

a, b, c, d diperoleh dari Tabel

$T = ^\circ\text{C}$

C_p = Heat capacities (Kapasitas Panas)

$$\Delta H' = \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2) dT$$

$$= a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3)$$

$$Cp \text{ rata2} = \frac{\Delta H'}{T_2 - T_1}$$

● CONTOH SENYAWA TUNGGAL:

TENTUKAN PANAS YANG DIPERLUKAN UNTUK MENAIKKAN SUHU 1 MOL METANA DARI 260 °C MENJADI 600 °C. JIKA DIKETAHUI DATA

$$A = 34,31 \times 10^{-3}$$

$$B = 5,469 \times 10^{-5}$$

$$C = 0,3661 \times 10^{-8}$$

$$D = -11 \times 10^{-12}$$

$$C_P = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$Q = \int_{260}^{600} Cp.dT$$

$$Q = \int_{260}^{600} (a + bT + cT^2 + dT^3).dT$$

$$Q = aT \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{b}{2} xT^2 \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{c}{3} xT^3 \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{d}{4} xT^4 \Big|_{T_1}^{T_2}$$

$$Q = a(600 - 260) + \frac{b}{2} (600^2 - 260^2) + \frac{c}{3} (600^3 - 260^3) + \frac{d}{4} (600^4 - 260^4)$$

$$Q = (34,31 \times 10^{-3})(600 - 260) + \frac{5,469 \times 10^{-5}}{2} (600^2 - 260^2) + \frac{0,3661 \times 10^{-8}}{3} (600^3 - 260^3) - \frac{11 \times 10^{-12}}{4} (600^4 - 260^4)$$

$$Q = 11,665 + 7,996 + 0,242 - 0,344 = 19,559 \text{kJ}$$

KERJAKAN LAGI BIAR LEBIH PAHAM MENGUNAKAN EXCEL

TENTUKAN PANAS YANG DIPERLUKAN UNTUK MENAIKKAN SUHU 1 MOL PROPANE DARI 240 °C MENJADI 700 °C. JIKA DIKETAHUI DATA

$$A = 68,032 \times 10^{-3}$$

$$B = 22,59 \times 10^{-5}$$

$$C = -13,11 \times 10^{-8}$$

$$D = 31,71 \times 10^{-12}$$

$$CP = A + BT + CT^2 + DT^3$$

	A	B	C	D	E
1	Tentukan Panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 mol propane dari 240 C menjadi 700 C.				
2	Data dari Tabel B.2:				
5	Senyawa	a	b	c	d
6	propane	$68,032 \cdot 10^{-3}$	$22,59 \cdot 10^{-5}$	$-13,11 \cdot 10^{-8}$	$31,71 \cdot 10^{-12}$
8					
9	n =	1 mol			
10	T1 =	240 C			
11	T2 =	700 C			
12	propane	67,626			
13					

$$\begin{aligned}
 &= (B9) * (B7 * (\$B\$11 - \$B\$10)) + (((C7) * ((\$B\$11^2) - \\
 &(\$B\$10^2))) / 2) + (((D7) * ((\$B\$11^3) - \\
 &(\$B\$10^3))) / 3) + (((E7) * ((\$B\$11^4) - \\
 &(\$B\$10^4))) / 4)
 \end{aligned}$$

CONTOH CAMPURAN SENYAWA :

TENTUKAN PANAS YANG DIPERLUKAN UNTUK MENAIKKAN SUHU 150 MOL/JAM CAMPURAN 60% C_2H_6 DAN 40 % C_3H_8 DARI 0 C MENJADI 400 C.

DATA DARI TABEL B.2:

Senyawa	a	b	c	d
C_2H_6	$49,37 \times 10^{-3}$	$13,92 \times 10^{-5}$	$-5,816 \times 10^{-8}$	$7,28 \times 10^{-12}$
C_3H_8	$68,032 \times 10^{-3}$	$22,59 \times 10^{-5}$	$-13,116 \times 10^{-8}$	$31,71 \times 10^{-12}$

$$\begin{aligned}
Q = \Delta H &= \int_0^{400} C_{p_m} \cdot dT = 0,6 \int_0^{400} C_{p_{\text{etana}}} \cdot dT + 0,4 \int_0^{400} C_{p_{\text{propana}}} \cdot dT \\
&= 0,6 \int_0^{400} (49,37 \times 10^{-3} + 13,92 \times 10^{-5} T - 5,816 \times 10^{-8} T^2 + 7,28 \times 10^{-12} T^3) \cdot dT \\
&\quad + 0,4 \int_0^{400} (68,03 \times 10^{-3} + 22,59 \times 10^{-5} T - 13,11 \times 10^{-8} T^2 + 31,71 \times 10^{-12} T^3) \cdot dT \\
&= 0,6(49,37 \times 10^{-3} (400 - 0) + \frac{13,92 \times 10^{-5}}{2} (400^2 - 0^2) - \frac{5,816 \times 10^{-8}}{3} (400^3 - 0^3) \\
&\quad + \frac{7,28 \times 10^{-12}}{4} (400^4 - 0^4)) \\
&\quad + 0,4(68,03 \times 10^{-3} (400 - 0) + \frac{22,59 \times 10^{-5}}{2} (400^2 - 0^2) - \frac{13,11 \times 10^{-8}}{3} (400^3 - 0^3) \\
&\quad + \frac{31,71 \times 10^{-12}}{4} (400^4 - 0^4)) \\
&= 34,890 \text{ kJ / mol} \\
&= 150 \text{ mol} \times 34,890 \text{ kJ/mol} = 5.233,5 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

The background features a light gray gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered in the corners. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

**KITA COBA NANTI PAKAI EXCEL WAKTU
PERTEMUAN**

SOAL

CAMPURAN GAS DENGAN KOMPOSISI $\text{CO}_2=9\%$,
 $\text{CO}=2\%$, $\text{O}_2=7\%$ DAN $\text{N}_2=82\%$, DENGAN CP
MASING-MASING:

$$\text{CO}_2 : \text{CP} = 7 + 0,8T - 0,004T^2$$

$$\text{CO} : \text{CP} = 6 + 0,9T - 0,005T^2$$

$$\text{O}_2 : \text{CP} = 8 + 0,5T - 0,003T^2$$

$$\text{N}_2 : \text{CP} = 7 + 0,7T - 0,009T^2$$

HITUNG PERBEDAAN ENTHALPY PADA SUHU 200°F DAN
 500°F DENGAN SATUAN CP : $\text{BTU/LBMOL}^\circ\text{F}$

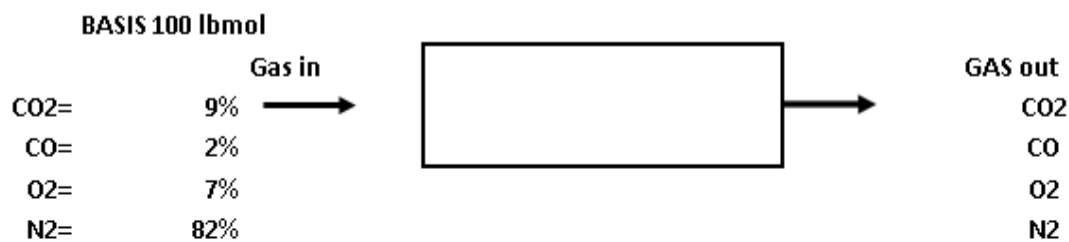
$$\text{CO}_2 : C_p = 7 + 0,8T - 0,004T^2$$

$$\text{CO} : C_p = 6 + 0,9T - 0,005T^2$$

$$\text{O}_2 : C_p = 8 + 0,5T - 0,003T^2$$

$$\text{N}_2 : C_p = 7 + 0,7T - 0,009T^2$$

Hitung perbedaan enthalpy pada suhu 200 °F dan 500 °F dengan satuan C_p : BTU/lbmol °F



$$\Delta H = n_{\text{CO}_2} \int_{200}^{500} C_p \text{CO}_2 dT + n_{\text{CO}} \int_{200}^{500} C_p \text{CO} dT + n_{\text{O}_2} \int_{200}^{500} C_p \text{O}_2 dT + n_{\text{N}_2} \int_{200}^{500} C_p \text{N}_2 dT$$

$$T_1 \quad 200$$

$$T_2 \quad 500$$

AZAS TEKNIK KIMIA II

PERTEMUAN KE EMPAT TENTANG VAPORIZATION AND
COOLING OF MIXTURE

DODY GUNTAMA, ST., M.ENG

Kerjakan di kelas: campuran senyawa

Tentukan Panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 100 mol/jam campuran 50% Air dan 50 % etanol dari 25 °C menjadi 150 °C.

Data dari Tabel B.1:

Senyawa	bp (°C)	ΔH_v (kJ/mol)
Air	100	40,656
etanol	78,5	38,58

Senyawa	a	b	c	d
Air (l)	$75,4 \times 10^{-3}$			
Air (g)	$33,46 \times 10^{-3}$	$0,688 \times 10^{-5}$	$0,7604 \times 10^{-8}$	$-3,593 \times 10^{-12}$
Etanol (l)	$103,1 \times 10^{-3}$			
Etanol (g)	$61,34 \times 10^{-3}$	$15,72 \times 10^{-5}$	$-8,749 \times 10^{-8}$	$19,83 \times 10^{-12}$

Jawaban slide 2

n =	100	mol
T1 =	25	°C
T2 =	150	°C

$$\Delta H_{air} = n \int_{25}^{100} C_p dT + n \cdot \Delta H_v + n \int_{100}^{150} C_p dT$$

$$\Delta H_{ALCOHOL} = n \int_{25}^{78,5} C_p dT + n \cdot \Delta H_v + n \int_{78,5}^{150} C_p dT$$

Senyawa	Q1 = n.cp dT (kJ)	Q2 = n.ΔHv (kJ)	Q3 = n.cp dT (kJ)	Qi = Q1+Q2+Q3
H2O	282,75	2032,8	86,08274596	2401,632746
C2H5OH	275,7925	1929	279,3979877	2484,190488
			Q =	4886

Example: vaporization and cooling of mixture:

An equimolar liquid mixture of benzene (B) and toluene (T) at 10 °C is fed continuously to a vessel in which the mixture is heated to 50 °C. The liquid product is 40.0 mole% B, and the vapor product is 68.4 mole% B. How much heat must be transferred to the mixture per mole of feed?

Substances	bp (°C)	ΔH_v (kJ/mol)
C ₆ H ₆	80,1	30,765
C ₇ H ₈	110.62	33,47

Substances	a	b	c	d
C ₆ H _{6(l)}	126,5x10 ⁻³	23.4x10 ⁻⁵	0	0
C ₇ H _{8(l)}	148,8x10 ⁻³	32,4x10 ⁻⁵	0	0
C ₆ H _{6(v)}	74,06x10 ⁻³	32,95x10 ⁻⁵	-25,20x10 ⁻⁸	77,57x10 ⁻¹²
C ₇ H _{8(v)}	94,18x10 ⁻³	38x10 ⁻⁵	-27,86x10 ⁻⁸	80,33x10 ⁻¹²

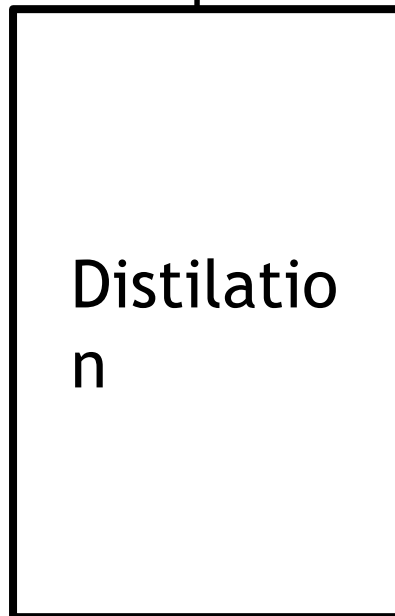
$$\begin{aligned}
Q = \Delta H &= n \int_{10}^{50} C_{p_m}(l).dT + n \int_{10}^{bp} C_{p_m}(l).dT + n \int_{bp}^{50} C_{p_m}(v).dT \\
&= n \int_{10}^{50} cp.dT_{benzen(l)} + n \int_{10}^{50} cp.dT_{toluen(l)} + n \int_{10}^{bp} cp.dT_{benzen(l)} + n.\Delta H_{v,benzen} + n \int_{bp}^{50} cp.dT_{benzen(v)} \\
&+ n \int_{10}^{bp} cp.dT_{toluen(l)} + n.\Delta H_{v,toluen} + n \int_{bp}^{50} cp.dT_{toluen(v)}
\end{aligned}$$

Mass Balance:

Basis : 1 mol feed

Feed , 1 mol, 10°C

0.5 C₆H₆
0.5 C₇H₈



Neraca Total:

$$1 = V + L$$

$$V = 1 - L \quad (1)$$

Neraca Benzen

$$0,5 = 0,684V + 0,4 L \quad (2)$$

V mol 50°C, 34.8 mm Hg = 0,46 atm
0.684 C₆H₆
0.316 C₇H₈

Substitusi (1) ke (2):

$$0,5 = 0,684 (1-L) + 0,4L$$

$$0,5 = 0,684 - 0,684L + 0,4L$$

$$0,184 = 0,284 L$$

$$L = 0,648 \text{ mol}$$

$$V = 0,352 \text{ mol}$$

L mol 50°C, 34.8 mm Hg
0.4 C₆H₆
0.6 C₇H₈

Energy Balance

SOAL DIKERJAKAN

Campuran cair equimolar dari benzene (B) dan toluene pada 10 °C diumpankan terus menerus ke menara distilasi di mana campuran dipanaskan sampai 50 °C. Produk vapor yang diinginkan 100 mol terdiri dari 70 mole% B dan 30 % mol toluene, produk cair sebesar 40 mole % B dan sisanya merupakan toluen. Berapa banyak panas yang harus ditransfer ke campuran per mol umpan?

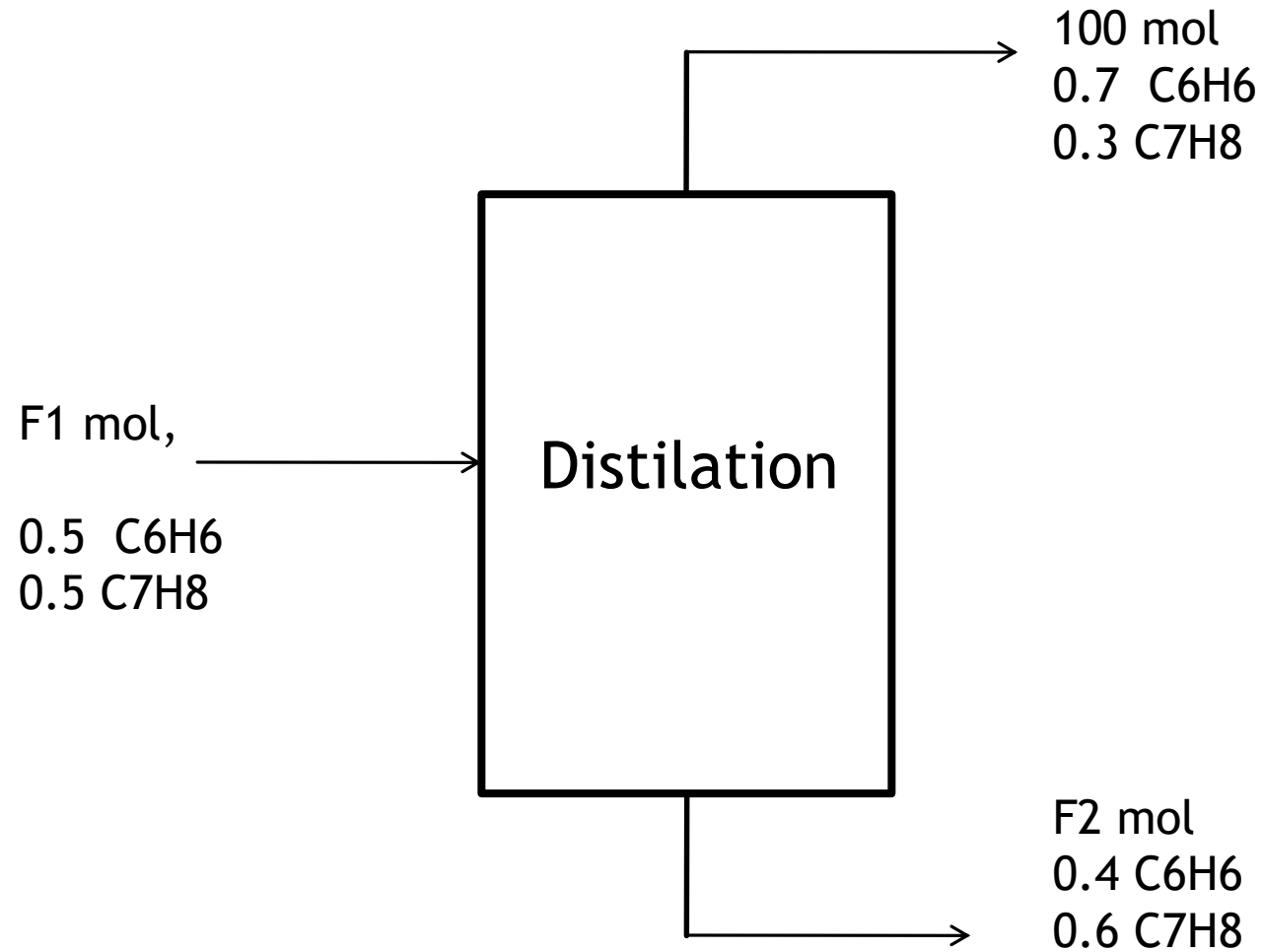
From the Table B.1:

Substances	bp (°C)	ΔH_v (kJ/mol)
C ₆ H ₆	80,1	30,765
C ₇ H ₈	110.62	33,47

From the Table B.2:

Substances	a	b	c	d
C ₆ H _{6(l)}	126,5x10 ⁻³	23.4x10 ⁻⁵	0	0
C ₇ H _{8(l)}	148,8x10 ⁻³	32,4x10 ⁻⁵	0	0
C ₆ H _{6(v)}	74,06x10 ⁻³	32,95x10 ⁻⁵	-25,20x10 ⁻⁸	77,57x10 ⁻¹²
C ₇ H _{8(v)}	94,18x10 ⁻³	38x10 ⁻⁵	-27,86x10 ⁻⁸	80,33x10 ⁻¹²

SOAL: Kerjakan Di kelas



SOAL

CAMPURAN GAS DENGAN KOMPOSISI $\text{CO}_2=9\%$,
 $\text{CO}=2\%$, $\text{O}_2=7\%$ DAN $\text{N}_2=82\%$, DENGAN CP
MASING-MASING:

$$\text{CO}_2 : \text{CP} = 7 + 0,8T - 0,004T^2$$

$$\text{CO} : \text{CP} = 6 + 0,9T - 0,005T^2$$

$$\text{O}_2 : \text{CP} = 8 + 0,5T - 0,003T^2$$

$$\text{N}_2 : \text{CP} = 7 + 0,7T - 0,009T^2$$

HITUNG PERBEDAAN ENTHALPY PADA SUHU 200°F DAN
 500°F DENGAN SATUAN CP : $\text{BTU/LBMOL}^\circ\text{F}$

AZAS TEKNIK KIMIA II

PERTEMUAN KE LIMA

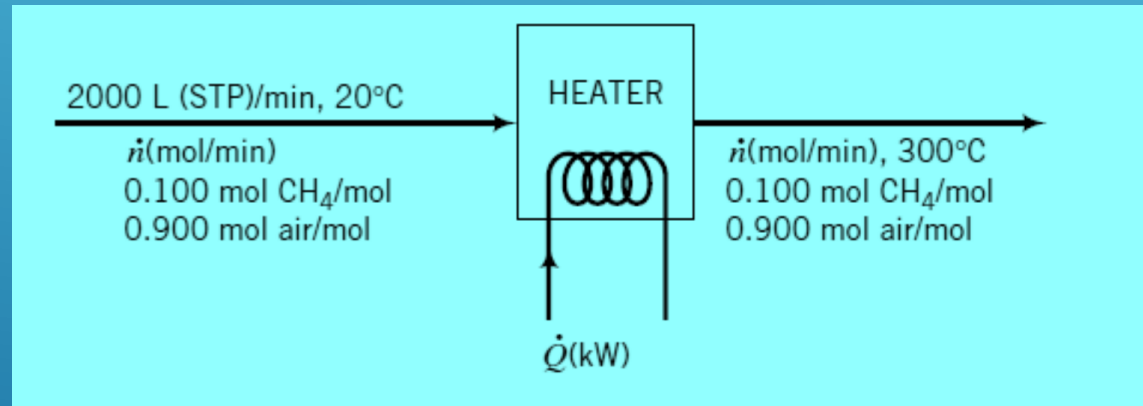
TENTANG GAS PREHEATER

DODY GUNTAMA, ST., M.Eng

GAS PREHEATER

Stream containing 10% CH₄ and 90% air by volume is to be heated from 20 C to 300 C.

Calculate the required rate of heat input in kilowatts if the flow rate of the gas is 2000 liters (STP)/min.



At STP 1 mole = 22,4 L
Then
2000 L /min = 89,3 mole/min

Substances	a	b	c	d
CH _{4(v)}	0,03431	5,469x10 ⁻⁵	0,3661x10 ⁻⁸	-11x10 ⁻¹²
Air(v)	0,02894	0,000004147	3,191E-09	-1,965E-12

JAWABAN DENGAN CARA 1

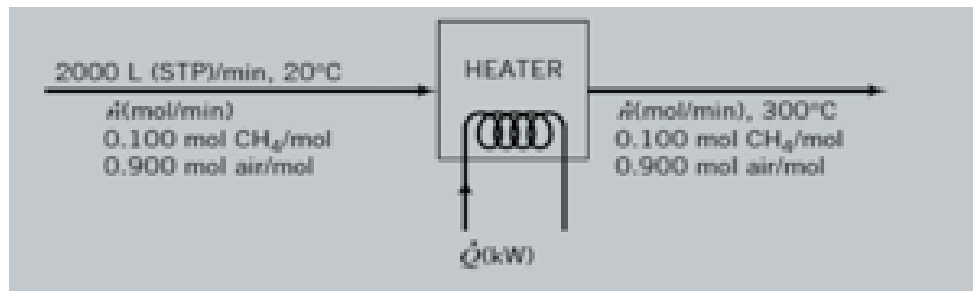
$$Q = \Delta H = n \int_{20}^{300} C_{p_m}(v).dT$$
$$= n_{CH_4} \int_{20}^{300} cp.dT_{CH_4} + n_{air} \int_{20}^{300} cp.dT_{air}$$

$$= 8,93[(34,31 \times 10^{-3})(300 - 20) + \frac{5,469 \times 10^{-5}}{2}(300^2 - 20^2)$$
$$+ \frac{0,3661 \times 10^{-8}}{3}(300^3 - 20^3) - \frac{11 \times 10^{-12}}{4}(300^4 - 20^4)]$$
$$+ 80,37[(28,94 \times 10^{-3})(300 - 20) + \frac{0,4147 \times 10^{-5}}{2}(300^2 - 20^2)$$
$$+ \frac{0,3191 \times 10^{-8}}{3}(300^3 - 20^3) - \frac{1,965 \times 10^{-12}}{4}(300^4 - 20^4)]$$

$$Q = 776 \text{ kJ/min} = 12,93 \text{ kJ/sec} = 12,93 \text{ kW}$$

JAWABAN DENGAN CARA 2

Stream containing 10% CH₄ and 90% air by volume is to be heated from 20 C to 300 C.
Calculate the required rate of heat input in kilowatts if the flow rate of the gas is 2000 liters (STP)/min.



Substances	a	b	c	d
CH _{4(v)}	0,03431	5,469E-05	3,661E-09	-1,1E-11

mol=	2000	liter (stp)	1	mol	=	89,28571	mol
		min	22,4	liter (stp)			min

CEK CARA DI EXCEL

Tref CH4 20 C
Tref Air 25 C

Senyawa	n(in)	Hin	n(out)	H(out)
CH4	8,928571		8,928571429	
AIR	80,35714		80,35714286	

$$H_{(CH4)out} = \int_{T_{ref}}^{T_{out}} C_p dT$$

$$H_{(CH4)out} = \int_{20}^{300} (0,03431 + 5,469 \times 10^{-5}T + 0,3661 \times 10^{-8}T^2 - 11,0 \times 10^{-12}T^3) dT$$

$$H_{(CH4)In} = \int_{T_{ref}}^{20} C_p dT$$

$$H_{(CH4)In} = \int_{20}^{20} C_p dT$$

Tout 300
Tref 20

Senyawa	n(in)	Hin	n(out)	H(out)
CH4	8,928571	0	8,928571429	12,11
AIR	80,35714	-0,144	80,35714286	8,17

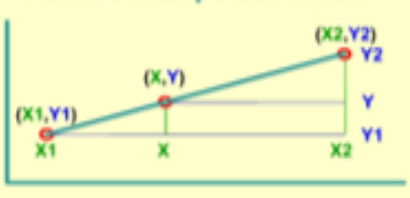
Energy Balance $Q = \Delta H = \sum_{out} n_i H_i - \sum_{in} n_i H_i$

Q= 776,233266 KJ/min
12,9372211 Kw

Table B.8 Specific Enthalpies of Selected Gases: SI Units

T	\hat{h} (kJ/mol)						
	Air	O ₂	N ₂	H ₂	CO	CO ₂	H ₂ O
0	-0,72	-0,73	-0,73	-0,72	-0,73	-0,92	-0,84
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100	2,19	2,24	2,19	2,16	2,19	2,90	2,54
200	5,15	5,31	5,13	5,06	5,16	7,08	6,01
300	8,17	8,47	8,12	7,96	8,17	11,58	9,57
400	11,24	11,72	11,15	10,89	11,25	16,35	13,23
500	14,37	15,03	14,24	13,83	14,38	21,34	17,01
600	17,55	18,41	17,39	16,81	17,57	26,53	20,91
700	20,80	21,86	20,59	19,81	20,82	31,88	24,92
800	24,10	25,35	23,86	22,85	24,13	37,36	29,05
900	27,46	28,89	27,19	25,93	27,49	42,94	33,32
1000	30,86	32,47	30,56	29,04	30,91	48,60	37,69
1100	34,31	36,07	33,99	32,19	34,37	54,33	42,18
1200	37,81	39,70	37,46	35,39	37,87	60,14	46,78
1300	41,34	43,38	40,97	38,62	41,40	65,98	51,47
1400	44,89	47,07	44,51	41,90	44,95	71,89	56,25
1500	48,45	50,77	48,06	45,22	48,51	77,84	61,09

Rumus Interpolasi Linear



$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1}$$

Sebuah aliran liquid mengandung 60%-wt C_2H_6 dan 40%-wt C_4H_{10} dipanaskan dari suhu 150K menjadi 200K pada tekanan 5 bar. Hitung panas masuk yang diperlukan per kg campuran. Perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan. Diketahui data entalpi C_2H_6 dan C_4H_{10} dengan asumsi entalpi komponen campuran sebagai komponen murni pada suhu yang sama (Perry's Chemical Eng.Handbook).

OUTPUT :

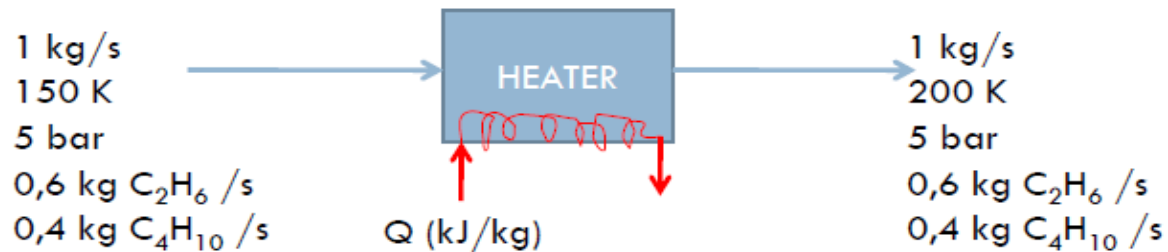
INPUT :

$$\Delta H C_2H_6 = 434,5 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H C_4H_{10} = 130,2 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H C_2H_6 = 314,3 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H C_4H_{10} = 30 \text{ kJ/kg}$$



Sehingga:

$$Q = \Delta H = \sum_{out} m_i H_i - \sum_{in} m_i H_i$$

$$Q = 0,6 \frac{kg \text{ C}_2\text{H}_6}{s} \left| \frac{434 \text{ kJ}}{kg} \right. + 0,4 \frac{kg \text{ C}_4\text{H}_{10}}{s} \left| \frac{130 \text{ kJ}}{kg} \right. - [(0,6)(314,3) + (0,4)(30)] \frac{\text{kJ}}{s} = 112 \text{ kJ/s}$$

$$Q = \frac{112 \text{ kJ/s}}{1 \text{ kg/s}} = 112 \text{ kJ/kg}$$

SOAL TUGAS KERJAKAN MENGGUNAKAN EXCEL KIRIM JAWABAN DI EMAIL DAN FORUM HASIL AKHIR SAJA

- ▶ Stream containing 20% C₂H₄ and 80% air by volume is to be heated from 10 C to 260 C. Calculate the required rate of heat input in kilowatts if the flow rate of the gas is 3000 liters (STP)/min.

Substances	a	b	c	d
C ₂ H _{4(v)}	0,04075	0,0001147	-6,891E-08	1,766E-11

Table B.8 Specific Enthalpies of Selected Gases: SI Units

\hat{H} (kJ/mol)							
Reference state: Gas, $P_{\text{ref}} = 1 \text{ atm}$, $T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$							
T	Air	O ₂	N ₂	H ₂	CO	CO ₂	H ₂ O
0	-0.72	-0.73	-0.73	-0.72	-0.73	-0.92	-0.84
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	2.19	2.24	2.19	2.16	2.19	2.90	2.54
200	5.15	5.31	5.13	5.06	5.16	7.08	6.01
300	8.17	8.47	8.12	7.96	8.17	11.58	9.57
400	11.24	11.72	11.15	10.89	11.25	16.35	13.23
500	14.37	15.03	14.24	13.83	14.38	21.34	17.01
600	17.55	18.41	17.39	16.81	17.57	26.53	20.91
700	20.80	21.86	20.59	19.81	20.82	31.88	24.92
800	24.10	25.35	23.86	22.85	24.13	37.36	29.05
900	27.46	28.89	27.19	25.93	27.49	42.94	33.32
1000	30.86	32.47	30.56	29.04	30.91	48.60	37.69
1100	34.31	36.07	33.99	32.19	34.37	54.33	42.18
1200	37.81	39.70	37.46	35.39	37.87	60.14	46.78
1300	41.34	43.38	40.97	38.62	41.40	65.98	51.47
1400	44.89	47.07	44.51	41.90	44.95	71.89	56.25
1500	48.45	50.77	48.06	45.22	48.51	77.84	61.09

AZAS TEKNIK KIMIA II

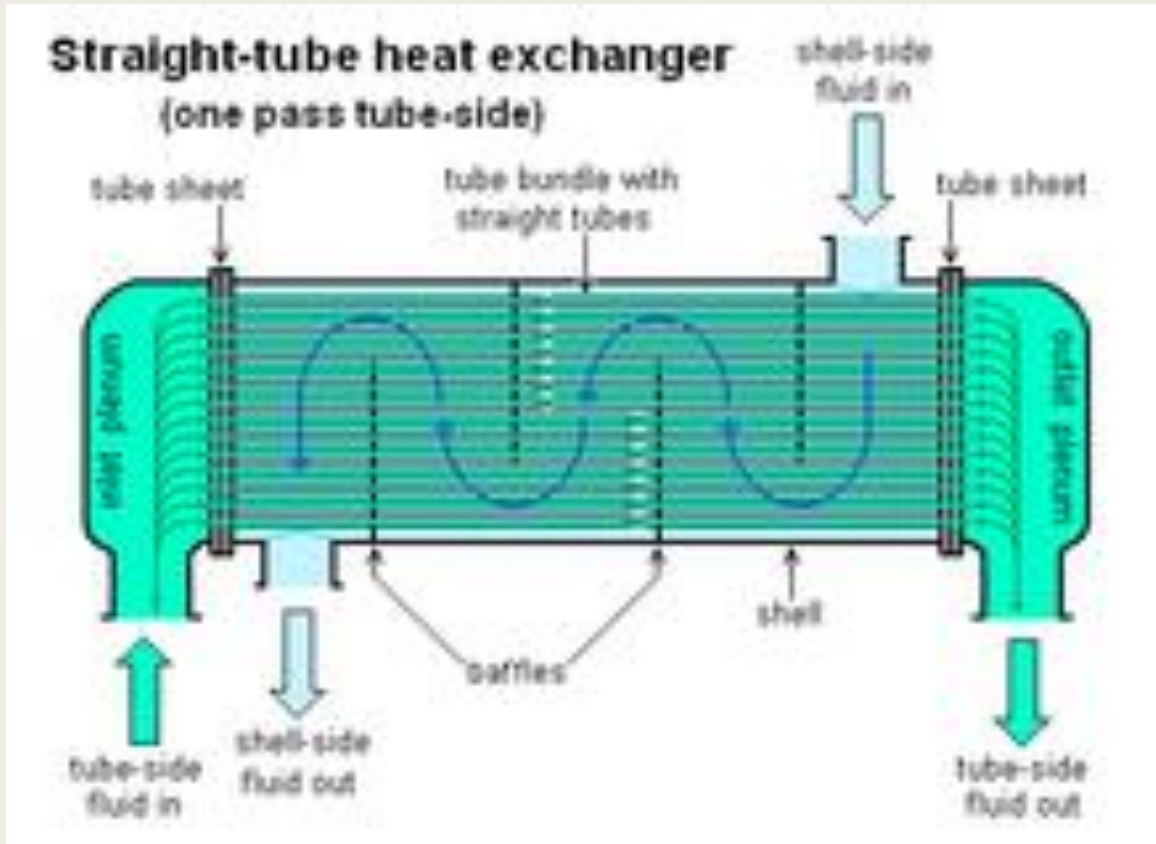
PERTEMUAN KE ENAM
TENTANG HEATER USING STEAM

DODY GUNTAMA, S.T., M.Eng

Heat Exchanger

- Heat Exchanger atau sering kita sebut **Alat Penukar Panas** merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan energi panas antara dua atau lebih fluida dan terjadi pada temperatur yang berbeda antara fluida, dimana fluida tersebut ada yang bertindak sebagai fluida panas (hot fluid) dan yang lain bertindak sebagai fluida dingin (cold fluid).

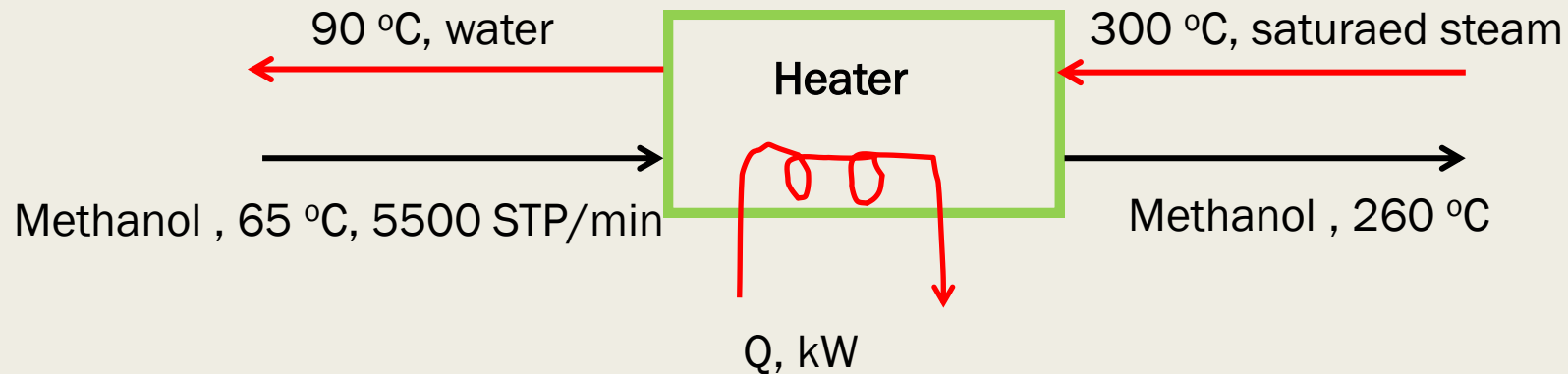
Heat Exchanger



Problem: Heater using steam

Saturated steam at 300 °C is used to heat a countercurrently flowing stream of methanol vapor from 65 °C to 260 °C in an adiabatic heat exchanger. The flow rate of the methanol is 5500 standard liters per minute, and the steam condenses and leaves the heat exchanger as liquid water at 90 °C.

- Calculate the required flow rate of the entering steam in m³/min.
- Calculate the rate of heat transfer from the steam to the methanol (kW).



Cara Pengerjaan

1. Cari data CP untuk methanol di buku felder

Senyawa	n (mol)	a	b	c	d
Metanol (v)	245,54	0,04293	0,00008301	-1,87E-08	-8,03E-12

2. Konversi flow rate yang ada

mol=	5500	liter (stp)	1	mol	=	245,5357143	mol
		min	22,4	liter (stp)			jam

Lanjutan

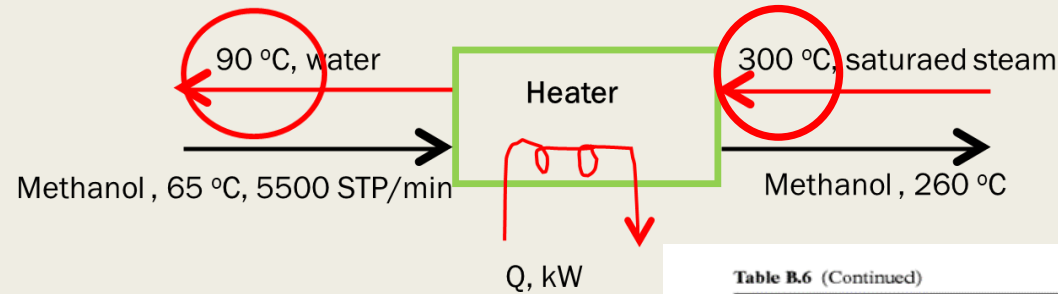
3. Hitung Q untuk methanol

$$Q = n \int_{65}^{260} C_{p_{\text{methanol}}}(v) \cdot dT$$
$$= n_{\text{metanol}} \int_{65}^{260} c_p \cdot dT_{\text{metanol}}$$

$$= 245,536 \left[(42,93 \times 10^{-3})(260 - 65) + \frac{8,302 \times 10^{-5}}{2} (260^2 - 65^2) \right. \\ \left. + \frac{-1,87 \times 10^{-8}}{3} (260^3 - 65^3) + \frac{-8,03 \times 10^{-12}}{4} (260^4 - 65^4) \right]$$
$$Q = 2672,594 \text{ kJ/min} = 44,543 \text{ kW}$$

Lanjutan

4. Setelah itu karena heater ini menggunakan pemanas yang berasal dari steam, yang mana steam yang digunakan adalah steam dengan kondisi suhu masuk dengan suhu 300 °Celsius dan suhu keluar di set 90 °Celsius.



Sehingga kita bisa mencari entalpi untuk steam, di table steam di buku felder TABEL B,6, Sehingga didapat :

Senyawa	Steam 300 C	Water 90 C
H_f , kJ/kg	2750,90	376,8

Table B.6 (Continued)

P(bar)	T(°C)	\hat{V} (m ³ /kg)		\hat{U} (kJ/kg)		\hat{H} (kJ/kg)		
		Water	Steam	Water	Steam	Water	Evaporation	Steam
40	250.3	0.001252	0.0497	1082.4	2601.3	1087.4	1712.9	2800.3
42	253.2	0.001259	0.0473	1096.3	2600.7	1101.6	1697.8	2799.4
44	256.0	0.001266	0.0451	1109.8	2599.9	1115.4	1682.9	2798.3
46	258.8	0.001272	0.0430	1122.9	2599.1	1128.8	1668.3	2797.1
48	261.4	0.001279	0.0412	1135.6	2598.1	1141.8	1653.9	2795.7
50	263.9	0.001286	0.0394	1148.0	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2
52	266.4	0.001292	0.0378	1160.1	2595.9	1166.8	1625.7	2792.6
54	268.8	0.001299	0.0363	1171.9	2594.6	1178.9	1611.9	2790.8
56	271.1	0.001306	0.0349	1183.5	2593.3	1190.8	1598.2	2789.0
58	273.3	0.001312	0.0337	1194.7	2591.9	1202.3	1584.7	2787.0
60	275.6	0.001319	0.0324	1205.8	2590.4	1213.7	1571.3	2785.0
62	277.7	0.001325	0.0313	1216.6	2588.8	1224.8	1558.0	2782.9
64	279.8	0.001332	0.0302	1227.2	2587.2	1235.7	1544.9	2780.6
66	281.8	0.001338	0.0292	1237.6	2585.5	1246.5	1531.9	2778.3
68	283.8	0.001345	0.0283	1247.9	2583.7	1257.0	1518.9	2775.9
70	285.8	0.001351	0.0274	1258.0	2581.8	1267.4	1506.0	2773.5
72	287.7	0.001358	0.0265	1267.9	2579.9	1277.6	1493.3	2770.9
74	289.6	0.001364	0.0257	1277.6	2578.0	1287.7	1480.5	2768.3
76	291.4	0.001371	0.0249	1287.2	2575.9	1297.6	1467.9	2765.5
78	293.2	0.001378	0.0242	1296.7	2573.8	1307.4	1455.3	2762.8
80	295.0	0.001384	0.0235	1306.0	2571.7	1317.1	1442.8	2759.9
82	296.7	0.001391	0.0229	1315.2	2569.5	1326.6	1430.3	2757.0
84	298.4	0.001398	0.0222	1324.3	2567.2	1336.1	1417.9	2754.0
86	300.1	0.001404	0.0216	1333.3	2564.9	1345.4	1405.5	2750.9
88	301.7	0.001411	0.0210	1342.2	2562.6	1354.6	1393.2	2747.8
90	303.3	0.001418	0.02050	1351.0	2560.1	1363.7	1380.9	2744.6
92	304.9	0.001425	0.01996	1359.7	2557.7	1372.8	1368.6	2741.4
94	306.4	0.001432	0.01945	1368.2	2555.2	1381.7	1356.3	2738.0

LANJUTAN

Table B.6 (Continued)

P(bar)	T(°C)	\hat{V} (m ³ /kg)		\hat{U} (kJ/kg)		\hat{H} (kJ/kg)		
		Water	Steam	Water	Steam	Water	Evaporation	Steam
0.15	54.0	0.001014	10.02	226.0	2448.9	226.0	2373.2	2599.2
0.16	55.3	0.001015	9.43	231.6	2450.6	231.6	2370.0	2601.6
0.17	56.6	0.001015	8.91	236.9	2452.3	236.9	2366.9	2603.8
0.18	57.8	0.001016	8.45	242.0	2453.9	242.0	2363.9	2605.9
0.19	59.0	0.001017	8.03	246.8	2455.4	246.8	2361.1	2607.9
0.20	60.1	0.001017	7.65	251.5	2456.9	251.5	2358.4	2609.9
0.22	62.2	0.001018	7.00	260.1	2459.6	260.1	2353.3	2613.5
0.24	64.1	0.001019	6.45	268.2	2462.1	268.2	2348.6	2616.8
0.26	65.9	0.001020	5.98	275.6	2464.4	275.7	2344.2	2619.9
0.28	67.5	0.001021	5.58	282.7	2466.5	282.7	2340.0	2622.7
0.30	69.1	0.001022	5.23	289.3	2468.6	289.3	2336.1	2625.4
0.35	72.7	0.001025	4.53	304.3	2473.1	304.3	2327.2	2631.5
0.40	75.9	0.001027	3.99	317.6	2477.1	317.7	2319.2	2636.9
0.45	78.7	0.001028	3.58	329.6	2480.7	329.6	2312.0	2641.7
0.50	81.3	0.001030	3.24	340.5	2484.0	340.6	2305.4	2646.0
0.55	83.7	0.001032	2.96	350.6	2486.9	350.6	2299.3	2649.9
0.60	86.0	0.001033	2.73	359.9	2489.7	359.9	2293.6	2653.6
0.65	88.0	0.001035	2.53	368.5	2492.2	368.6	2288.3	2656.9
0.70	90.0	0.001036	2.36	376.7	2494.5	376.8	2283.3	2660.1
0.75	91.8	0.001037	2.22	384.4	2496.7	384.5	2278.6	2663.0
0.80	93.5	0.001039	2.087	391.6	2498.8	391.7	2274.1	2665.8
0.85	95.2	0.001040	1.972	398.5	2500.8	398.6	2269.8	2668.4
0.90	96.7	0.001041	1.869	405.1	2502.6	405.2	2265.6	2670.9
0.95	98.2	0.001042	1.777	411.4	2504.4	411.5	2261.7	2673.2
1.00	99.6	0.001043	1.694	417.4	2506.1	417.5	2257.9	2675.4
1.01325	100.0	0.001044	1.673	419.0	2506.5	419.1	2256.9	2676.0

(1 atm)

*From R. W. Haywood, *Thermodynamic Tables in SI (Metric) Units*, Cambridge University Press, London, 1968. \hat{V} = specific volume, \hat{U} = specific internal energy, and \hat{H} = specific enthalpy. Note: kJ/kg \times 0.4303 = Btu/lb_m.

(continued)

Appendix B

Physical Property

Senyawa	Steam 300 C	Water 90 C
H, kJ/kg	2750,90	376,8

LANJUTAN

5. Setelah itu kita mencari nilai rho untuk stem pada suhu 300° celcius

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{\tilde{v}} \text{ kg/m}^3 \\ &= \frac{1}{0,0216} \\ &= 42,956 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Table B.6 (Continued)

P(bar)	T(°C)	\tilde{v} (m ³ /kg)		\tilde{u} (kJ/kg)		\tilde{h} (kJ/kg)		
		Water	Steam	Water	Steam	Water	Evaporation	Steam
40	250.3	0.001252	0.0497	1082.4	2601.3	1087.4	1712.9	2800.3
42	253.2	0.001259	0.0473	1096.3	2600.7	1101.6	1697.8	2799.4
44	256.0	0.001266	0.0451	1109.8	2599.9	1115.4	1682.9	2798.3
46	258.8	0.001272	0.0430	1122.9	2599.1	1128.8	1668.3	2797.1
48	261.4	0.001279	0.0412	1135.6	2598.1	1141.8	1653.9	2795.7
50	263.9	0.001286	0.0394	1148.0	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2
52	266.4	0.001292	0.0378	1160.1	2595.9	1166.8	1625.7	2792.6
54	268.8	0.001299	0.0363	1171.9	2594.6	1178.9	1611.9	2790.8
56	271.1	0.001306	0.0349	1183.5	2593.3	1190.8	1598.2	2789.0
58	273.3	0.001312	0.0337	1194.7	2591.9	1202.3	1584.7	2787.0
60	275.6	0.001319	0.0324	1205.8	2590.4	1213.7	1571.3	2785.0
62	277.7	0.001325	0.0313	1216.6	2588.8	1224.8	1558.0	2782.9
64	279.8	0.001332	0.0302	1227.2	2587.2	1235.7	1544.9	2780.6
66	281.8	0.001338	0.0292	1237.6	2585.5	1246.5	1531.9	2778.3
68	283.8	0.001345	0.0283	1247.9	2583.7	1257.0	1518.9	2775.9
70	285.8	0.001351	0.0274	1258.0	2581.8	1267.4	1506.0	2773.5
72	287.7	0.001358	0.0265	1267.9	2579.9	1277.6	1493.3	2770.9
74	289.6	0.001364	0.0257	1277.6	2578.0	1287.7	1480.5	2768.3
76	291.4	0.001371	0.0249	1287.2	2575.9	1297.6	1467.9	2765.5
78	293.2	0.001378	0.0242	1296.7	2573.8	1307.4	1455.3	2762.8
80	295.0	0.001384	0.0235	1306.0	2571.7	1317.1	1442.8	2759.9
82	296.7	0.001391	0.0229	1315.2	2569.5	1326.6	1430.3	2757.0
84	298.4	0.001398	0.0222	1324.3	2567.2	1336.1	1417.9	2754.0
86	300.1	0.001404	0.0216	1333.3	2564.9	1345.4	1405.5	2750.9
88	301.7	0.001411	0.0210	1342.2	2562.6	1354.6	1393.2	2747.8
90	303.3	0.001418	0.02050	1351.0	2560.1	1363.7	1380.9	2744.6
92	304.9	0.001425	0.01996	1359.7	2557.7	1372.8	1368.6	2741.4
94	306.4	0.001432	0.01945	1368.2	2555.2	1381.7	1356.3	2738.0

Lanjutan

6. Setelah itu kita menghitung massa steam :

$$\text{massa steam} = \frac{Q}{(\hat{H}_{\text{steam}, 300^{\circ}\text{C}} - \hat{H}_{\text{steam}, 90^{\circ}\text{C}})}$$

$$\begin{aligned}\text{massa steam} &= \frac{2672,5939 \text{ kJ/min}}{(2750,90 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} - 376,8 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}})} \\ &= 1,1257 \text{ kg/menit}\end{aligned}$$

7. Setelah itu mencari volume steam

$$\begin{aligned}\text{Volume steam} &= \frac{\text{massa steam}}{\rho_{\text{steam}}} \\ &= \frac{1,1257 \text{ kg/menit}}{46,296 \text{ kg/m}^3} = 0,0243 \text{ m}^3/\text{menit}\end{aligned}$$

Penyelesaian Menggunakan Excel:

volume gas metanol =

5500 liter stp

Senyawa	n (mol)	a	b	c	d
Metanol (v)	245,54	0,04293	0,00008301	-1,87E-08	-8,03E-12

$$T1 = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T2 = 260 \text{ } ^\circ\text{C}$$

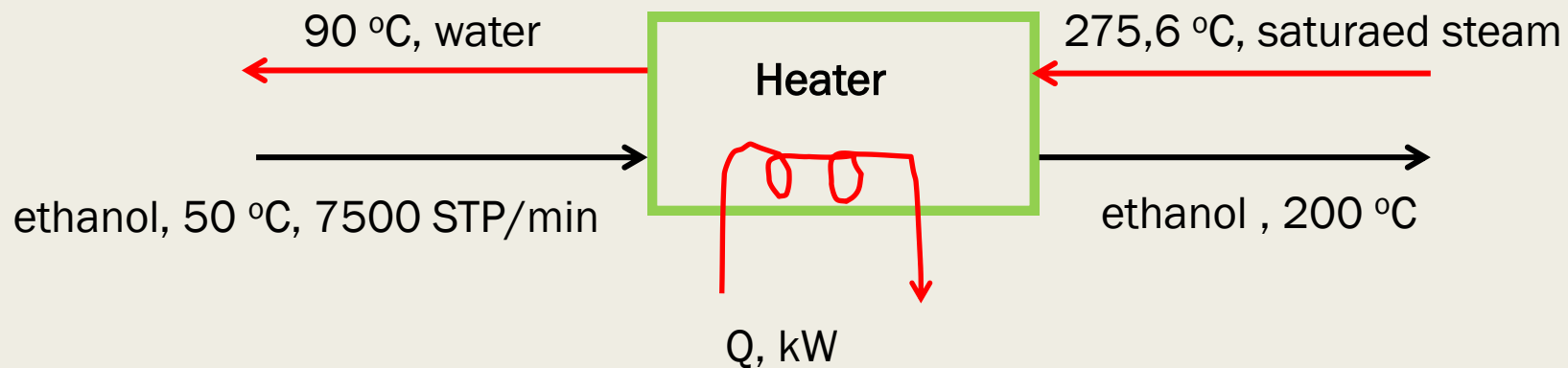
Senyawa	Q = m.cp dT (kJ)
Metanol (v)	2672,593928
Q =	2672,593928 kJ/min
	44,54323213 Kw

Senyawa	Steam 300 C	Water 90 C
H, kJ/kg	2750,90	376,8
$\rho = \text{kg/m}^3$	46,296	
m, steam =	1,125729299	kg/menit
V, steam =	0,024315753	m ³ /menit

KERJAKAN SOAL LATIHAN YA !!!!

Saturated steam at 275,6 °C is used to heat a countercurrently flowing stream of ethanol vapor from 50 °C to 200 °C in an adiabatic heat exchanger. The flow rate of the Ethanol is 7500 standard liters per minute, and the steam condenses and leaves the heat exchanger as liquid water at 90 °C.

- Calculate the required flow rate of the entering steam in m³/min.
- Calculate the rate of heat transfer from the steam to the ethanol (kW).



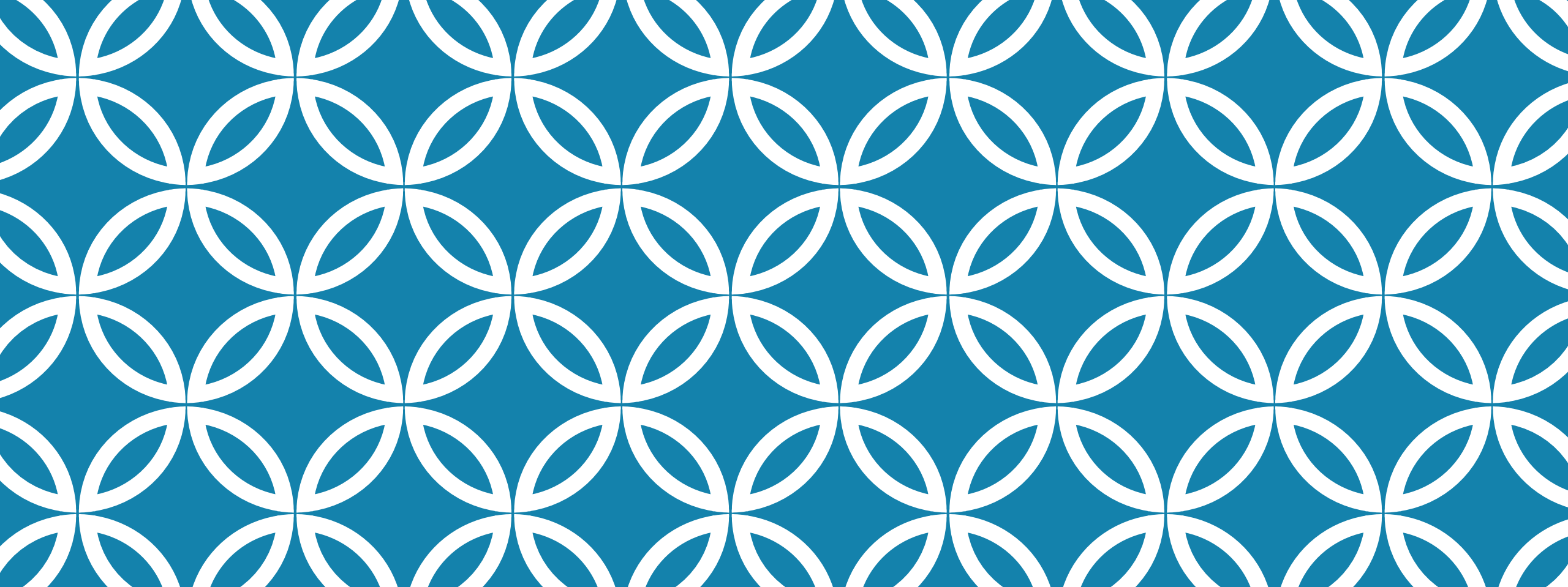
Senyawa	n (mol)	a	b	c	d
Etanol (v)	334,82	0,06134	0,0001572	-8,749E-08	1,983E-11

JAWABANNYA BERAPA ????

KERJAKAN AGAR BISA LEBIH PAHAM YA !!!

The image features two large, thick black L-shaped brackets. One is positioned in the top-left corner, and the other is in the bottom-right corner. They are oriented towards each other, framing the central text.

TERIMAKASIH



AZAZ TEKNIK KIMIA II

PERTEMUAN KE TUJUH
KUIS
DODY GUNTAMA, S.T., M.Eng

ATURAN KUIS

1. Kerjakan secara manual
2. Scan dan upload ke E-Learning
3. Upload paling lama 1X24 jam

SOAL KUIS 1

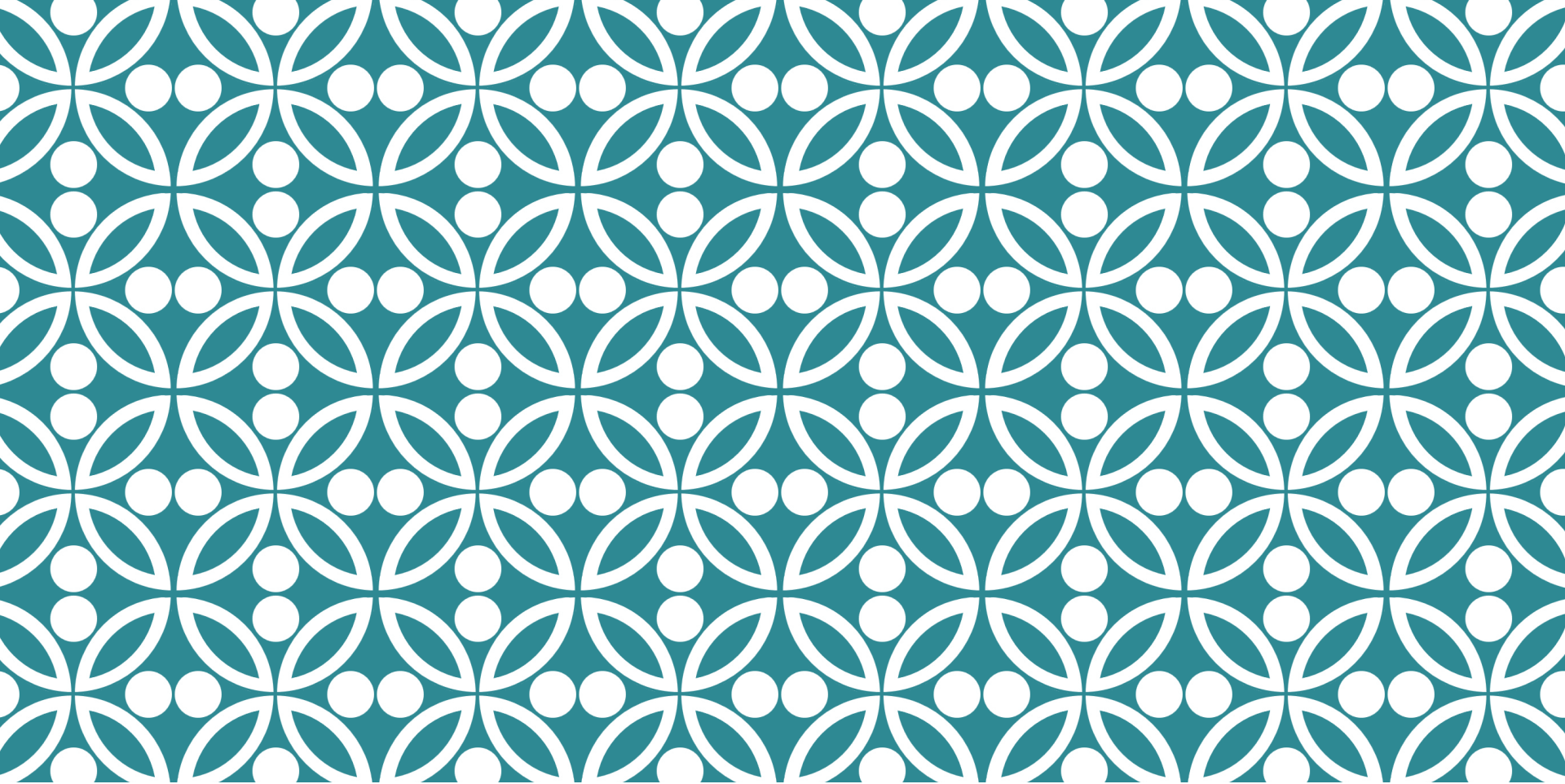
Aliran gas alam setelah dikompresi kemudian didinginkan dalam Heat Exchanger dari keadaan masuk dengan $T_1 = 38 \text{ }^\circ\text{C}$ menjadi $T_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Laju alir gas alam adalah 100 mol/s . Komposisi dan data kapasitas panas gas disajikan dalam table dibawah ini. Tentukan entalpi yang dibuang dari system aliran gas alam ini. Diketahui bahwa pengaruh tekanan terhadap entalpi diabaikan.

Komponen	Komposisi Fraksi Mol	CP = A + BT + CT ² (J/mol.K)		
		A	B	C
CH ₄	90 %	12,684	0,077	-0,000019
CO	10%	26,624	0,043	-0,000014

SOAL KUIS 2

Stream containing 30% C_3H_8 and 70% air by volume is to be heated from 20 C to 270 C. Calculate the required rate of heat input in kilowatts if the flow rate of the gas is 6500 liters (STP)/min.

NOTE : Kerjakan dengan cara entalpi air/udara rata-rata



NERACA ENERGI DENGAN REAKSI KIMIA

**NERACA ENERGI DI REAKTOR
DODY GUNTAMA, ST., M.Eng**

PANAS DI REAKTOR

- ✓ Panas Reaktan (Sensible Heat)
- ✓ Panas Produk (Sensible Heat)
- ✓ Heat of reaction Standard (Laten Heat)

MENENTUKAN PANAS SENSIBLE

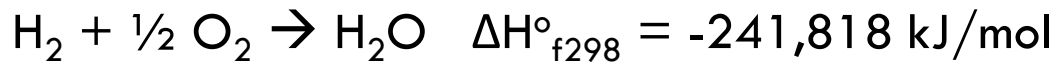
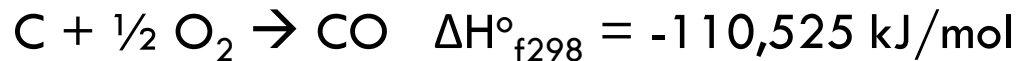
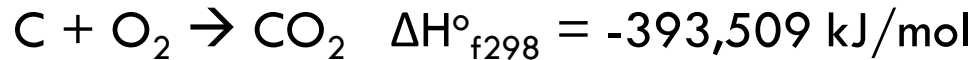
$$Q = \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT$$

$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$ integrasikan
 A, B, C, D diperoleh dari Tabel B2

PANAS PEMBENTUKAN STANDARD (ΔH°_{f298})

Adalah panas yang diperlukan untuk membentuk 1 mol senyawa dari atom-atomnya.

Contoh:



Note: Nilai ΔH°_{f298} = dilihat pada [Tabel B1](#)



UNTUK APA PANAS PEMBENTUKAN STANDARD??

PANAS REAKSI STANDARD ($\Delta H_R^0_{298}$)

Adalah panas reaksi yang berlangsung pada suhu 25 °C atau 298 K

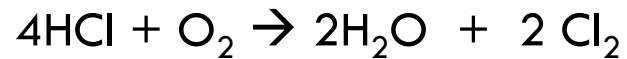
Perhitungan panas reaksi standar dari panas pembentukan standar dihitung dengan formula berikut:

$$\Delta H_r^0_{298} = (n_i \sum \Delta H_f^0_{298})_{\text{produk}} - (n_i \sum \Delta H_f^0_{298})_{\text{reaktan}}$$

n_i = mol reaktan yang bereaksi atau mol produk yang dihasilkan

LATIHAN SOAL

Tentukan panas reaksi standard untuk reaksi :



Dimana reaksi berlangsung stoikiometri.

Dari Data didapat:

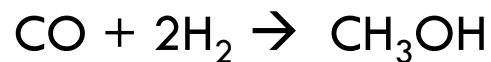
$$\Delta H_f^\circ_{298} \text{HCl} = -92,307 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ_{298} \text{H}_2\text{O} = -241,818 \text{ kJ/mol, sehingga}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_r^\circ_{298} &= 2(-241,818) + 0 - (4(-92,307) + 0) \\ &= -114,408 \text{ kJ}\end{aligned}$$

SOAL (KERJAKAN DI KELAS)

Tentukan panas reaksi standar pada proses pembuatan metanol sbb:



Jika umpan terdiri dari 100 mol CO dan 200 mol Hidrogen dimana konversi dari CO adalah 90 %

PENYELESAIAN:

Dari Data:

$$\Delta H_{f298} \text{ CH}_3\text{OH} = -201,2 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f298} \text{ CO} = -110,525 \text{ kJ/mol}$$

Dari neraca massa:

$$\text{Mol CO bereaksi} = 90$$

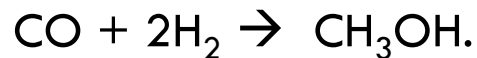
$$\text{Mol CH}_3\text{OH hasil} = 90$$

Maka:

$$\begin{aligned} \Delta H_{R298} &= (90)(-201,2) - ((90)(-110,525)) \\ &= -8.161,2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

SOAL (KERJAKAN DI KELAS)

Tentukan panas reaksi proses pembuatan metanol pada 800 °C.



Jika umpan terdiri dari 100 mol CO dan 200 mol Hidrogen dimana konversi dari CO adalah 90 %

Prosedur Penyelesaian:

1. Hitung Panas reaksi standard untuk reaksi di atas
2. Hitung Panas reaktan pada 800 °C
3. Hitung Panas Produk pada 800 °C
4. Jumlahkan ketiga panas di atas

PENYELESAIAN:

Dari Jawaban contoh soal di atas:

$$\Delta H_{R298} = -8.161,2 \text{ kJ}$$

$$\frac{dq}{dt} = r\Delta H_r(T_{ref}) + \sum N_{out}(H_{out} - H_{ref}) - \sum N_{in}(H_{in} - H_{ref})$$

$$\frac{dq}{dt} = r\Delta H_r(T_{ref}) + \sum N_{out}(H_{out} - H_{ref}) + \sum N_{in}(H_{ref} - H_{in})$$

$$\frac{dq}{dt} = r\Delta H_r(T_{298^\circ K}) + \sum N_{out} \int_{T_{ref}}^{T_{out}} C_p dT + \sum N_{in} \int_{T_{in}}^{T_{ref}} C_p dT$$

KERJAKAN SOAL

SO₂ (g) dan O₂ (g) diumpangkan ke reactor pada suhu 300°C dan stokiometris. Suhu reactor = 300°C, 1 atm. Produk reaksi SO₃ (g) bersuhu 300°C dan $C_p = a + bT + cT^2$ pada suhu $300\text{ K} < T < 1500\text{ K}$.

Diketahui data C_p sebagai berikut:

C_p	a	$b \times 10^3$	$c \times 10^6$
SO ₂	6,945	10,01	-3,794
SO ₃	7,454	19,13	-6,628
O ₂	6,117	3,167	-1,005

Reaksi berlangsung sebagai berikut:



$$\Delta H_{f298\text{K}}^\circ (\text{SO}_2) = -70,96 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_{f298\text{K}}^\circ (\text{SO}_3) = -94,45 \text{ kkal/mol}$$

Hitung: a. Panas reaksi pada suhu 25°C

b. Panas reaksi pada suhu 300°C

PENGARUH TEMPERATUR PADA PANAS REAKSI

Reaksi pada umumnya terjadi pada suhu tinggi dan tidak pada suhu 25°C . Untuk dapat menghitung pengaruh suhu pada panas reaksi, perlu ditentukan lebih dahulu dan suhu tertentu sebagai reference. Sedangkan panas reaksi pada suhu 25°C , 1 atm diketahui. Kemudian menghitung perubahan entalpi dari aliran masuk dan aliran keluar terhadap keadaan reference.

PANAS REAKSI STANDARD ($\Delta H_{R,298}^0$)

Perhitungan panas reaksi standar dari panas pembakaran standar dihitung dengan formula berikut:

$$\Delta H_{R,298} = -[\sum(\Delta H_{c,298} \text{ reaktan}) - \sum(\Delta H_{c,298} \text{ produk})]$$

$$\Delta H_{R,298} = - \sum(\sigma_s \Delta H_{c,298} s)$$

Dengan:

$\Delta H_{R,298}$ = panas reaksi pada 298K

$\Delta H_{f,298}$ = panas pembentukan pada 298K, data tersedia.

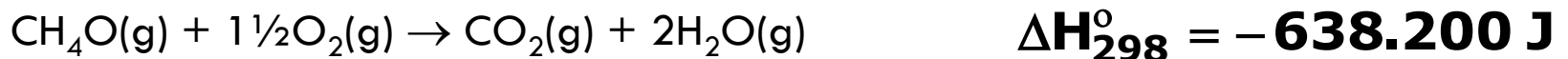
$\Delta H_{c,298}$ = panas pembakaran pada 298K, data tersedia.

σ_s = koefisien persamaan reaksi untuk setiap senyawa s , dengan nilai negatif untuk reaktan dan positif untuk produk

PANAS PEMBAKARAN STANDAR

Panas pembakaran standar adalah perubahan enthalpy yang menyertai pembakaran 1 mol suatu senyawa.

CONTOH:



Seperti halnya panas pembentukan standar, panas pembakaran standar juga dapat digunakan untuk menghitung panas reaksi standar.

CONTOH

Hitung panas pembakaran standar CH_4 dari data panas pembentukan standar. Reaksi pembakaran metana adalah sebagai berikut:



diketahui:

$$\Delta H_{f,298} \text{CO}_2 = -94,05 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_{f,298} \text{H}_2\text{O}(l) = -68,32 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_{f,298} \text{CH}_4 = -17,89 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_{f,298} \text{O}_2 = 0$$

JAWABAN

$$\begin{aligned}\Delta H_{c.298} &= [\Delta H_{f.298} \text{CO}_2 + 2x\Delta H_{f.298} \text{H}_2\text{O}] - \\ &\quad [\Delta H_{f.298} \text{CH}_4 + 2x \Delta H_{f.298} \text{O}_2] \\ &= [-94,05 + 2x -68,32] - [-17,89 + 2x0] \\ &= -212,8 \text{ kcal/mol}\end{aligned}$$

Hitung panas pembentukan standar propan (C_3H_8) dari data pembakaran standar berikut:



$$\Delta H_{f,298} C_3H_8 = ?$$



$$\Delta H_{c,298} C_3H_8 = -530,61 \text{ kcal/mol}$$

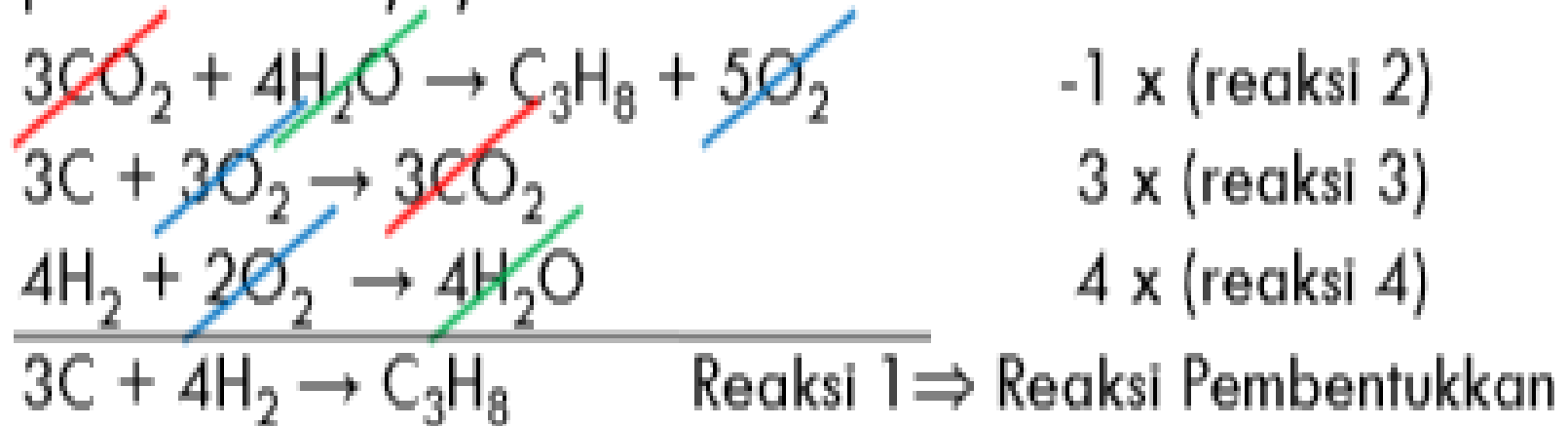


$$\Delta H_{c,298} C = -94,05 \text{ kcal/mol}$$



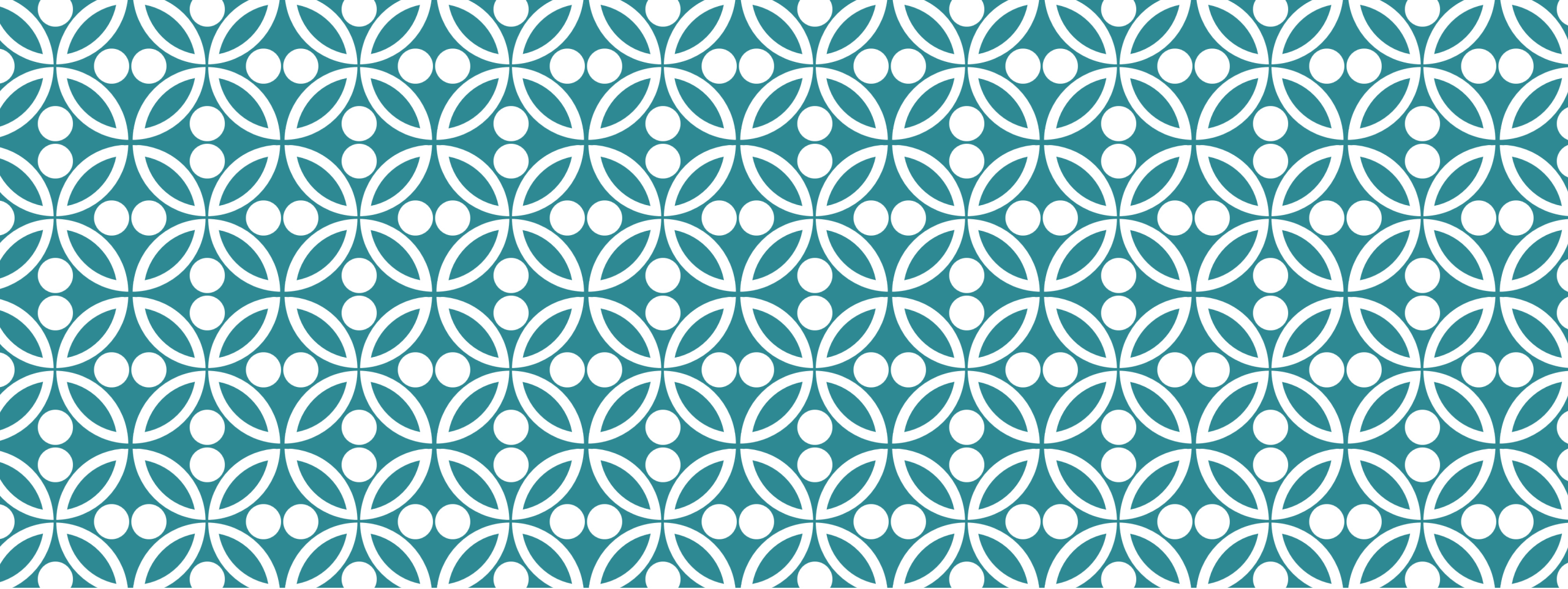
$$\Delta H_{c,298} H_2 = -68,32 \text{ kcal/mol}$$

- Persamaan reaksi 1 dapat disusun dari penjumlahan persamaan 2, 3, dan 4 berikut:



Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{f,298} \text{C}_3\text{H}_8 &= [(-1) \times \Delta H_{c,298} \text{C}_3\text{H}_8] - [(3 \times \Delta H_{c,298} \text{C}) + \\
 &\quad (4 \times \Delta H_{c,298} \text{H}_2)] \\
 &= [(-1) \times (-530,61)] - [(3 \times (-94,05)) + (4 \times (-68,32))] \\
 &= [530,61] - [-555,43] \\
 &= 1086,04 \text{ kcal/mol}
 \end{aligned}$$



NERACA MASSA DAN ENERGI DIREAKTOR KIMIA

**LANJUTAN MATERI
DODY GUNTAMA, ST., M.Eng**

PANAS DI REAKTOR

SEBELUM LUPA, BAIKNYA KITA MENGINGAT KEMBALI !!!

- ✓ Panas Reaktan (Sensible Heat)
- ✓ Panas Produk (Sensible Heat)
- ✓ Heat of reaction Standard (Laten Heat)

MENENTUKAN PANAS SENSIBLE

$$Q = \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT$$

$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$ integrasikan

A, B, C, D diperoleh dari Tabel B2

PANAS REAKSI STANDARD ($\Delta H_R^{\circ}{}_{298}$)

Adalah panas reaksi yang berlangsung pada suhu 25 °C atau 298 K

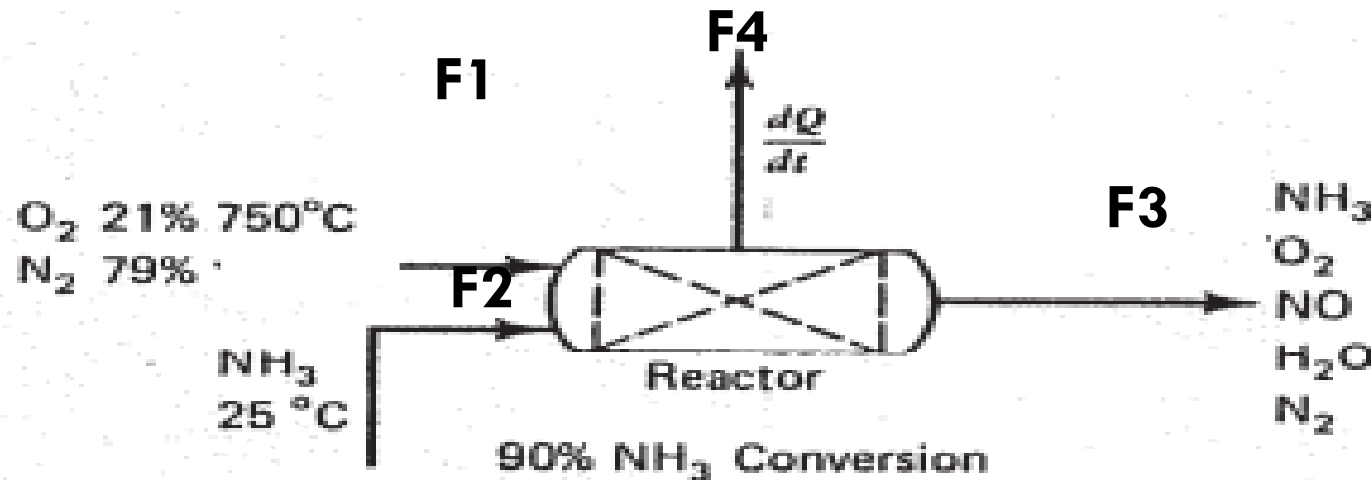
Dihitung dengan formula berikut:

$$\Delta H_r^{\circ}{}_{298} = (n_i \sum \Delta H_f^{\circ}{}_{298})_{\text{produk}} - (n_i \sum \Delta H_f^{\circ}{}_{298})_{\text{reaktan}}$$

n_i = mol reaktan yang bereaksi atau mol produk yang dihasilkan

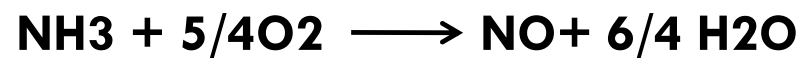
LATIHAN AGAR LEBIH PAHAM

Tentukan panas reaksi pembentukan Nitrogen Monoksida pada $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ dimana suhu produk tidak boleh lebih dari $920\text{ }^{\circ}\text{C}$.



$$\text{O}_2 = 2.4 \text{ mol/jam}$$

$$\text{NH}_3 = 1 \text{ mol/jam}$$



TABEL DATA PROPERTI

Senyawa	a	b	c	d
NH3	0.03515	0.00002954	4.421E-09	-6.686E-12
O2	0.0291	0.00001158	-6.076E-09	-6.076E-13
NO	0.0295	0.000008188	-2.95E-09	3.652E-13
H2O	0.0289	0.000004147	3.191E-09	-1.965E-12
N2	0.029	0.000002199	5.723E-09	-2.871E-12

Senyawa	$\Delta H_f, 298$ (Joule/kmol)
NH3	-46.19
O2	0.000
NO	90.370
H2O	-241.830
N2	0.000

NERACA MASSA

INPUT

NH₃ dan O₂ input diketahui

Nitrogen input = $\frac{79}{21} \times$ Mol Oksigen input

$$\begin{aligned} \text{Nitrogen input} &= \frac{79}{21} \times 2,4 \\ &= 9,03 \end{aligned}$$

Semua mol input di konversi ke gram dengan dikalikan BM masing- masing senyawa

Neraca massa

Senyawa	BM	Input (mol)	gr
NH ₃	17	1	17
O ₂	32	2,4	76,8
NO	30	0	0
H ₂ O	18	0	0
N ₂	28	9,03	252,8
			346,6

NERACA MASSA

MOL BEREAKSI

Karena konversi yang diketahui $\text{NH}_3 = 90\%$ ATAU 0,9
Jadi basis perhiungan reaktan bereaksi adalah NH_3

$$\begin{aligned}\text{NH}_3 \text{ Bereaksi} &= 0,9 \times \text{Mol } \text{NH}_3 \text{ mula-mula} \\ &= 0,9 \times 1 \\ &= 0,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{O}_2 \text{ Bereaksi} &= \frac{5}{4} \times \text{Mol } \text{NH}_3 \text{ bereaksi} \\ &= \frac{5}{4} \times 0,9 \\ &= 1,125\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NO} \text{ Bereaksi} &= 1 \times \text{Mol } \text{NH}_3 \text{ bereaksi} \\ &= 1 \times 0,9 \\ &= 0,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{O}_2 \text{ Bereaksi} &= \frac{6}{4} \times \text{Mol } \text{NH}_3 \text{ bereaksi} \\ &= \frac{6}{4} \times 0,9 \\ &= 1,35\end{aligned}$$

Untuk N_2 mol input, yang bereaksi dan output sama karena N_2 tidak bereaksi atau gas inert di dalam udara

Neraca massa

Senyawa	BM	reaktan brx	
NH_3	17	0,9	mol
O_2	32	1,125	mol
NO	30	0,9	mol
H_2O	18	1,35	mol
N_2	28	9,03	mol

NERACA MASSA

OUTPUT

$$\begin{aligned}\text{NH}_3 \text{ OUTPUT} &= \text{Mol NH}_3 \text{ mula- mula} - \text{Mol NH}_3 \text{ bereaksi} \\ &= 0,1 - 0,9 \\ &= 0,1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{O}_2 \text{ OUTPUT} &= \text{Mol O}_2 \text{ mula- mula} - \text{Mol O}_2 \text{ bereaksi} \\ &= 2,4 - 1,125 \\ &= 1,275\end{aligned}$$

Mol output untuk NO, H₂O dan N₂ sama dengan bereaksi

Neraca massa

Senyawa	BM	output (mol)	gr
NH ₃	17	0,1	1,7
O ₂	32	1,275	40,8
NO	30	0,9	27
H ₂ O	18	1,35	24,3
N ₂	28	9,03	252,8
			346,6

NERACA MASSA OVERALL

Neraca massa

Senyawa	BM	Input (mol)	gr	reaktan brx		output (mol)	gr
NH ₃	17	1	17	0,9	mol	0,1	1,7
O ₂	32	2,4	76,8	1,125	mol	1,275	40,8
NO	30	0	0	0,9	mol	0,9	27
H ₂ O	18	0	0	1,35	mol	1,35	24,3
N ₂	28	9,03	252,8	9,03	mol	9,03	252,8
			346,6				346,6

NERACA ENERGI

KALIAN CARI ENTALPI REAKSI STANDAR UNTUK REAKSI DIBAWAH INI BERAPA ???

Entalpi reaksi standard =



$r\Delta H_{298} =$

JOULE

CARI YA !!!

NERACA ENERGI

Neraca Energi

Reaktan (Input)

Senyawa	mol	a	b	c	d	$\int_{T_1}^{T_2} c_p \cdot dt$	Q = n. $\int_{T_1}^{T_2} c_p \cdot dt$ (Joule)
NH3	1	0,03515	0,00002954	4,421E-09	-6,686E-12	-39,350573	
O2	2,4	0,0291	0,00001158	-6,076E-09	-6,076E-13	-24,362839	
NO	0	0,0295	0,000008188	-2,95E-09	3,652E-13	-24,380967	
H2O	0	0,0289	0,000004147	3,191E-09	-1,965E-12	-23,514801	
N2	9,029	0,029	0,000002199	5,723E-09	-2,871E-12	-23,289445	

ΔH_P

Joule

Produk (Output)

T1 298 Kelvin

T2 1193 Kelvin

Senyawa	mol	a	b	c	d	$\int_{T_1}^{T_2} c_p \cdot dt$	Q = n. $\int_{T_1}^{T_2} c_p \cdot dt$ (Joule)
NH3	0,1	0,0352	0,00002954	4,421E-09	-6,686E-12	50,2595242	
O2	1,275	0,0291	0,00001158	-6,076E-09	-6,076E-13	30,0791512	
NO	0,9	0,0295	0,000008188	-2,95E-09	3,652E-13	30,4063240	
H2O	1,35	0,0289	0,000004147	3,191E-09	-1,965E-12	29,4191408	
N2	9,028571	0,0290	0,000002199	5,723E-09	-2,871E-12	29,1625934	

ΔH_P

Joule

NERACA ENERGI

$$\Delta H \text{ Total} = \Delta H_R + \Delta H_{298} + \Delta H_P$$

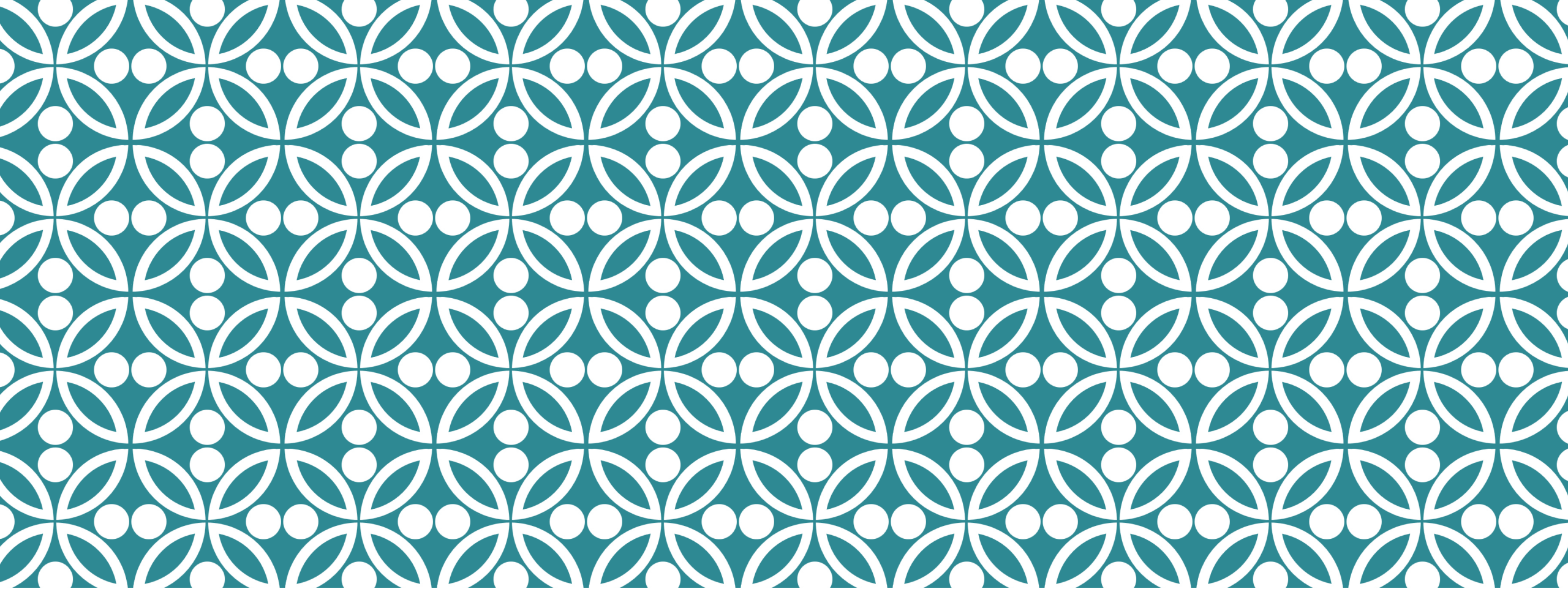
=

J

=

kJ

Hitung ya !!!



HEATING VALUE

DODY GUNTAMA

HEATING VALUE

Nilai Panas (Nilai Pembakaran) atau HV (Heating Value) adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1kg bahan bakar bila bahan bakar tersebut dibakar.

Pada gas hasil pembakaran terdapat H₂O dalam bentuk uap atau cairan. Dengan demikian nilai pembakaran bila H₂O yang terbentuk berupa uap akan lebih kecil bila dibandingkan dengan H₂O yang terbentuk sebagai cairan. Berarti ada 2 macam Nilai Pembakaran yaitu Nilai Pembakaran Atas (NPA) atau HHV dan Nilai Pembakaran Bawah (NPB) atau LHV.

HHV DAN LHV

1. NPA atau HHV adalah :

Yaitu Nilai Pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat H₂O berebentuk cairan

2. NPB atau LHV adalah:

Yaitu Nilai Pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat H₂O berbentuk gas

PENJELASAN

Dalam praktek, energi yang bisa kita peroleh dari pembakaran bahan bakar akan selalu lebih kecil dari HHV atau LHV, karena ada energi dalam bentuk panas yang dibawa pergi oleh gas hasil pembakaran. Itulah sebabnya efisiensi semua mesin konversi energi (steam power plant, internal combustion engine, gas turbine) tidak pernah bisa 100 %.

TERIMA KASIH SELAMAT BELAJAR



NERACA MASSA DAN ENERGI DIREAKTOR KIMIA

**LANJUTAN MATERI
DODY GUNTAMA, ST., M.Eng**

PANAS REAKSI STANDARD ($\Delta H_{R,298}^0$)

Perhitungan panas reaksi standar dari panas pembakaran standar dihitung dengan formula berikut:

$$\Delta H_{R,298} = -[\sum(\Delta H_{c,298} \text{ reaktan}) - \sum(\Delta H_{c,298} \text{ produk})]$$

$$\Delta H_{R,298} = - \sum(\sigma_s \Delta H_{c,298} s)$$

Dengan:

$\Delta H_{R,298}$ = panas reaksi pada 298K

$\Delta H_{f,298}$ = panas pembentukan pada 298K, data tersedia.

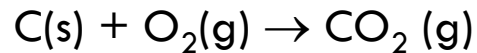
$\Delta H_{c,298}$ = panas pembakaran pada 298K, data tersedia.

σ_s = koefisien persamaan reaksi untuk setiap senyawa s , dengan nilai negatif untuk reaktan dan positif untuk produk

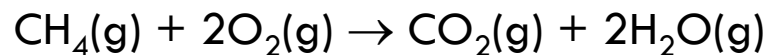
PANAS PEMBAKARAN STANDAR

Panas pembakaran standar adalah perubahan enthalpy yang menyertai pembakaran 1 mol suatu senyawa.

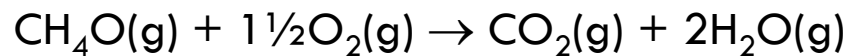
CONTOH:



$$\Delta H_{298}^{\circ} = -393.509 \text{ J}$$



$$\Delta H_{298}^{\circ} = -802.600 \text{ J}$$



$$\Delta H_{298}^{\circ} = -638.200 \text{ J}$$

Seperti halnya panas pembentukan standar, panas pembakaran standar juga dapat digunakan untuk menghitung panas reaksi standar.

CONTOH

Hitung panas pembakaran standar CH_4 dari data panas pembentukan standar. Reaksi pembakaran metana adalah sebagai berikut:



diketahui:

$$\Delta H_{f,298} \text{CO}_2 = -94,05 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_{f,298} \text{H}_2\text{O}(l) = -68,32 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_{f,298} \text{CH}_4 = -17,89 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_{f,298} \text{O}_2 = 0$$

JAWABAN

$$\begin{aligned}\Delta H_{c.298} &= [\Delta H_{f.298} \text{CO}_2 + 2x\Delta H_{f.298} \text{H}_2\text{O}] - \\ &\quad [\Delta H_{f.298} \text{CH}_4 + 2x \Delta H_{f.298} \text{O}_2] \\ &= [-94,05 + 2x -68,32] - [-17,89 + 2x0] \\ &= -212,8 \text{ kcal/mol}\end{aligned}$$

CONTOH PERHITUNGAN PANAS PEMBENTUKAN STANDAR DARI DATA PANAS PEMBAKARAN

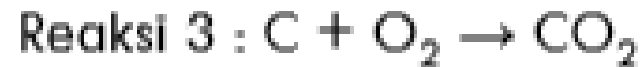
Hitung panas pembentukan standar propan (C_3H_8) dari data pembakaran standar berikut:



$$\Delta H_{f,298} C_3H_8 = ?$$



$$\Delta H_{c,298} C_3H_8 = -530,61 \text{ kcal/mol}$$



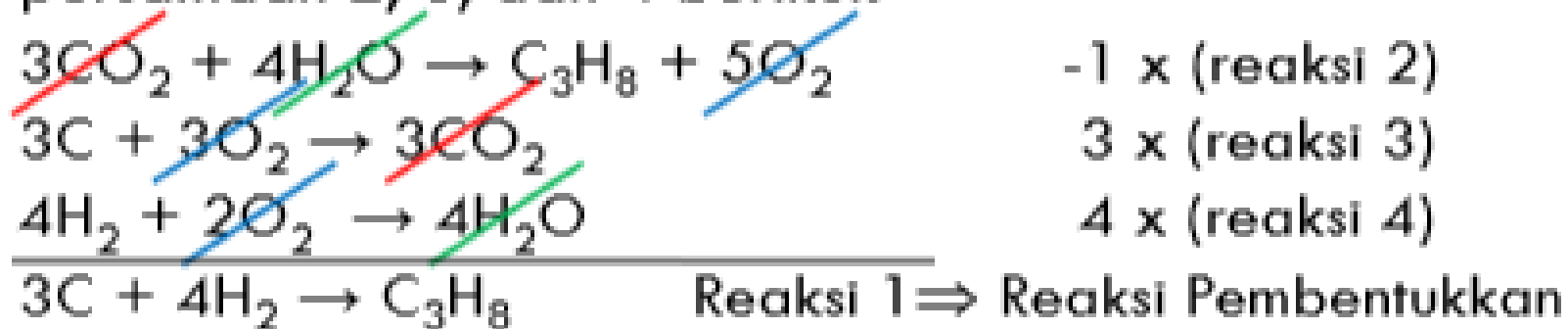
$$\Delta H_{c,298} C = -94,05 \text{ kcal/mol}$$



$$\Delta H_{c,298} H_2 = -68,32 \text{ kcal/mol}$$

JAWABAN

- Persamaan reaksi 1 dapat disusun dari penjumlahan persamaan 2, 3, dan 4 berikut:



Sehingga:

$$\begin{aligned} \Delta H_{f,298} \text{C}_3\text{H}_8 &= [(-1) \times \Delta H_{c,298} \text{C}_3\text{H}_8] - [(3 \times \Delta H_{c,298} \text{C}) + \\ &\quad (4 \times \Delta H_{c,298} \text{H}_2)] \\ &= [(-1) \times (-530,61)] - [(3 \times (-94,05)) + (4 \times (-68,32))] \\ &= [530,61] - [-555,43] \\ &= 1086,04 \text{ kcal/mol} \end{aligned}$$

LANJUTAN PERHITUNGAN NERACA PANAS DIREAKTOR

CONTOH PERHITUNGAN NERACA PANAS PADA PEMBUATAN ISOPROPIL BENZENE ATAU CUMENE, BAGAIMANA CARA MENGHITUNGNYA????

PERHATIKAN LANGKAH BERIKUT !!!!!

APA ITU ISOPROPIL BENZENE?

Isopropil Benzene (Cumen) merupakan senyawa aromatik bercincin tunggal dengan kenampakan cairan tak berwarna dan memiliki bau yang khas.

Merupakan bahan intermediete yang digunakan untuk proses pembuatan fenol, aseton, pembuatan zat adiktif , pembuatan solvent

PRODUK CUMEN TELAH BANYAK DIGUNAKAN DIBERBAGAI INDUSTRI ANTARA LAIN :

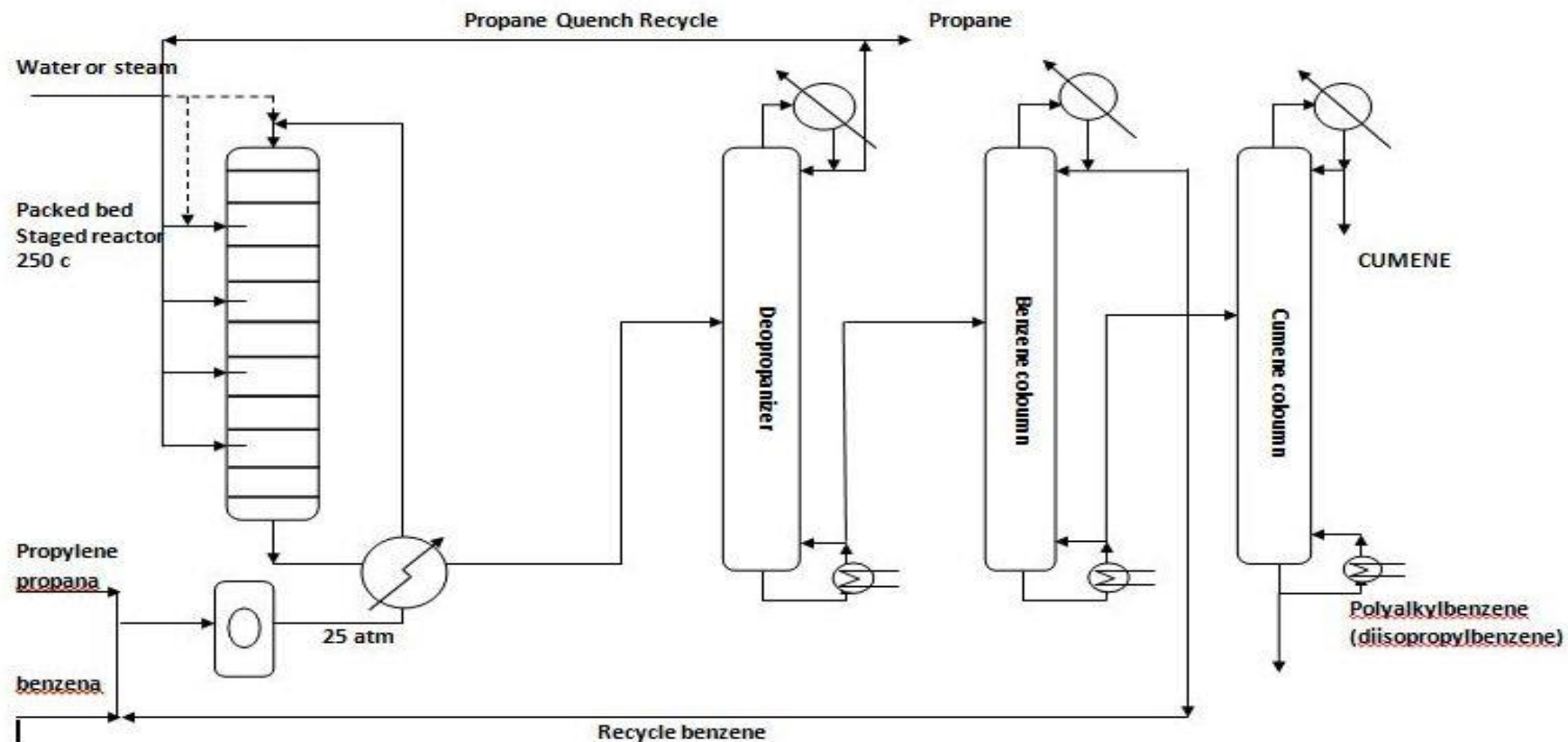
1. Sebagai bahan baku pembuatan phenol dan aseton
2. Sebagai bahan baku dalam industri pembuatan plastik.
3. Sebagai bahan perantara pembuatan resin
4. Sebagai pelarut pada industri cat.
5. Sebagai bahan baku pembuatan asetophenone
6. Sebagai bahan pembantu pada industri pembuatan asam terephthalate

PROSES PEMBUATAN ISOPROPILE BENZENE

Proses pembuatan isopropil benzena dengan proses Alkilasi adalah proses pembuatan isopropil benzena menggunakan bahan baku benzena dan propilena dengan katalis asam fosfat (H_3PO_4) pada reaktor fixed bed multitube

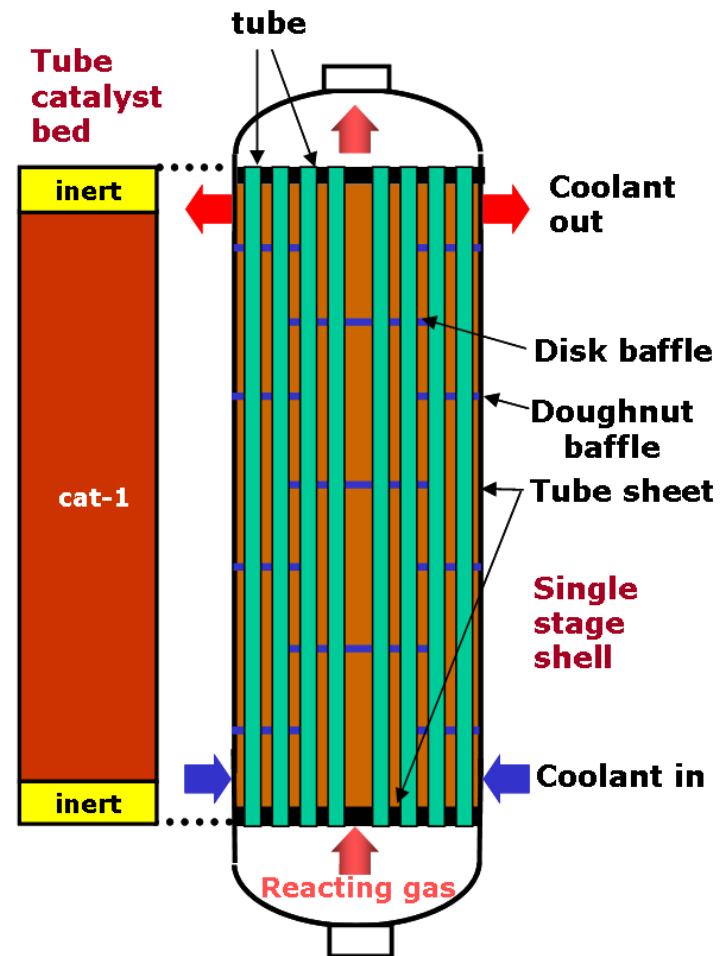


PROSES PEMBENTUKAN ISOPROPILE BENZENE



Gambar 3.3.1 industri cumene

REAKTOR FIXED BED

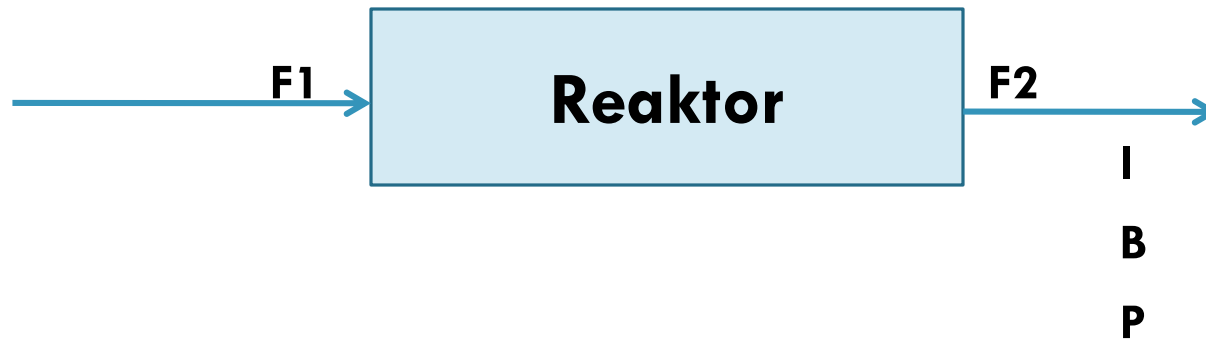


CASE STUDY

Tentukan panas reaksi pembentukan Isopropil Benzen pada 350 °C dimana suhu produk tidak boleh lebih dari 400°C.



Umpan masuk :



B: 100 Kmol/jam

P: 50 Kmol/jam

Konversi Propilen 90 %

DATA PROPERTY

Senyawa	a	b	c	d
C3H6	31.298	0.072449	0.000195	8.5237E-08
C6H6	-31.368	0.4746	-0.00031	8.5237E-08
C9H12	10.149	0.5113	-0.00018	-2.261E-07

Senyawa	$\Delta H_f, 298$ (Joule/kmol)
C3H6	20410
C6H6	82930
C9H12	7820

NERACA MASSA

❖ Neraca Massa Komponen Propilen

Input – output ± reaksi = ACC

Input – output ± reaksi = ACC

$$(F_1 \cdot X_{P1}) - (F_2 \cdot X_{P2}) - (X \cdot F_1 \cdot X_{P1}) = 0$$

$$\left(50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) - (F_2 \cdot X_{P2}) - \left(0,9 \cdot 50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) = 0$$

$$F_2 \cdot X_{P2} = \left(50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) - \left(0,9 \cdot 50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) = 5 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

$$F_2 \cdot X_{P2} = 5 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \cdot 42 \frac{\text{kgr}}{\text{kmol}} = 210 \frac{\text{kgr}}{\text{jam}}$$

NERACA MASSA

❖ Neraca Massa Komponen Benzen

Input – output ± reaksi = ACC

$$(F_1 \cdot X_{B1}) - (F_2 \cdot X_{B2}) - (X \cdot F_1 \cdot X_{P1}) = 0$$

$$\left(100 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) - (F_2 \cdot X_{b2}) - \left(0,9 \cdot 50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) = 0$$

$$F_2 \cdot X_{b2} = \left(100 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) - \left(0,9 \times 50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) = 55 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

$$F_2 \cdot X_{b2} = 55 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \cdot 78 \frac{\text{kgr}}{\text{kmol}} = 4290 \frac{\text{kgr}}{\text{jam}}$$

NERACA MASSA

❖ Neraca Massa Komponen Isopropil Benzen

Input – output ± reaksi = ACC

$$(F_1 \cdot X_{Ip1}) - (F_2 \cdot X_{Ip2}) + (X \cdot F_1 \cdot X_{P1}) = 0$$

$$(0) - (F_2 \cdot X_{Ib2}) + \left(0,9 \cdot 50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) = 0$$

$$F_2 \cdot X_{Ip2} = (0) + \left(0,9 \times 50 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}\right) = 45 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

$$F_2 \cdot X_{Ip2} = 45 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \cdot 120 \frac{\text{kgr}}{\text{kmol}} = 5400 \frac{\text{kgr}}{\text{jam}}$$

NERACA ENERGI

$$\frac{dq}{dt} = r\Delta H_r(T_{ref}) + \sum N_{out}(H_{out} - H_{ref}) - \sum N_{in}(H_{in} - H_{ref})$$

$$\frac{dq}{dt} = r\Delta H_r(T_{ref}) + \sum N_{out}(H_{out} - H_{ref}) + \sum N_{in}(H_{ref} - H_{in})$$

$$\frac{dq}{dt} = r\Delta H_r(T_{298^\circ K}) + \sum N_{out} \int_{T_{ref}}^{T_{out}} C_p dT + \sum N_{in} \int_{T_{in}}^{T_{ref}} C_p dT$$

$$\frac{dq}{dt} = r\Delta H_r(T_{298^\circ K}) + \sum N_{out} \int_{T_{298}}^{T_{673}} C_p dT + \sum N_{in} \int_{T_{623}}^{T_{298}} C_p dT$$

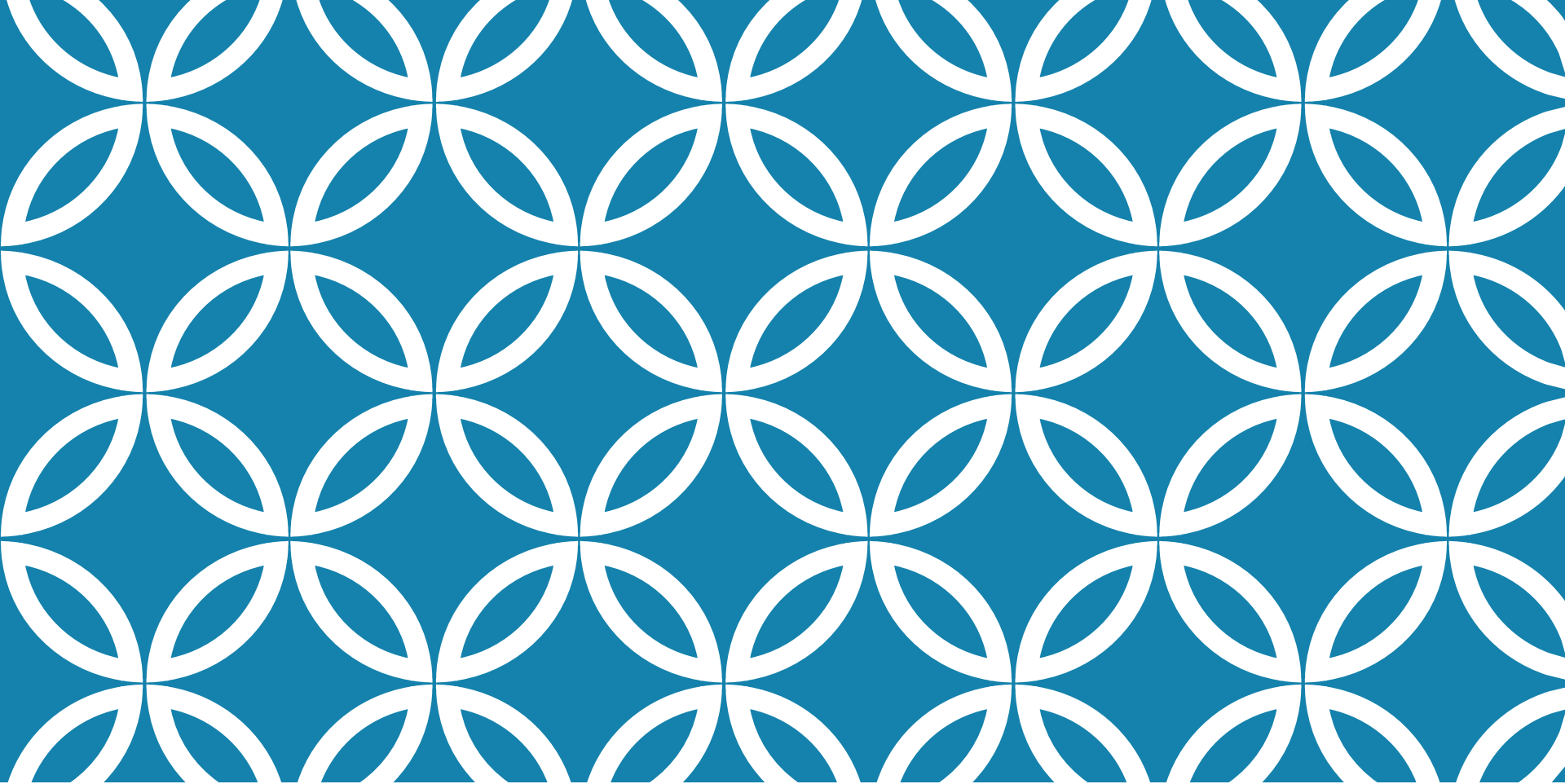
KUMPULAN RUMUS DELTA H REAKSI STANDAR DAN CP

$$\Delta H_r = (\alpha)H_f C_9H_{12} - ((\alpha)H_f C_3H_6 + (\alpha)H_f C_6H_6))$$

$$r\Delta H_r = (X_n C_3H_6) * ((\alpha)H_f C_9H_{12} - ((\alpha)H_f C_3H_6 + (\alpha)H_f C_6H_6))$$

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$\int_{T_{ref}}^{TR} c_p \cdot dT = \left[AT + \frac{BT^2}{2} + \frac{CT^3}{3} + \frac{DT^4}{4} + \frac{ET^5}{5} \right]_{T_{ref}}^{TR}$$



HEATING VALUE

DODY GUNTAMA, ST., M.Eng

PENGERTIAN

Nilai Panas (Nilai Pembakaran) atau HV (Heating Value) adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1kg bahan bakar bila bahan bakar tersebut dibakar.

Pada gas hasil pembakaran terdapat H₂O dalam bentuk uap atau cairan. Dengan demikian nilai pembakaran bila H₂O yang terbentuk berupa uap akan lebih kecil bila dibandingkan dengan H₂O yang terbentuk sebagai cairan.

BERARTI ADA 2 MACAM NILAI PEMBAKARAN YAITU :

1. NPA atau HHV adalah :

Yaitu Nilai Pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat H₂O berebentuk cairan

2. NPB atau LHV adalah:

Yaitu Nilai Pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat H₂O berbentuk gas

PENJELASAN

Dalam praktek, energi yang bisa kita peroleh dari pembakaran bahan bakar akan selalu lebih kecil dari HHV atau LHV, karena ada energi dalam bentuk panas yang dibawa pergi oleh gas hasil pembakaran. Itulah sebabnya efisiensi semua mesin konversi energi (steam power plant, internal combustion engine, gas turbine) tidak pernah bisa 100 %.

PENJELASAN

Prinsip pembakaran bahan bakar sejatinya adalah reaksi kimia bahan bakar dengan oksigen (O).

Kebanyakan bahan bakar mengandung unsur Karbon (C), Hidrogen (H) dan Belerang (S). Akan tetapi yang memiliki kontribusi yang penting terhadap energi yang dilepaskan adalah C dan H. Masing-masing bahan bakar mempunyai kandungan unsur C dan H yang berbeda-beda.

PENJELASAN

HHV dan LHV adalah notasi theoretical, hanya dipakai untuk indikasi dan tidak menunjukkan kondisi yang sebenarnya dalam praktek.

Alasannya bahan bakar dan gas hasil pembakaran tidak pernah berada pada temperatur yang sama sesuai asumsi yang dipakai untuk perhitungan HHV dan LHV.

Dalam praktek, energi yang bisa kita peroleh dari pembakaran bahan bakar akan selalu lebih kecil dari HHV atau LHV, karena ada energi dalam bentuk panas yang dibawa pergi oleh gas hasil pembakaran. Itulah sebabnya efisiensi semua mesin konversi energi (steam power plant, internal combustion engine, gas turbine) tidak pernah bisa 100 %.

HUBUNGAN HHV DAN LHV

$$\text{HHV} = \text{LHV} + n \Delta H_v (\text{H}_2\text{O}, 25 \text{ }^\circ\text{C})$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \Delta H_v (\text{H}_2\text{O}, 25 \text{ }^\circ\text{C}) &= 44,013 \text{ kJ/mol} \\ &= 18.934 \text{ Btu/lbmol} \end{aligned}$$

UNTUK CAMPURAN BAHAN BAKAR

$$HHV = \sum x_i (HHV)_i$$

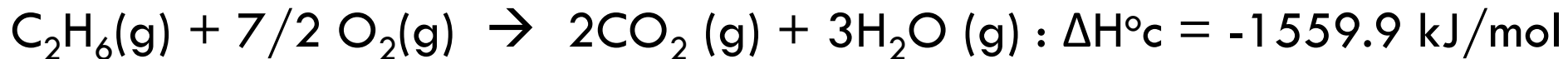
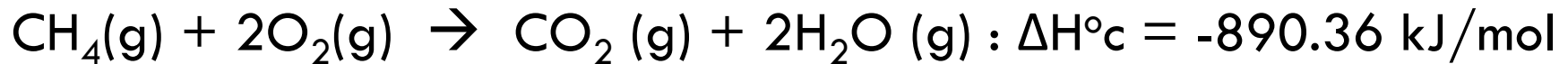
Dimana:

HHV_i = heating value bahan bakar i

x_i = fraksi massa komponen bahan bakar jika satuan HV adalah energi/massa atau fraksi mol jika satuan HV adalah energi/mol

SOAL

Suatu gas alam yang terdiri dari 85 % metana dan 15 % etana (by volum). Tentukan HHV dari bahan bakar ini dalam kJ/g. Reaksi pembakaran metana dan etana adalah sbb:



PROSEDUR PENYELESAIAN:

Prosedur Penyelesaian:

1. Tentukan fraksi massa masing-masing komponen metana dan etana
2. Tentukan LHV masing-masing komponen
3. Hitung HHV masing-masing komponen
4. Hitung HHV total bahan bakar

MENENTUKAN FRAKSI MASSA

Basis 100 mol bahan bakar:

Maka:

$$\text{metana} = 85 \text{ mol} \quad = 1360 \text{ g}$$

$$\text{etana} = 15 \text{ mol} \quad = 450 \text{ g}$$

$$\text{Total} \quad = 1810 \text{ g}$$

Maka, fraksi massa adalah:

$$x_{\text{CH}_4} = 1360/1810 = 0,751$$

$$x_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1 - 0,751 = 0,249$$

MENENTUKAN LHV

$$\text{LHV}_{\text{CH}_4} = - \Delta H^\circ_{\text{c,CH}_4} = - (-890.36) = 890.36 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{LHV}_{\text{C}_2\text{H}_6} = - \Delta H^\circ_{\text{c,C}_2\text{H}_6} = - (-1559.9) = 1559.9 \text{ kJ/mol}$$

MENENTUKAN HHV

$$\begin{aligned}(HHV)_{CH_4} &= (LHV)_{CH_4} + n_{H_2O} (\Delta\hat{H}_v)_{H_2O} \\ &= \left[890.36 \frac{kJ}{mol} + 2(44,013 \frac{kJ}{mol}) \right] \frac{1mol}{16g} \\ &= 61,15kJ / g\end{aligned}$$

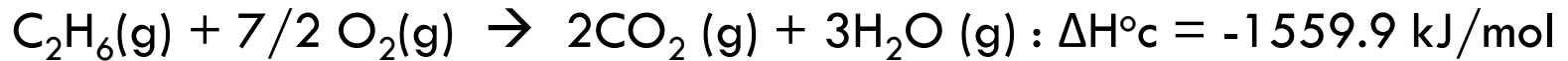
$$\begin{aligned}(HHV)_{C_2H_6} &= \left[1559.9 \frac{kJ}{mol} + 3(44,013 \frac{kJ}{mol}) \right] \frac{1mol}{30g} \\ &= 56,39kJ / g\end{aligned}$$

HHV TOTAL (CAMPURAN)

$$\begin{aligned} HHV &= x_{CH_4} (HHV)_{CH_4} + x_{C_2H_6} (HHV)_{C_2H_6} \\ &= (0,751)(61,15) + (0,249)(56,39) \\ &= 45,92 + 14,04 = 59,96 \text{ kJ / g} \end{aligned}$$

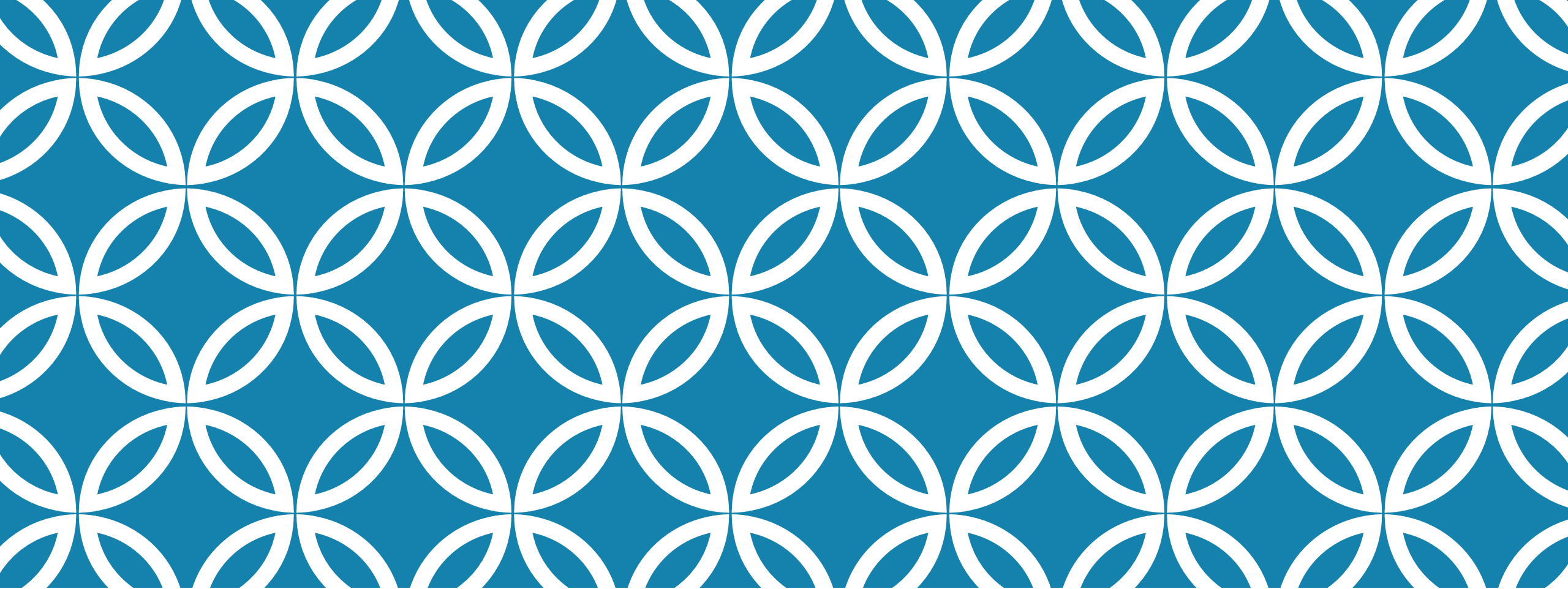
LATIHAN (KERJAKAN DI KELAS KITA DISKUSI)

Suatu gas alam yang terdiri dari 80 % etana dan 20 % propana (by volum). Tentukan HHV dari bahan bakar ini dalam kJ/g. Reaksi pembakaran metana dan etana adalah sbb:



TUGAS

Campuran gas mengandung 40% (by mol) H_2 (HHV = 143 kJ/g) dan 60% (by mol) CH_4 (HHV = 55,6 kJ/g). Tentukan HHV campuran bahan bakar (kJ/g)



PERTEMUAN 13

MENENTUKAN ENLAPI PRODUK DENGAN HHV
DAN REAKSI PEMBAKARAN

DODY GUNTAMA, S.T., M. Eng

SOAL

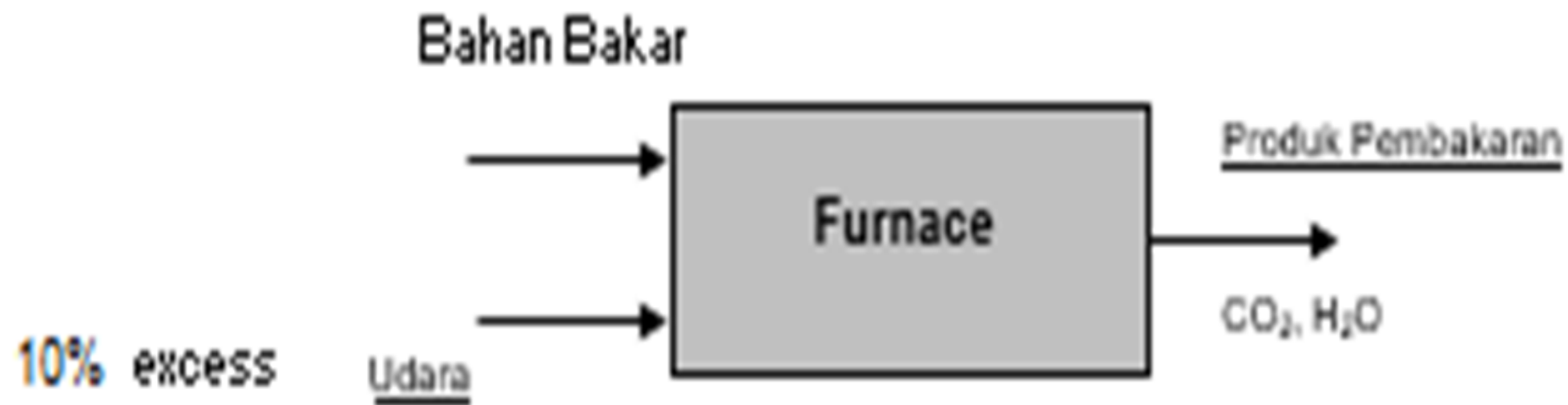
Campuran 75 % etana, 20 % propana dan sisanya CO₂.
dibakar dengan 10 % udara excess. Jika umpan masuk
pada suhu 50 °C?

Tentukan

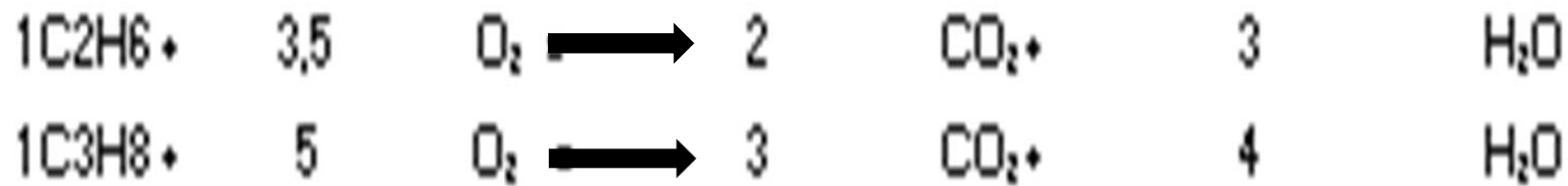
1. Neraca Massa
2. Entalpi Reaktan
3. HHV
4. Entalpi Produk

Komposisi Bahan Bakar

C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂	N ₂
0,75	0,2	0,05	0

 moles

Reaksi Pembakaran



$$\Delta H_c \text{C}_2\text{H}_6 \quad -1560 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_c \text{C}_3\text{H}_8 \quad -2220 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_v \text{H}_2\text{O} \quad 40,656 \text{ KJ/mol}$$

Menentukan Massa umpan dan produk

	BM	in		out	
C ₂ H ₆	30	0,75	22,5	0	0
C ₃ H ₈	44	0,2	8,8	0	0
O ₂	32	3,988	127,6	0,3625	11,6
N ₂	28	15,001	420,0167	15,001	420,0167
CO ₂	44	0,05	2,2	2,15	94,6
H ₂ O	18	0	0	3,05	54,9
		TOTAL	581,1167		581,1167

Summary

$$T_{\text{in Fuel}} = 50^{\circ\text{C}}$$

$$T_{\text{in Udara}} = 50$$

Menghitung entalpi Reaktan

	Massa In (mol)	Massa Out (mol)	a	b	c	d	Integral of C_p at Reaktan	ΔHR	LHV (kJ/mole)	HHV (kJ/mole)
C ₂ H ₆	750	0	0,04937	0,000139	-5,816E-08	7,28E-12	1,36	1021,98	1560	1682
C ₃ H ₈	200	0	0,068032	0,000226	-1,311E-07	3,171E-11	1,91	381,57	2220	2383
O ₂	3987,5	362,5	0,0291	1,16E-05	-6,076E-09	1,311E-12	0,74	2943,32		0
N ₂	15001	15001	0,029	2,2E-06	5,723E-09	-2,871E-12	0,73	10909,42		0
CO ₂	50	2150	0,03611	4,23E-05	-2,887E-08	7,464E-12	0,94	47,07		0
H ₂ O	0	3050	0,03346	6,88E-06	7,604E-09	-3,593E-12	0,84	0,00		0

Total HHV= 1738001

Calculate the flame temperature

$$\Delta HR = 15303,36 \text{ kJ}$$

$$CV = 1738001 \text{ kJ}$$



Neraca Energi

$$\Delta HR + HHV = \Delta HP$$

$$\Delta HP = 1753304,16$$

BAHAN BAKAR

Bahan bakar adalah zat yang dapat dibakar dengan cepat bersama udara (oksigen) dan akan menghasilkan panas. Oleh karena itu bahan bakar harus mengandung satu atau lebih unsur yang dapat terbakar

Biasanya unsur-unsur pokok dalam bahan bakar adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), belerang (S), nitrogen (N). Selain itu bahan bakar juga mengandung logam-logam mineral, yang merupakan ikutan dari tambang seperti, natrium (Na), besi (Fe), aluminium (Al), mangan (Mn), Silika (Si), Vanadium (V), Kalsium (Ca), Timah hitam (Pb), dsb

BAHAN BAKAR



Solar (HSD)

adalah Automotive Diesel Oil, yaitu bahan bakar untuk mesin diesel putaran tinggi

Minyak Diesel (IDO)

Adalah industrial diesel oil untuk bahan bakar mesin diesel putaran menengah dan rendah

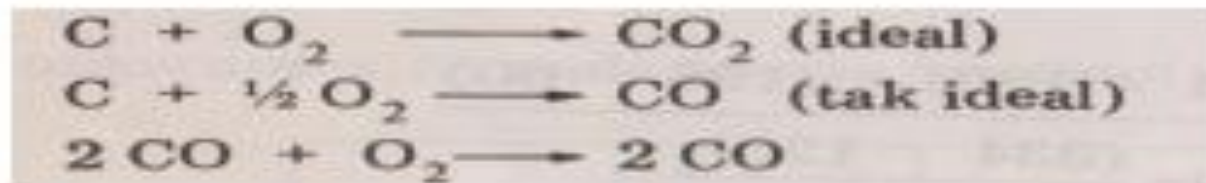
Minyak Bakar (Residu)

(MFO) ≈ Marine Fuel Oil

BAHAN BAKAR

Hal yang harus diketahui dalam pembakaran bahan bakar :

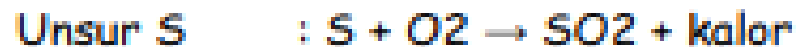
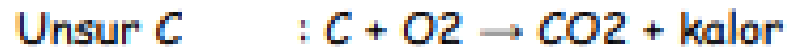
1. Harga pembakaran yaitu Jumlah "Kkal" yang dapat dihasilkan oleh 1 kg bahan bakar pada pembakaran sempurna, yang disebut dengan harga pembakaran tinggi (HHV)



2. Harga pembakaran rendah (LHV) yaitu Jumlah "Kkal" yang dapat dihasilkan oleh 1 kg bahan bakar di kurangi oleh panas penguapan air yang ada dalam bahan bakar dan air yang selama bahan bakar terbentuk karena persenyawaan H dan O
3. Unsur unsur kimia yang terdapat dala 1 kg bahan bakar misalnya C, H, O, N, S, H₂O dan abu
4. Bagian bagian yang mudah menjadi gas dari bahan bakar pada waktu pembakaran
5. Sifat sifat daribahan bakar kokas, abu dan terak pada waktu pembakaran
6. Banyak nya kadar air dan abu yang dikandung bahan bakar
7. Besarnya butiran butiran batu bara untuk bahan bakar padat.

PROSES PEMBAKARAN ADALAH REAKSI OKSIDASI TERHADAP UNSUR-UNSUR PENYUSUN BAHAN BAKAR DAN ADANYA PEMICU.

Oksigen yang diperlukan untuk pembakaran di dalam ketel uap diambil dari udara. Reaksi-reaksi proses pembakaran sempurna :



Bila unsur-unsur penyusun bahan bakar diketahui dengan pertolongan persamaan-persamaan reaksi di atas, kebutuhan teoritis gas oksigen untuk pembakaran sempurna dapat dihitung. Untuk bahan bakar padat & cair komposisinya dinyatakan dengan % berat dari unsur-unsurnya.

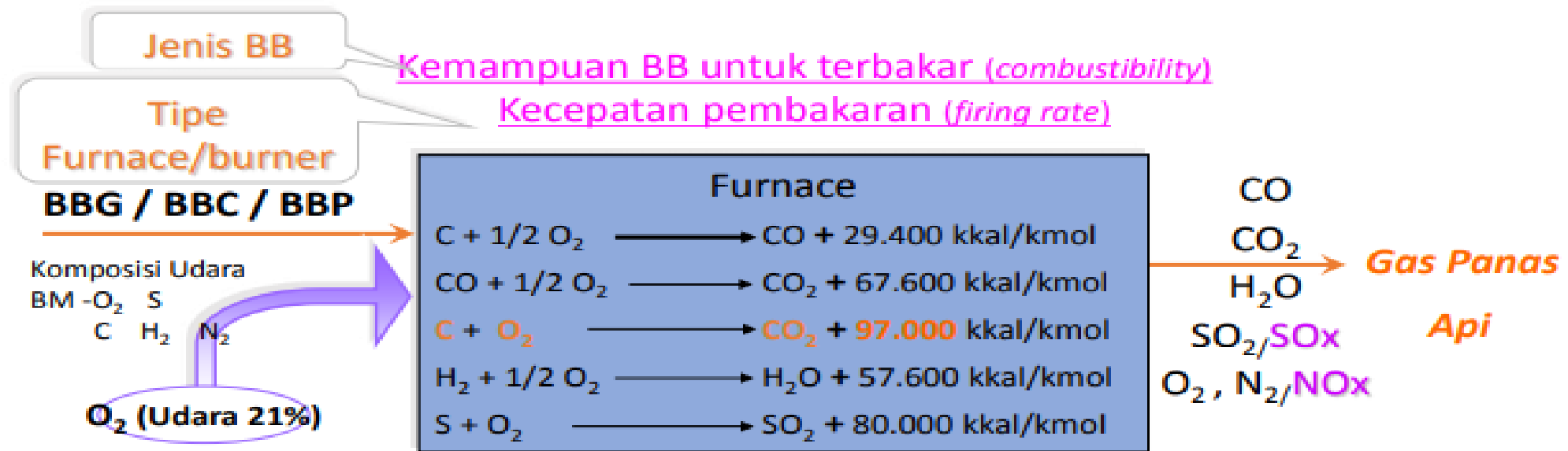
MISALNYA :

Berat C = 79%
Berat H₂ = 12%
Berat S = 1%
Berat O₂ = 3 %
Berat Abu = 5% berat
----- +
100%

Untuk bahan bakar gas, komposisinya dinyatakan dengan % volume dari macam macam gas penyusunannya. Misalnya suatu bahan bakar gas terdiri dari

CH ₄	=	35%	volume
C ₂ H ₆	=	40%	volume
C ₂ H ₄	=	15%	volume
C ₃ H ₈	=	<u>10%</u>	volume
		<u>100%</u>	

REAKSI PEMBAKARAN (REAKSI OKSIDASI)



Kualitas BB

Menentukan kualitas pembakaran
(kualitas & kuantitas gas panas yang terbentuk)

Metode pembakaran

Untuk mencapai pencampuran BB dan udara yang baik
(Metode berbeda untuk tiap jenis BB)

Jumlah udara

Jika << ----- nyala api gelap, asap, sisa partikel & efisiensi ketel <
Jika >> ----- nyala pendek, T<, Gas buang >> & efisiensi ketel <

REAKSI PEMBAKARAN

REAKSI PEMBAKARAN

(1) $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (uap)	+57810 Kcal/mol
(2) $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (cair)	+68360 Kcal/mol
(3) $\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$	+29430 Kcal/mol
(4) $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	+68220 Kcal/mol
(5) $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	+97650 Kcal/mol
(6) $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$	-38790 Kcal/mol
(7) $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$	-28380 Kcal/mol
(8) $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+ 192400 Kcal/mol
(9) $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+312400 Kcal/mol
(10) $\text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+345800 Kcal/mol
(11) $\text{H}_2\text{S} + 1\frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$	+124850 Kcal/mol
(12) $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$	+69800 Kcal/mol

PROSES PEMBAKARAN

□ Definisi:

- oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas/panas dan cahaya.

- Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen

- **BBP / BBC** harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar, dengan menggunakan panas.

- **BBG** akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup.

- Komposisi udara 79% nitrogen, 21% oksigen.

□ N₂

- sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai pembakaran.

- mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang.

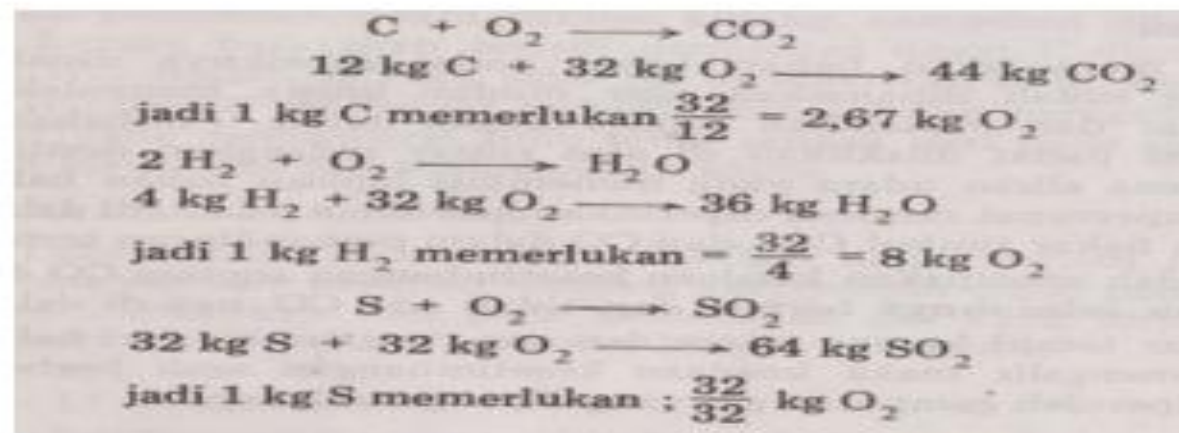
- mengurangi transfer panas pada permukaan alat penukar panas, juga meningkatkan volum hasil samping pembakaran, yang juga harus dialirkan melalui alat penukar panas sampai ke cerobong.

- dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen (NO_x), yang merupakan pencemar beracun.

JUMLAH UDARA YANG DI PERLUKAN UNTUK PEMBAKARAN

Bila Diketahui komposisi campuran bahan bakar maka dapat dihitung jumlah udara yang di butuhkan pada pembakaran sempurna.

Unsur	Berat Molekul (kg / kg mol)
C	12
O ₂	32
H ₂	2
S	32
N ₂	28
CO ₂	44
SO ₂	64
H ₂ O	18

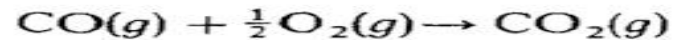


CONTOH REAKSI PEMBAKARAN

EXAMPLE 1.7-2 Heat and Material Balance in Combustion

The waste gas from a process of 1000 g mol/h of CO at 473 K is burned at 1 atm pressure in a furnace using air at 373 K. The combustion is complete and 90% excess air is used. The flue gas leaves the furnace at 1273 K. Calculate the heat removed in the furnace.

Solution: First the process flow diagram is drawn in Fig. 1.7-2 and then a material balance is made.



$$\Delta H_{298}^{\circ} = -282.989 \times 10^3 \text{ kJ/kg mol}$$

(from Appendix A.3)

$$\text{mol CO} = 1000 \text{ g mol/h} = \text{moles CO}_2$$

$$= 1.00 \text{ kg mol/h}$$

$$\text{mol O}_2 \text{ theoretically required} = \frac{1}{2}(1.00) = 0.500 \text{ kg mol/h}$$

$$\text{mol O}_2 \text{ actually added} = 0.500(1.9) = 0.950 \text{ kg mol/h}$$

$$\text{mol N}_2 \text{ added} = 0.950 \frac{0.79}{0.21} = 3.570 \text{ kg mol/h}$$

$$\text{air added} = 0.950 + 3.570 = 4.520 \text{ kg mol/h} = A$$

$$\text{O}_2 \text{ in outlet flue gas} = \text{added} - \text{used}$$

$$= 0.950 - 0.500 = 0.450 \text{ kg mol/h}$$

$$\text{CO}_2 \text{ in outlet flue gas} = 1.00 \text{ kg mol/h}$$

$$\text{N}_2 \text{ in outlet flue gas} = 3.570 \text{ kg mol/h}$$

For the heat balance relative to the standard state at 298 K, we follow Eq. (1.7-1).

Input items

$$H(\text{CO}) = 1.00(c_{pm})(473 - 298) = 1.00(29.38)(473 - 298) = 5142 \text{ kJ/h}$$

(The c_{pm} of CO of 29.38 kJ/kg mol · K between 298 and 473 K is obtained from Table 1.6-1.)

$$H(\text{air}) = 4.520(c_{pm})(373 - 298) = 4.520(29.29)(373 - 298) = 9929 \text{ kJ/h}$$

$q = \text{heat added, kJ/h}$

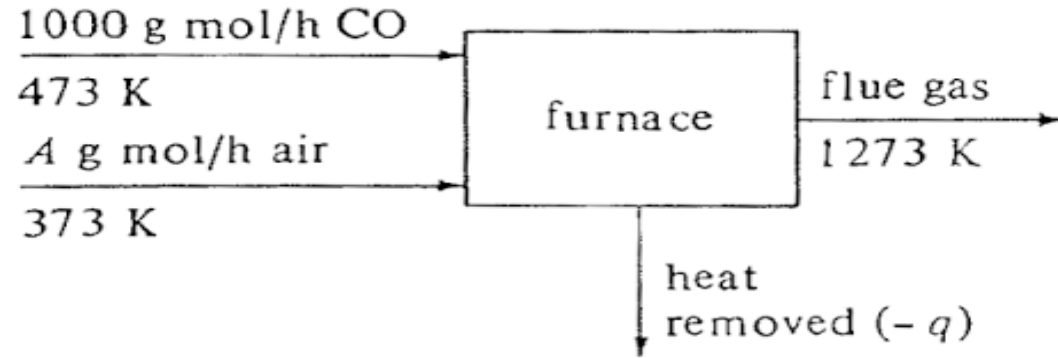


FIGURE 1.7-2. Process flow diagram for Example 1.7-2.

(This will give a negative value here, indicating that heat was removed.)

$$-\Delta H_{298}^0 = -(-282.989 \times 10^3 \text{ kJ/kg mol})(1.00 \text{ kg mol/h}) = 282\,990 \text{ kJ/h}$$

Output items

$$H(\text{CO}_2) = 1.00(c_{pm})(1273 - 298) = 1.00(49.91)(1273 - 298) = 48\,660 \text{ kJ/h}$$

$$H(\text{O}_2) = 0.450(c_{pm})(1273 - 298) = 0.450(33.25)(1273 - 298) = 14\,590 \text{ kJ/h}$$

$$H(\text{N}_2) = 3.570(c_{pm})(1273 - 298) = 3.570(31.43)(1273 - 298) = 109\,400 \text{ kJ/h}$$

Equating input to output and solving for q ,

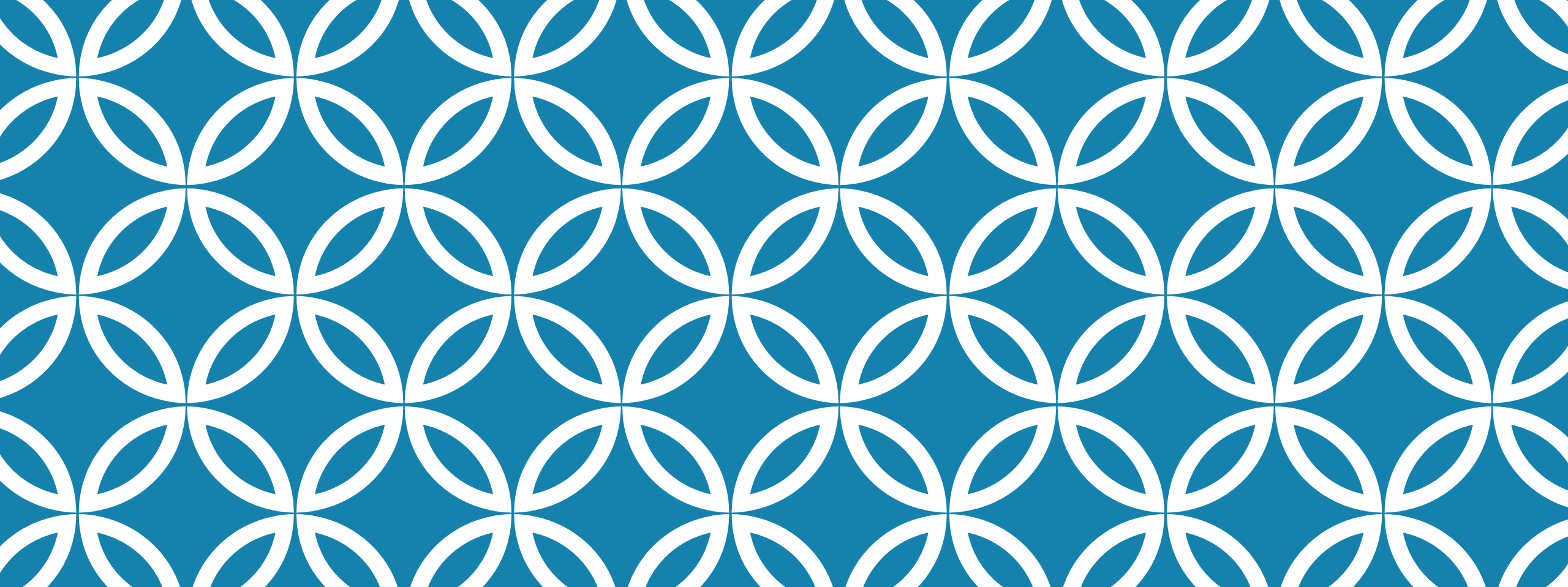
$$5142 + 9929 + q + 282\,990 = 48\,660 + 14\,590 + 109\,400$$

$$q = -125\,411 \text{ kJ/h}$$

Hence, heat is removed: $-34\,837 \text{ W}$.

TUGAS (KERJAKAN DAN JAWABAN DI UPLOAD)

Campuran gas mengandung 40% (by mol) H_2 (HHV = 143 kJ/g) dan 60% (by mol) CH_4 (HHV = 55,6 kJ/g).
Tentukan HHV campuran bahan bakar (kJ/g)



TEMPERATUR FLAME

PERT 14

Dody Guntama, ST., M.Eng

JAWABAN PERTEMUAN 13

Campuran gas mengandung 40% (by mol) H_2 (HHV = 143 kJ/g) dan 60% (by mol) CH_4 (HHV = 55,6 kJ/g). Tentukan HHV campuran bahan bakar (kJ/g)

MENENTUKAN FRAKSI MASSA

Basis 100 mol bahan bakar:

Maka:

Hidrogen	= 40 mol	= 80 g
CH ₄	= 60 mol	= 960 g
Total		= 1040 g

Maka, fraksi massa adalah:

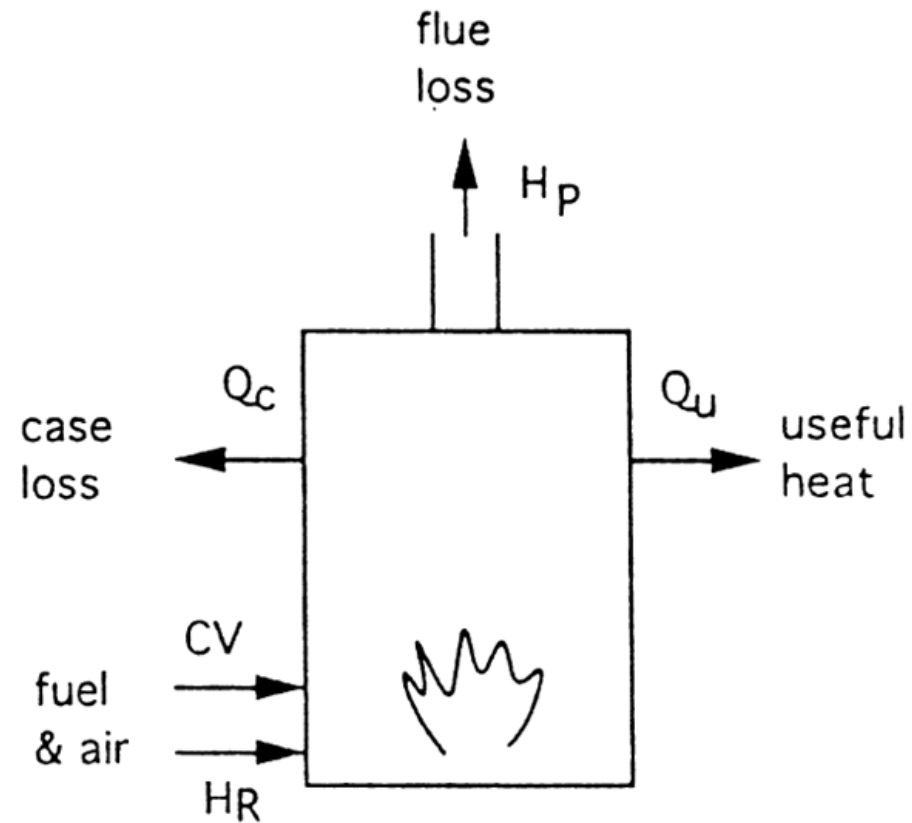
$$x_{\text{Hid}} = 80/1040 = 0,0769$$

$$x_{\text{CH}_4} = 1 - 0,0769 = 0,9231$$

HHV TOTAL (CAMPURAN)

$$\begin{aligned} HHV &= x_{H_2} (HHV)_{H_2} + x_{CH_4} (HHV)_{CH_4} \\ &= (0,0769)(143) + (0,9231)(55,6) \\ &= 62,3244 \text{ kJ} / \text{g} \end{aligned}$$

NERACA ENERGY PADA SISTEM PEMBAKARAN



Neraca Energi Untuk Sistem Pembakaran

Sebelum menyusun neraca energi, terlebih dahulu kita harus memahami asumsi berikut:

- a. ΔH_R , ΔH_p and CV (calorific value) yang diperoleh pada keadaan standard (25°C). Entalpi udara yang masuk adalah hanya panas sensibel. (campuran fuel/air adalah campuran kering/dry mixture)
- b. Entalpi flue gas harus konsisten dengan CV fuel yang digunakan pada neraca energi.

NERACA ENERGI DI SEKITAR SISTEM

$$CV + \Delta H_R = \Delta H_P + Q_c + Q_u \quad (1)$$

Dimana:

Q_u , panas sensibel di dalam udara dan fuel (ref. 25°C) adalah sangat kecil dan sering diabaikan.

Case loss dari dinding luar furnace, Q_c , juga kecil dibandingkan dengan flux energy yang lain sehingga juga diabaikan.

Kita dapat menggunakan ide neraca energi disekitar sistem pembakaran untuk menurunkan cara mengestimasi temperatur flame.

Asumsikan pembakaran berlangsung adiabatik \rightarrow tidak ada panas yang masuk maupun keluar dari sistem.

$$Q_c = 0 \quad \text{and} \quad Q_u = 0$$

Karena itu persamaan (1) dapat menjadi:

$$CV + \Delta H_R = \Delta H_P \quad (2)$$

LATIHAN AGAR LEBIH PAHAM

Campuran 70 % Propana, 20% butana dan sisanya CO₂.
dibakar dengan 10 % udara excess. Jika umpan masuk
pada suhu 50 °C?

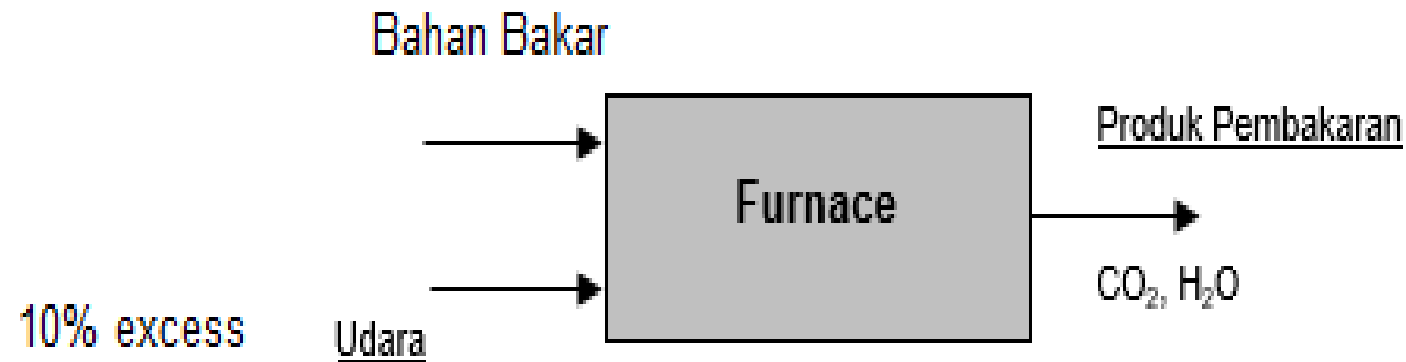
Tentukan

1. Neraca Massa
2. Entalpi Reaktan
3. HHV
4. Entalpi Produk

DIAGRAM ALIR

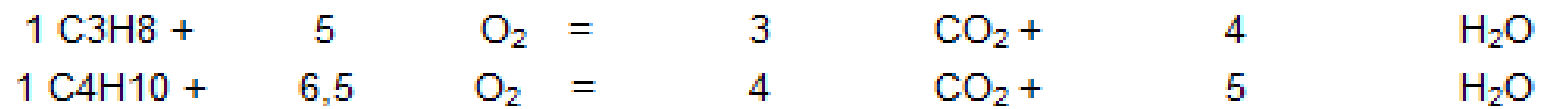
Komposisi Bahan Bakar

C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CO ₂	N ₂	
0,7	0,2	0,1	0	moles



REAKSI PEMBAKARAN

Reaksi Pembakaran



$\Delta H_c \text{ C}_3\text{H}_8$	-2220 KJ/mol
$\Delta H_c \text{ C}_4\text{H}_{10}$	-2879 KJ/mol
$\Delta H_v \text{ H}_2\text{O}$	40,656 KJ/mol

KEMUDIAN TENTUKAN :

1. Neraca Massa
2. Entalpi Reaktan
3. HHV
4. Entalpi Produk

BAHAN BAKAR



Solar (HSD)

adalah Automotive Diesel Oil, yaitu bahan bakar untuk mesin diesel putaran tinggi

Minyak Diesel (IDO)

Adalah industrial diesel oil untuk bahan bakar mesin diesel putaran menengah dan rendah

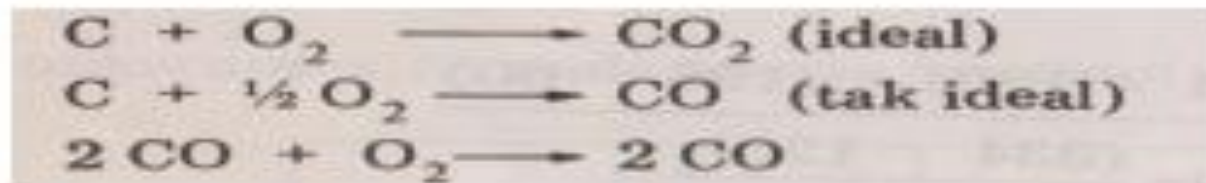
Minyak Bakar (Residu)

(MFO) ≈ Marine Fuel Oil

BAHAN BAKAR

Hal yang harus diketahui dalam pembakaran bahan bakar :

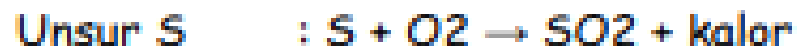
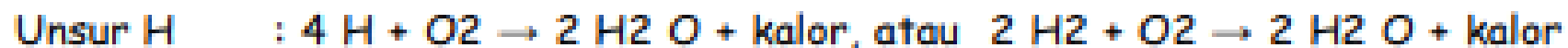
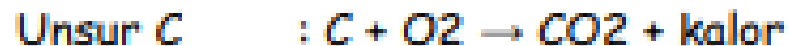
1. Harga pembakaran yaitu Jumlah "Kkal" yang dapat dihasilkan oleh 1 kg bahan bakar pada pembakaran sempurna, yang disebut dengan harga pembakaran tinggi (HHV)



2. Harga pembakaran rendah (LHV) yaitu Jumlah "Kkal" yang dapat dihasilkan oleh 1 kg bahan bakar di kurangi oleh panas penguapan air yang ada dalam bahan bakar dan air yang selama bahan bakar terbentuk karena persenyawaan H dan O
3. Unsur unsur kimia yang terdapat dala 1 kg bahan bakar misalnya C, H, O, N, S, H₂O dan abu
4. Bagian bagian yang mudah menjadi gas dari bahan bakar pada waktu pembakaran
5. Sifat sifat daribahan bakar kokas, abu dan terak pada waktu pembakaran
6. Banyak nya kadar air dan abu yang dikandung bahan bakar
7. Besarnya butiran butiran batu bara untuk bahan bakar padat.

PROSES PEMBAKARAN ADALAH REAKSI OKSIDASI TERHADAP UNSUR-UNSUR PENYUSUN BAHAN BAKAR DAN ADANYA PEMICU.

Oksigen yang diperlukan untuk pembakaran di dalam ketel uap diambil dari udara. Reaksi-reaksi proses pembakaran sempurna :



Bila unsur-unsur penyusun bahan bakar diketahui dengan pertolongan persamaan-persamaan reaksi di atas, kebutuhan teoritis gas oksigen untuk pembakaran sempurna dapat dihitung. Untuk bahan bakar padat & cair komposisinya dinyatakan dengan % berat dari unsur-unsurnya.

MISALNYA :

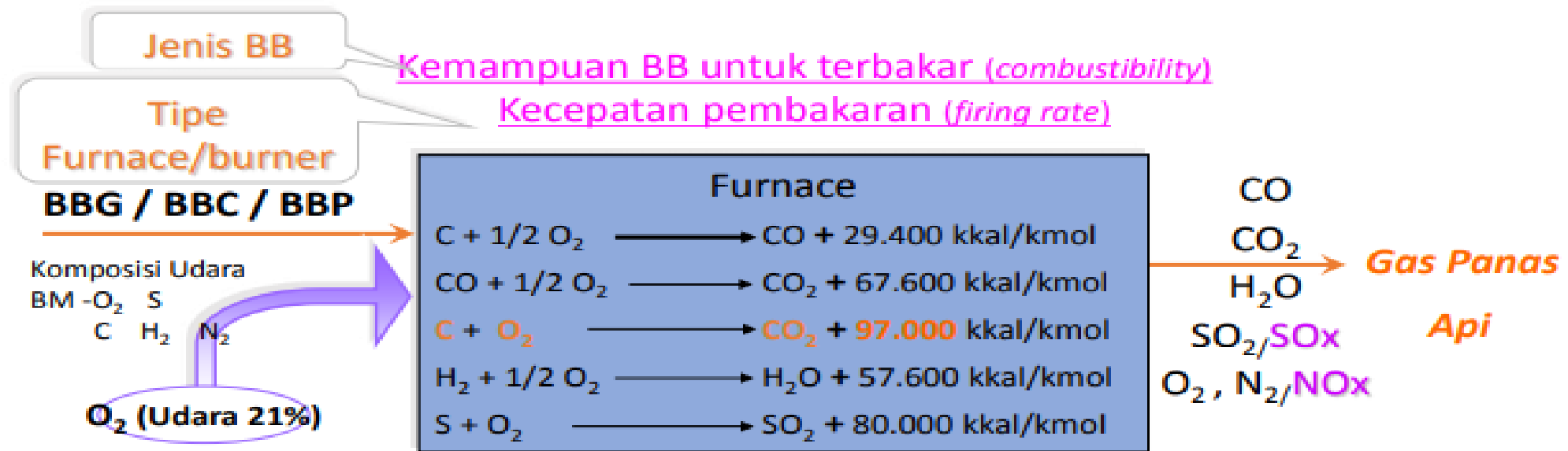
Berat C = 79%
Berat H₂ = 12%
Berat S = 1%
Berat O₂ = 3 %
Berat Abu = 5% berat

----- +
100%

Untuk bahan bakar gas, komposisinya dinyatakan dengan % volume dari macam macam gas penyusunannya. Misalnya suatu bahan bakar gas terdiri dari

CH ₄	=	35%	volume
C ₂ H ₆	=	40%	volume
C ₂ H ₄	=	15%	volume
C ₃ H ₈	=	<u>10%</u>	volume
		<u>100%</u>	

REAKSI PEMBAKARAN (REAKSI OKSIDASI)



Kualitas BB

Menentukan kualitas pembakaran
(kualitas & kuantitas gas panas yang terbentuk)

Metode pembakaran

Untuk mencapai pencampuran BB dan udara yang baik
(Metode berbeda untuk tiap jenis BB)

Jumlah udara

Jika << ----- nyala api gelap, asap, sisa partikel & efisiensi ketel <
Jika >> ----- nyala pendek, T<, Gas buang >> & efisiensi ketel <

REAKSI PEMBAKARAN

REAKSI PEMBAKARAN

(1) $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (uap)	+57810 Kcal/mol
(2) $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (cair)	+68360 Kcal/mol
(3) $\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$	+29430 Kcal/mol
(4) $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	+68220 Kcal/mol
(5) $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	+97650 Kcal/mol
(6) $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$	-38790 Kcal/mol
(7) $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$	-28380 Kcal/mol
(8) $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+ 192400 Kcal/mol
(9) $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+312400 Kcal/mol
(10) $\text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+345800 Kcal/mol
(11) $\text{H}_2\text{S} + 1\frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$	+124850 Kcal/mol
(12) $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$	+69800 Kcal/mol

PROSES PEMBAKARAN

□ Definisi:

- oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas/panas dan cahaya.

- Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen

- **BBP / BBC** harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar, dengan menggunakan panas.

- **BBG** akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup.

- Komposisi udara 79% nitrogen, 21% oksigen.

□ **N₂**

- sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai pembakaran.

- mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang.

- mengurangi transfer panas pada permukaan alat penukar panas, juga meningkatkan volum hasil samping pembakaran, yang juga harus dialirkan melalui alat penukar panas sampai ke cerobong.

- dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen (NO_x), yang merupakan pencemar beracun.

SOAL KUIS ATK II

(Dody Guntam, S.T., M.Eng)

Petunjuk pengerjaan Soal Kuis:

1. Jangan lupa dilembah jawaban tulis nama dan nomor pokok
2. Kerjakan soal dengan baik, pahami dan coba kerjakan sendiri !!!!
3. Ingat Waktu pengerjaan 24 jam. Yang meng upload lebih 24 jam tidak dinilai !!!

Informasi tambahan untuk UAS:

1. Untuk ujian kemungkinan akan open kamera di zoom, saya akan awasi selama melaksanakan UAS, untuk waktu pengerjaan sesuai jadwal ujian dan akan saya jelaskan berapa lama pengerjaan di group, jadi waktu pengerjaan akan di jam itu, mahasiswa harus upload di jam yg telah dosen sampaikan, yang mengumpulkan diluar jam itu tidak akan saya nilai. Informasi lanjut akan saya jelaskan di group

Soal Kuis:

Klorin dihasilkan dengan reaksi secara isothermal sbb:



Umpan reaktor terdiri dari 60 % HCl, 30 % O₂ dan sisany N₂ masuk ke reaktor pada suhu 450 °C. Jika Konversi HCl 85 %. Tentukan:

- a. Massa umpan masing-masing reaktan dan massa masing-masing senyawa keluar reaktor (kg).
- b. Panas reaksi standar ($\Delta H_r^0, 298$), dalam kJ
- c. Apakah reaksi bersifat eksotermis atau endotermis?
- d. Entalpi Reaktan (ΔH_R), dalam kJ
- e. Entalpi Produk (ΔH_P), dalam kJ
- f. Panas reaktor yang terlibat (dalam kJ)