

IDENTIFIKASI SUMBER EMISI DAN PERHITUNGAN BEBAN EMISI

Oleh: *)Martono

ABSTRAK

Agar mampu menghitung beban emisi langkah pertama kita harus memahami sumber emisi dan beban emisi sehingga mampu mengestimasi bahan bakar campuran dari data masing – masing komponen dan bagaimana mengkonversi komposisi bahan bakar dari berat ke molar

Selain gas CO₂, yang dapat menimbulkan efek rumah kaca adalah , Dinitrogen oksida (N₂O) serta beberapa senyawa organik seperti gas metana (CH₄) dan klorofluoro karbon (CFC). Gas-gas tersebut memegang peranan penting dalam meningkatkan efek rumah kaca. Yang berakibat meningkatnya suhu permukaan bumi akan mengakibatkan adanya perubahan iklim yang sangat ekstrem di bumi. Hal ini dapat mengakibatkan kenaikan tinggi muka air laut, perubahan pola angin, meningkatnya badai atmosferik, perubahan pola hujan dan siklus hidrologi dan lain-lain dan akhirnya berdampak pada ekosistem hutan, daratan, dan ekosistem alam lainnya.

I. Sumber Emisi

Emisi gas ke udara member dampak negative terhadap kegiatan industry minyak bumi yakni berkurangnya jumlah produk (*product loss*), baik berupa minyak dan gas, yang dihasilkan sehingga menimbulkan kerugian secara ekonomi. Selain itu, *emisi gas* juga meningkatkan resiko terjadinya kebakaran dan ledakan, membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja, dan mencemari udara di lingkungan sekitar.

Oleh karena itu, pada tahap awal perlu dilakukan inventarisasi sumber emisi yang dihasilkan yang diikuti dengan perhitungan besarnya jumlah emisi yang perlu diminimalisasi. Emisi gas pada industry minyak dan gas bumi biasanya berasal dari:

- 1) sumber-sumber pembakaran, baik peralatan stasioner dan peralatan bergerak,
- 2) proses emisi dan sumber terventilasi
- 3) sumber emisi fugitive, dan
- 4) sumber tidak langsung

Pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon dalam peralatan seperti mesin stasioner, pembakar, pemanas, boiler, flare, dan incinerator menghasilkan CO₂ akibat proses oksidasi karbon. Jumlah N₂O yang terbentuk selama pembakaran bahan bakar akibat reaksi nitrogen dan oksigen mungkin sangat kecil.

Metana juga dapat dihasilkan dalam gas buang akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.

Emisi gas yang keluar dari sumber ventilasi berasal dari kondisi operasi normal, kegiatan pemeliharaan dan *turn around*, kejadian emergency dan kondisi non rutin lainnya. Sumber-sumber emisi ini antara lain tangki crude oil, tangki condensate, tangki bahan bakar minyak, tangki produk gas, kegiatan loading/ballast, pengisian mobil tangki atau RTW, pompa produk, pompa injeksi bahan kimia. Termasuk dalam kategori ini adalah process vents yang dinyatakan sebagai sumber emisi akibat proses transformasi bahan kimia

seperti dehydration, gas sweetening, hydrogen plants (sering disebut sebagai steam reformers), naphtha

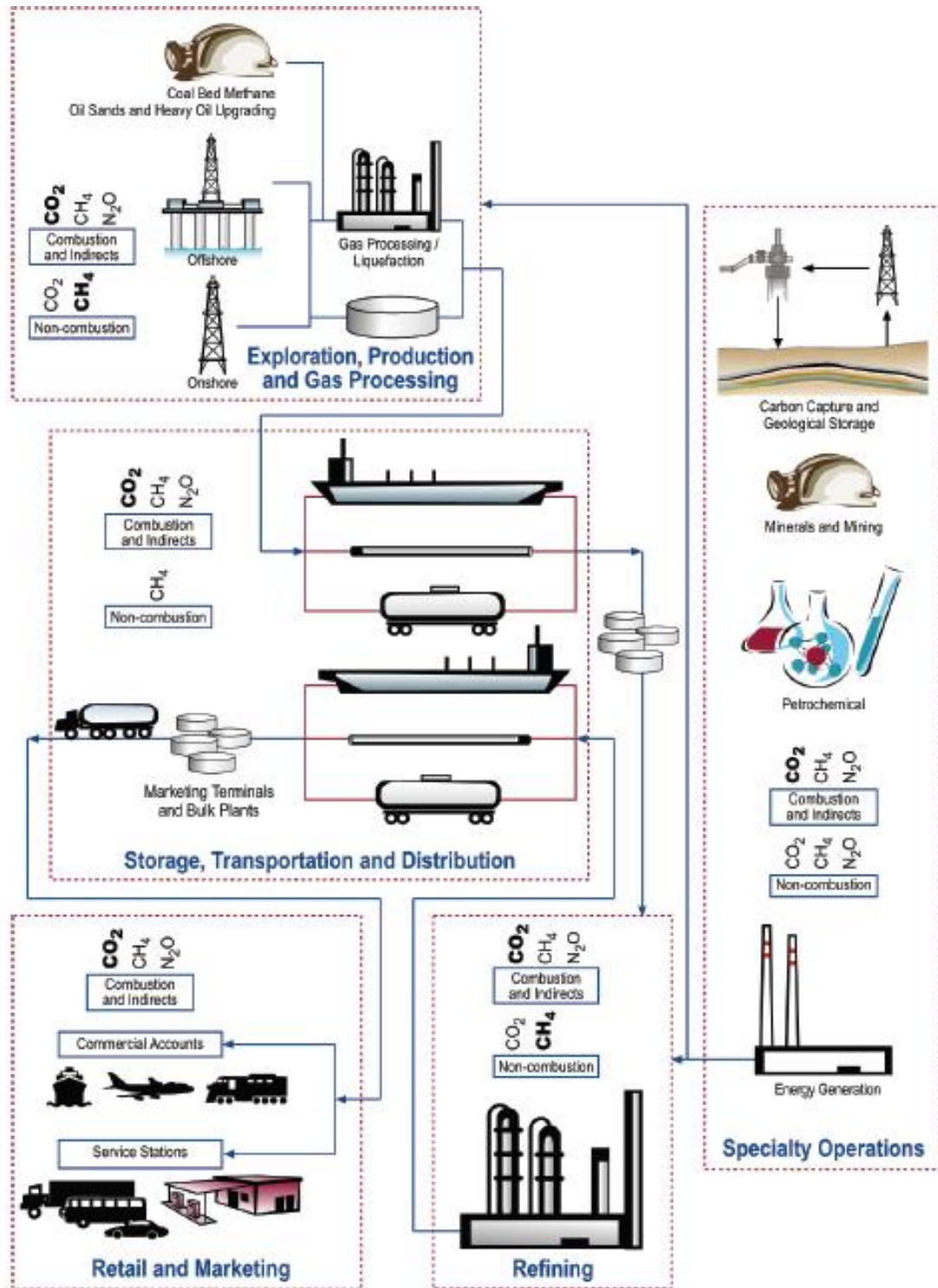
reformers, catalytic cracking units, delayed cokers, coke calciners, and others.

Tabel1-1 Identifikasi Secara Umum Emisi GRK Dari Industri Minyak dan Gas Bumi

Category	Principal Sources Include:
Direct Emissions	
Combustion Sources	
<i>Stationary Devices</i>	Boilers, heaters, furnaces, reciprocating internal combustion engines and turbines, flares, incinerators, and thermal/catalytic oxidizers
<i>Mobile Sources</i>	Barges, ships, railcars, and trucks for material transport; planes/helicopters and other company vehicles for personnel transport; forklifts, all terrain vehicles, construction equipment, and other off-road mobile equipment
Process Emissions and Vented Sources^{b,c}	
<i>Process Emissions</i>	Hydrogen plants, amine units, glycol dehydrators, fluid catalytic cracking unit and reformer regeneration, and flexi-coker coke burn
<i>Other Venting</i>	Crude oil, condensate, and oil and natural gas product storage tanks, gas-blanketed water and chemical tanks, underground drain tanks, gas-driven pneumatic devices, gas samplers, chemical injection pumps, exploratory drilling, loading/ballasting/transit, and loading racks
<i>Maintenance/Turnaround</i>	Decoking of furnace tubes, well unloading, vessel and gas compressor depressurizing, compressor starts, gas sampling, and pipeline blowdowns
<i>Non-Routine Activities</i>	Pressure relief valves, PCVs, fuel supply unloading valves, and emergency shut-down devices
Fugitive Sources^d	
<i>Fugitive Emissions</i>	Valves, flanges, connectors, pumps, compressor seal leaks, and catalytic heaters
<i>Other Non-Point Sources</i>	Wastewater treatment and surface impoundments
Indirect Emissions	
<i>Electricity</i>	Off-site generation of electricity for on-site power
<i>Steam/Heat</i>	Off-site generation of hot water and steam for on-site heat
<i>District Cooling</i>	Off-site gaseous pressurization (compression) for on-site cooling

Fugitive emission merupakan adalah semua bentuk kebocoran yang tidak dilepas melalui sistem pembuangan emisi khusus seperti cerobong, ventilasi, atau sistem yang setara lainnya. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.13 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi menyebutkan Fugitive emission meliputi emisi akibat kebocoran katup (valve), flensa (flange), pompa, kompresor, alat pelepas tekanan (pressure relief valve), kebocoran dari peralatan proses

produksi dan komponen-komponennya, serta emisi dari tangki timbun (storage tank) dan instalasi pengolahan air limbah. Deskripsi Industri Minyak Bumi : *Conventional Exploration and Production, Oil Sands and Heavy Oil Upgrading, Coal Bed Methane Production, Gas Processing, Carbon Capture and Geological Storage, Natural Gas Storage and LNG Operations, Transportation and Distribution, Refining, Petrochemical Manufacturing, Minerals and Mining Operations, Retail and Marketing, Energy Generation.*



Gambar1-1 Identifikasi Sumber Emisi GRK di Industri Minyak dan Gas Bumi

Secara ringkas dilihat dari industry minyak bumi dan gas secara umum maka sumber-sumber spesifik

emisi gas CO₂, CH₄ dan N₂O dapat dilihat pada Tabel 1-2.

Tabel1-2 Sumber Emisi Gas CO₂, CH₄ dan N₂O dari Sumber Spesifik Di Industri Migas (Umum)

EXPLORATION AND PRODUCTION	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
<i>COMBUSTION SOURCES – Stationary Devices</i>			
Boilers/steam generators	X	X	X
Dehydrator reboilers	X	X	X
Heaters/treaters	X	X	X
Internal combustion (IC) engine generators	X	X	X
Fire pumps	X	X	X
Reciprocating compressor drivers	X	X	X
Turbine electric generators	X	X	X
Turbine/centrifugal compressor drivers	X	X	X
Well drilling	X	X	X
Flares	X	X	X
Incinerators	X	X	X
<i>COMBUSTION SOURCES – Mobile Sources</i>			
Mobile drilling equipment	X	X	X
Other company vehicles	X	X	X
Planes/helicopters	X	X	X
Supply boats, barges	X	X	X
Site preparation, construction, and excavation	X	X	X
<i>INDIRECT SOURCES</i>			
Electricity imports	X	X	X
Process heat/steam imports	X	X	X
Cogeneration	X	X	X
<i>VENTED SOURCES – Process Vents</i>			
Dehydration processes			X
Dehydrator Kimray pumps			X
Gas sweetening processes	X		X
EXPLORATION AND PRODUCTION			
<i>VENTED SOURCES – Other Venting</i>			
Storage tanks and drain vessels	X (*)		X
Exploratory drilling	X (*)		X
Well testing and completions	X (*)		X
Pneumatic devices	X (*)		X
Chemical injection pumps	X (*)		X
Gas sampling and analysis	X (*)		X
<i>VENTED SOURCES – Maintenance/Turnarounds</i>			
Mud degassing	X (*)		X
Low pressure gas well casing	X (*)		X
Compressor blowdowns	X (*)		X
Compressor starts	X (*)		X
Gathering pipeline blowdowns	X (*)		X
Vessel blowdown	X (*)		X
Well completions	X (*)		X
Well unloading and workovers	X (*)		X
<i>VENTED SOURCES – Non-routine Activities</i>			
Emergency shutdown (ESD)/ emergency safety blowdown (ESB)	X (*)		X
Pressure relief valves (PRVs)	X (*)		X
Well blowouts (when not flared)	X (*)		X
Fire Suppression			
<i>FUGITIVE SOURCES</i>			
Equipment component leaks	X (*)		X
Wastewater treatment	X		X
Air Conditioning/Refrigeration			

Tabel1-3 Sumber Emisi Gas CO₂, CH₄ dan N₂O dari Sumber Spesifik Di Industri Tranportasi Migas

LIQUID TRANSPORTATION AND DISTRIBUTION	CO₂	N₂O	CH₄
COMBUSTION SOURCES – Stationary			
Reciprocating compressor drivers	X	X	X
Turbine electric generators	X	X	X
Turbine/centrifugal compressor drivers	X	X	X
Boilers/steam generators	X	X	X
Heaters	X	X	X
Fire pumps	X	X	X
Internal combustion (IC) engine generators	X	X	X
Pumps	X	X	X
Flares	X	X	X
Catalyst and thermal oxidizers	X	X	
Incinerators	X	X	
Vapor combustion units	X	X	X
COMBUSTION SOURCES – Mobile Sources			
Barges	X	X	X
Marine, road, or railroad tankers	X	X	X
Other company vehicles	X	X	X
Planes/helicopters	X	X	X
INDIRECT SOURCES			
Electricity imports	X	X	X
Process heat/steam imports	X	X	X
VENTED SOURCES – Process Vents			
Storage tanks			X
Loading/unloading/transit			X
Pneumatic devices			X
VENTED SOURCES – Maintenance/Turnarounds			
Pump station maintenance			X
VENTED SOURCES – Non-Routine Activities			
Breakout/surge tanks			X
Fire suppression			
FUGITIVE SOURCES			
Pipeline leaks			X
Process equipment leaks			X
Wastewater treatment	X		X
Air conditioning/refrigeration			
Leak detection (SF ₆ Emissions)			

II. Faktor Konversi

Faktor konversi diperlukan untuk memudahkan perhitungan karena umumnya peralatan-peralatan yang

digunakan menggunakan satuan British/US.

Tabel1-4. Konversi Satuan dari US/British ke SI

	Common US Units	API-Preferred SI Units	Other Conversions
Mass		1 kilogram	= 2.20462 pounds (lb) = 1000* grams (g) = 0.001 metric tonnes (tonne)
	1 pound (lb)	= 0.4535924 kilograms	= 453.5924 grams (g)
	1 short ton (ton)	= 907.1847 kilograms	= 2000* pounds (lb)
	1 metric tonne (tonne)	= 1000* kilograms	= 2204.62 pounds (lb) = 1.10231 tons
Volume		1 cubic meter (m ³)	= 1000 *liters (L) = 35.3147 cubic feet (ft ³) = 264.172 gallons
	1 cubic foot (ft ³)	= 0.02831685 cubic meters (m ³)	= 28.31685 liters (L) = 7.4805 gallons
	1 gallon (gal)	= 3.785412×10 ⁻³ cubic meters (m ³)	= 3.785412 liters (L)
	1 barrel (bbl)	= 0.1589873 cubic meters (m ³)	= 158.9873 liters (L) = 42* gallons (gal)
Length		1 meter (m)	= 3.28084 feet = 6.213712×10 ⁻⁴ miles
	1 inch (in)	= 0.0254* meters (m)	= 2.54* centimeters
	1 foot (ft)	= 0.3048* meters (m)	
	1 mile	= 1609.344* meters (m)	= 1.609344* kilometers
Power		1 Watt (W)	= 1* joule (J)/second = 9.47817×10 ⁻⁴ Btu/second = 1.34102×10 ⁻³ horsepower (hp)
	1 megawatt	10 ⁶ Watts (W)	= 10 ⁶ * Joules/second = 1000* kilowatts (10 ³ W)
	1 horsepower (hp)	= 745.6999 Watts (W)	= 0.7456999 kilowatts = 0.706787 Btu/second
Energy		1 Joule (J) 0.001 kilo Joules (kJ)	= 9.47817×10 ⁻⁴ Btu = 2.778×10 ⁻⁷ kilowatt-hour = 0.737562 foot-pounds _{force}
	1 horsepower-hour (hp-hr)	= 2.68452×10 ⁶ Joules (J)	= 2544.45 Btu = 0.7456999 kilowatt-hour
	1 kilowatt-hour	= 3.6*×10 ⁶ Joules (J)	= 3412.14 Btu = 1.34102 horsepower-hours = 3600* kilo-Joules
	1 Btu	= 1055.056 Joules (J)	= 3.93015×10 ⁻⁴ horsepower-hours = 2.93071×10 ⁻⁴ kilowatt-hours
	1 million Btu (10 ⁶ Btu)	= 1.055056×10 ⁹ Joules (J)	= 1.055056 giga-Joules (10 ⁹ J) = 293.071 kilowatt-hours
	1 therm	= 1.055056×10 ⁸ Joules (J)	= 100,000 Btu = 29.3071 kilowatt-hours
Pressure		1 kilo-Pascal (10 ³ Pa)	= 9.869233×10 ⁻³ atmosphere (atm)
	1 atmosphere (atm)	= 101.325* kilo-Pascals (10 ³ Pa)	= 14.696 pounds per square inch (psi) = 760 millimeters mercury (mm Hg) @ 0°C
	1 pound per square inch (psi)	= 6.894757 kilo-Pascals (10 ³ Pa)	= 0.06804596 atmosphere (atm)

III. Nilai Kalor (Heating Value)

Nilai kalor (*Heating value*) merupakan kuantitas energi yang dilepaskan ketika bahan bakar benar benar terbakar sempurna. Satuan nilai kalor per unit volume bahan bakar dihitung sebagai volume atau berat rata rata kalor yang dihasilkan pada

pembakaran komponen individu dalam gas. Nilai kalor dirumuskan sebagai:

$$HHV = LHV + (n\bar{h})_{H_2O}$$

Dimana :

- n = jumlah mol air dalam produk;
- h = entalpi penguapan air pada 25°C;

HHV = higher heating value, juga dikenal sebagai nilai kalori kotor, dihitung untuk kondensasi uap air dari proses pembakaran-konvensi yang umum digunakan dalam dokumen EPA dan U.S. Department of Energy (DOE);

LHV = lower heating value atau nilai kalori bersih, dimana termasuk air di dalam fase uap – konvensi digunakan oleh IPCC dan sumber internasional lainnya.

Tabel 3-5 Berat Molekul Hidrokarbon dan Nilai Kalor Kotor (HHV)

Compound		Molecular Weight	Ideal Gross Heating Value, 60°F, 1 atm ^a	
			(Btu/scf)	(MJ/standard m ³)
Methane	CH ₄	16.04	1009.7	37.620
Ethane	C ₂ H ₆	30.07	1768.8	65.904
Propane	C ₃ H ₈	44.10	2517.5	93.799
n-Butane	C ₄ H ₁₀	58.12	3262.1	121.54
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	72.15	4009.6	149.39
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	86.18	4756.2	177.21
n-Heptane	C ₇ H ₁₆	100.20	5502.8	205.03
Octanes	C ₈ H ₁₈	114.23	6248.9 ^b	232.83
C9+		156.31 (MW of C ₁₁ H ₂₄)	8488.46 ^c (HHV of C ₁₁ H ₂₄ , gas)	316.27
Carbon Dioxide	CO ₂	44.01	N/A	

IV. Kandungan Karbon Gas Alam dan Nilai Kalor

Tabel 3-6 merupakan rekapitulasi nilai HHV, LHV, densitas dan kandungan karbon dari berbagai bahan bakar.

Perlu diingat bahwa penggunaan kandungan karbon bahan bakar cair untuk bahan bakar fase uap dapat menyebabkan estimasi yang berlebihan.

Tabel1-6 Masa Jenis, HHV, LHV dan Kandungan Karbon untuk Berbagai Bahan Bakar

Fuel	Typical Density:	Higher Heating Value	Lower Heating Value	Carbon, % by wt.
Acetylene	0.0686 lb/ft ³ ^a 1.10 kg/m ³	1.47×10 ⁶ Btu/ft ³ ^a 5.49×10 ³ J/m ³	1.33×10 ⁶ Btu/ft ³ 4.97×10 ⁷ J/m ³	92.3
Asphalt and Road Oil	8.61 lb/gal ^b 1032.09 kg/m ³	6.64×10 ⁶ Btu/bbl ^b	6.30×10 ⁶ Btu/bbl 4.18×10 ¹⁰ J/m ³	83.47 ^b
Aviation Gas	5.89 lb/gal ^b 705.74 kg/m ³	5.05×10 ⁶ Btu/bbl ^b	4.80×10 ⁶ Btu/bbl 3.18×10 ¹⁰ J/m ³	85.00 ^b
Butane (liquid)	4.86 lb/gal 582.93 kg/m ³	4.33×10 ⁶ Btu/bbl ^b	4.11×10 ⁶ Btu/bbl 2.73×10 ¹⁰ J/m ³	82.8 ^b
Coal, anthracite	No data ^c	1.13×10 ⁷ Btu/lb ^c	1.07×10 ⁷ Btu/lb 2.49×10 ⁷ J/kg	No data ^c
Coal, bituminous	No data ^c	1.19×10 ⁷ Btu/lb ^c	1.13×10 ⁷ Btu/lb 2.64×10 ⁷ J/kg	No data ^c
Crude Oil	7.29 lb/gal ^b 873.46 kg/m ³	5.80×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.51×10 ⁶ Btu/bbl 3.66×10 ¹⁰ J/m ³	84.8 ^b
Distillate Oil (Diesel)	7.07 lb/gal ^b 847.31 kg/m ³	5.83×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.53×10 ⁶ Btu/bbl 3.67×10 ¹⁰ J/m ³	86.34 ^b
Ethane (liquid)	3.11 lb/gal 372.62 kg/m ³	2.92×10 ⁶ Btu/bbl ^b	2.77×10 ⁶ Btu/bbl 1.84×10 ¹⁰ J/m ³	80.0 ^b
Fuel Oil #4	7.59 lb/gal ^d 909.48 kg/m ³	6.01×10 ⁶ Btu/bbl ^d	5.71×10 ⁶ Btu/bbl 3.79×10 ¹⁰ J/m ³	86.4 ^d
Isobutane	4.69 lb/gal 561.59 kg/m ³	4.16×10 ⁶ Btu/bbl ^b	3.95×10 ⁶ Btu/bbl 2.62×10 ¹⁰ J/m ³	82.8 ^b
Jet Fuel	6.81 lb/gal ^b 815.56 kg/m ³	5.67×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.39×10 ⁶ Btu/bbl 3.57×10 ¹⁰ J/m ³	86.30 ^b
Kerosene	6.83 lb/gal ^b 818.39 kg/m ³	5.67×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.39×10 ⁶ Btu/bbl 3.57×10 ¹⁰ J/m ³	86.01 ^b
Lignite	No data ^c	6.43×10 ³ Btu/lb ^c	6.11×10 ³ Btu/lb 1.42×10 ⁷ J/kg	No data ^c
LPG ^a		See footnote e		
Lubricants	7.52 lb/gal ^b 900.70 kg/m ³	6.07×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.76×10 ⁶ Btu/bbl 3.82×10 ¹⁰ J/m ³	85.80 ^b
Miscellaneous Product ^f	7.29 lb/gal ^b 873.46 kg/m ³	5.80×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.51×10 ⁶ Btu/bbl 3.65×10 ¹⁰ J/m ³	85.49 ^b
Motor Gasoline ^g	6.20 lb/gal ^b 742.39 kg/m ³	5.25×10 ⁶ Btu/bbl ^b	4.99×10 ⁶ Btu/bbl 3.31×10 ¹⁰ J/m ³	86.60 ^b
Natural Gas (processed)	0.042 lb/ft ³ ^a 0.6728 kg/m ³	1,020 Btu/ft ³ ^a 1,004 Btu/ft ³ 1,027 Btu/ft ³ ^c	918 Btu/ft ³ 3.42×10 ⁷ J/m ³ 3.37×10 ⁷ J/m ³ 3.44×10 ⁷ J/m ³	76 wt% C ^a
Natural Gas (raw / unprocessed)		1,235 Btu/ft ³	1,111 Btu/ft ³ 4.14×10 ⁷ J/m ³	
Natural Gas Liquids (NGL) ^h		See footnote e		
Natural Gasoline ⁱ	5.54 lb/gal ^b 663.70 kg/m ³	4.62×10 ⁶ Btu/bbl ^b	4.39×10 ⁶ Btu/bbl 2.91×10 ¹⁰ J/m ³	83.70 ^b
Pentanes Plus	5.54 lb/gal ^b 663.70 kg/m ³	4.62×10 ⁶ Btu/bbl ^b	4.39×10 ⁶ Btu/bbl 2.91×10 ¹⁰ J/m ³	83.70 ^b
Petrochemical Feedstocks	5.95 lb/gal ^b 712.49 kg/m ³	5.25×10 ⁶ Btu/bbl ^{b,j}	4.99×10 ⁶ Btu/bbl 3.31×10 ¹⁰ J/m ³	84.11 ^b
Petroleum Coke ^k	No data ^b	6.02×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.72×10 ⁶ Btu/bbl 3.80×10 ¹⁰ J/m ³	92.28 ^b
Petroleum Waxes	6.76 lb/gal ^b 809.50 kg/m ³	5.54×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.26×10 ⁶ Btu/bbl 3.49×10 ¹⁰ J/m ³	85.29 ^b
Propane (gas) ^l	0.12 lb/ft ³ 1.90 kg/m ³	2,516.1 Btu/ft ³ ^l	2,314.9 Btu/ft ³ ^a 8.63×10 ⁷ J/m ³	81.8 ^b
Propane (liquid)	4.22 lb/gal 505.61 kg/m ³	3.82×10 ⁶ Btu/bbl ^b	3.63×10 ⁶ Btu/bbl 2.41×10 ¹⁰ J/m ³	81.8 ^b
Residual Oil #5	7.93 lb/gal ^d 950.22 kg/m ³	6.30×10 ⁶ Btu/bbl ^d	5.99×10 ⁶ Btu/bbl 3.97×10 ¹⁰ J/m ³	88.7 ^d
Residual Oil #6 ¹	8.29 lb/gal ^b 992.98 kg/m ³	6.29×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.97×10 ⁶ Btu/bbl 3.96×10 ¹⁰ J/m ³	85.68 ^b
Special Naphtha	6.46 lb/gal ^b 774.49 kg/m ³	5.25×10 ⁶ Btu/bbl ^b	4.99×10 ⁶ Btu/bbl 3.31×10 ¹⁰ J/m ³	84.76 ^b
Still Gas	No data ^b	6.00×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.70×10 ⁶ Btu/bbl 3.78×10 ¹⁰ J/m ³	No data ^b
Unfinished Oils ^f	7.29 lb/gal ^b 873.46 kg/m ³	5.83×10 ⁶ Btu/bbl ^b	5.53×10 ⁶ Btu/bbl 3.67×10 ¹⁰ J/m ³	85.49 ^b

V. Konversi Bahan Bakar Campuran (Fuel Mixture Conversions)

Properti bahan bakar campuran sangat bervariasi khususnya untuk bahan bakar non komersial. Bagian ini sedikit mengulas tentang estimasi bahan bakar campuran dari data masing-masing komponen dan bagaimana mengkonversi komposisi bahan bakar dari berat ke molar dsb.

Prosentase komposisi berat dalam campuran dikonversikan ke prosentase komposisi mol dengan mengalikan prosentase berat individu dengan rasio BM campuran dan BM molekul individu yang dirumuskan sebagai:

$$\text{Mole}\%_i = \text{Wt}\%_i \times \frac{\text{MW}_{\text{Mixture}}}{\text{MW}_i}$$

dimana

$\text{Mole}\%_i$ = mol atau persentase volume penyusun i ;

$\text{Wt}\%_i$ = berat atau persentase massa penyusun i ;

$\text{MW}_{\text{Mixture}}$ = berat molekul campuran; dan
 MW_i = berat molekul penyusun i .

Bila jenis komponen individu diketahui dalam campuran, maka $\text{MW}_{\text{Mixture}}$ dapat dihitung sebagai bobot rata-rata BM individu sebagai berikut:

$$\text{MW}_{\text{Mixture}} = \frac{1}{100} \times \sum_{i=1}^{\# \text{ compounds}} (\text{Mole}\%_i \times \text{MW}_i)$$

Atau, dalam istilah %Wt:

$$\text{MW}_{\text{Mixture}} = 100 \div \sum_{i=1}^{\# \text{ compounds}} \frac{\text{Wt}\%_i}{\text{MW}_i}$$

Jika identifikasi individu dalam campuran tidak tersedia, $\text{MW}_{\text{Mixture}}$ sering kali dapat diperoleh dengan table property kimia yang mendata fraksi minyak dan gas secara umum (contoh bensin, distillate, dst).

Contoh Perhitungan untuk mengkonversi dari persen Berat ke Persen Mol untuk Mengetahui Analisa Bahan bakar. Sebuah cuplikan sampel cairan di analisis dan didapat senyawa berdasar berat sebagai berikut:

Compound	Weight %	Molecular Weight
Methane	0.5	16.04
Ethane	1.0	30.07
Propane	2.0	44.10
Butanes	3.0	58.12
Pentanes	7.0	72.15
Hexanes	10.0	86.18
Heptanes	25.0	100.20
Octanes	30.0	114.23
C9+	21.5	156.31

Konversikan contoh analisis ke dasar massa. Persamaan untuk mengkonversi senyawa individu

dalam %mol ke %berat memerlukan ($\text{MW}_{\text{Mixture}}$), yang dihitung sebagai berikut:

$$\text{MW}_{\text{Mixture}} = 100 \div \left(\frac{0.5}{16.04} + \frac{1.0}{30.07} + \frac{2.0}{44.10} + \frac{3.0}{58.12} + \frac{7.0}{72.15} + \frac{10.0}{86.18} + \frac{25.0}{100.20} + \frac{30.0}{114.23} + \frac{21.5}{156.31} \right)$$

$$\text{MW}_{\text{Mixture}} = 97.64$$

$$\text{Mole}\%_{\text{Hexane}} = 10.0 \times \frac{97.64}{86.18} \quad \text{Mole}\%_{\text{Hexane}} = 11.33\%$$

Dengan perhitungan yang sama akan didapatkan table sebagai berikut:

Compound	Weight %	Molecular Weight	Mole %
Methane	0.5	16.04	3.04
Ethane	1.0	30.07	3.25
Propane	2.0	44.10	4.43
Butanes	3.0	58.12	5.04
Pentanes	7.0	72.15	9.47
Hexanes	10.0	86.18	11.33
Heptanes	25.0	100.20	24.36
Octanes	30.0	114.23	25.64
C9+	21.5	156.31	13.43
Total	100		100

Metode diatas dapat diaplikasikan juga untuk campuran dalam bentuk padatan atau gas. Khusus untuk gas %mol dan %volume dapat digunakan bersama sama karena dalam keadaan gas ideal %mol setara dengan %volume.

Contoh Perhitungan untuk Mengkonversi dari persen Berat ke Persen Mol untuk Mengetahui Analisa Bahan bakar.

BM dari campuran diketahui 97.65 grams/gmole dan konsentrasi CH₄ yang diketahui (0.5 weight % CH₄). Berapa %mol CH₄?

$$\text{Mole\%}_{\text{CH}_4} = \frac{0.5 \text{ g CH}_4}{100 \text{ g mixture}} \times \frac{\left(\frac{97.65 \text{ g mixture}}{\text{gmole mixture}} \right)}{\left(\frac{16.04 \text{ g CH}_4}{\text{gmole CH}_4} \right)} = \frac{0.0304 \text{ gmole CH}_4}{\text{gmole mixture}}$$

$$\underline{\text{Mole\%}_{\text{CH}_4} = 3.04 \text{ mole \% CH}_4}$$

Untuk mengecek perhitungan, maka perlu dihitung ulang sebagai berikut :

$$\text{Wt.\%}_{\text{CH}_4} = \frac{3.04 \text{ gmole CH}_4}{100 \text{ gmole mixture}} \times \frac{\left(\frac{16.04 \text{ g CH}_4}{\text{gmole CH}_4} \right)}{\left(\frac{97.65 \text{ g mixture}}{\text{gmole mixture}} \right)} = \frac{0.00499 \text{ g CH}_4}{\text{g mixture}}$$

$$\text{Wt.\%}_{\text{CH}_4} = 0.5 \text{ wt. \% CH}_4$$

DAFTAR PUSTAKA

API, *Compendium of Green House Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry*, 2009

*) Widyaiswara Pusdiklat Migas