

Simulasi Distribusi Titik Didih Distilasi TBP dan Hempel Menggunakan Model Matematika Riazzy

Muhammad Fuad

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: 62-21-7394422, Fax: 62-21-7246150
E-mail: mfuad@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 25 Februari 2013; Diterima setelah perbaikan tanggal 22 April 2013
Disetujui terbit tanggal: 30 April 2013

ABSTRAK

Data Distilasi TBP dan Hempel merupakan data yang sangat penting karena digunakan sebagai data desain dan pengembangan produk di kilang. Namun Distilasi TBP membutuhkan biaya mahal dan waktu lama di laboratorium. Kurva distilasi TBP dan Hempel dapat diprediksi secara lengkap dan akurat, menggunakan Persamaan Riazzy, dengan hanya menggunakan data pada tekanan atmosfer sampai suhu 180°C pada distilasi TBP dan suhu sampai 175°C untuk distilasi Hempel, pada minyak bumi seperti Duri, SLC, Sepinggan, Attaka, Westseno, Arjuna dan Camar. Tingkat korelasi (R^2) persamaan Riazzy untuk distilasi TBP dan Hempel diatas 0.990 dan deviasi rerata antara 0.7 %- 7.5%, kecuali untuk TBP minyak duri dengan $R^2 = 0.970$ dan deviasi rerata 42%. Deviasi relatif besar terjadi pada prediksi suhu pada tekanan vakum, karena meningkatnya kecepatan uap sehingga terjadi penurunan tekanan antara tekanan dasar kolom dengan puncak kolom, serta adanya faktor konversi suhu pada tekanan vakum ke suhu tekanan atmosfer menggunakan persamaan Maxwell dan Bonnel. Tingkat korelasi simulasi dapat ditingkatkan dengan menggunakan data pemotongan suhu sempit (20-25°C). Durasi distilasi TBP dapat dipersingkat, dari 48 jam menjadi sekitar 2 jam dan dari 7-8 jam menjadi 30-40 menit untuk distilasi Hempel.

Kata kunci: Distilasi TBP, Hempel, simulasi, model matematik, titik didih.

ABSTRACT

TBP and Hempel distillation curve are very important data for any crude oil for modeling in refinery distillation column. However, TBP analysis is expensive and time consuming. A full-range TBP and Hempel distillation curve can be generated from an incomplete distillation data by Riazzy equation. Simulation of TBP and Hempel distillation on Riazzy equation, using distillation data up to 180°C for TBP distillation and up to 175°C for Hempel distillation at atmospheric pressure, can predict with high accuracy a full range distillation data on different characteristics of Indonesian crude oil such as Duri, Minas/SLC, Sepinggan, Attaka, Westseno, Arjuna and Camar. Degree of correlation (R^2) riazzy equation for simulation of TBP and Hempel distillation 0.990. and the average deviation in the range of 0.7% - 7.5%, except for simulation of Duri TBP distillation with $R^2=0.970$ and the average deviation of 42%. A large deviations occur in the predicted temperature at vacuum pressure, due to the increased of vapor velocity that resulting a large pressure drop between the bottom of column and the top of the column, and also the use of Maxwell's and Bonnel Equation for temperature conversion on vacuum pressure to atmospheric pressure. Degree of Correlation can be improved by using narrow cut temperature of 20-25°C. Crude TBP curve can be generated in about 2 hours instead of the 48 hours and about 40 minutes instead of 7-8 hours for Hempel distillation .

Keywords: TBP distillation, Hempel, simulation, mathematic model, boiling point.

I. PENDAHULUAN

Minyak bumi dan produk minyak lainnya merupakan senyawa kompleks, karena terdiri dari

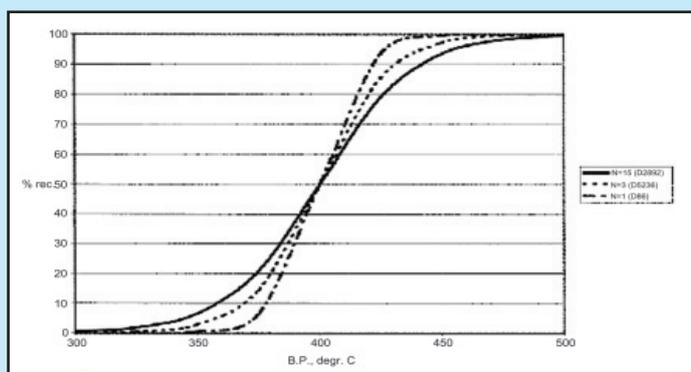
ratusan senyawa hidrokarbon dan senyawa impuritis lainnya. Untuk menentukan karakteristik sifat penguapan dan titik didih senyawa dalam minyak

bumi digunakan metoda uji distilasi, dalam bentuk kurva distilasi. Kurva distilasi minyak bumi sangat penting karena digunakan sebagai salah satu tolok ukur mutu minyak bumi dan juga sebagai data untuk desain unit proses dan pengembangan produk di kilang minyak bumi.

Metoda uji distilasi minyak bumi dan produk bahan bakar minyak dibagi 2 jenis, yakni metoda uji distilasi ASTM dan TBP (*True Boiling Point*). Distilasi ASTM adalah metoda uji distilasi minyak bumi dan produk minyak lainnya, menggunakan kolom distilasi 1 plat tanpa refluks. Distilasi ASTM terdiri dari metoda uji ASTM D86, digunakan pada pengujian contoh minyak ringan (titik didih distilat <350°C) pada tekanan atmosfer dan metoda uji ASTM D1160 serta ASTM D5236 untuk pengujian contoh produk distilat berat dan residu, pada tekanan vakum. Selain itu, metoda uji Distilasi ASTM juga digunakan pada Distilasi Hempel untuk menentukan jenis dan klasifikasi minyak bumi, menggunakan tekanan atmosfer dan vakum. Sementara itu distilasi TBP adalah metoda uji distilasi untuk memisahkan fraksi minyak bumi dan menentukan distribusi titik didih minyak bumi menggunakan kolom 15 plat teoritis dengan rasio refluks 5;1. Metoda uji ini dikenal dengan metoda uji distilasi TBP ASTM D2892 15/5, dengan menggunakan tekanan atmosfer dan vakum.

Metoda uji distilasi TBP lebih banyak digunakan oleh para ahli sebagai data proses desain Kilang dan tolok ukur mutu minyak bumi, karena memiliki tingkat pemisahan dan pematangan suhu yang lebih akurat dibandingkan metoda uji distilasi ASTM. Namun Distilasi TBP jarang dilakukan di lakukan di Laboratorium karena membutuhkan biaya relatif mahal dan waktu distilasi yang cukup lama. Distilasi TBP sedikitnya membutuhkan waktu 48 jam, untuk mendapatkan hasil data distribusi titik didih minyak bumi. Sementara itu, untuk analisis data rutin di kilang harus dilakukan secara cepat, karena proses di kilang minyak bersifat kontinu.

Riazy mengembangkan suatu Model Matematika untuk memprediksi distribusi titik didih pada minyak bumi dan produknya secara lengkap –sampai 99% vol. distilat, meskipun hanya tersedia data suhu distilasi terbatas. Model matematika Riazy ini sudah diterapkan untuk simulasi pada berbagai metoda



Gambar 1
Perbandingan profil kurva antara distilasi TBP (ASTM D2892) dan distilasi ASTM (ASTM D86, Hempel dan D5236)

uji distilasi seperti: metoda Distilasi ASTM D86, ASTM D2887 (Simulasi GC), Distilasi ASTM 2892 TBP, ASTM D5236 dan ASTM D1160 pada ratusan minyak bumi yang berasal dari Irak, Iran, Libya, Syria, Arab, Tunisia, Kazakstan dan minyak bumi yang berasal dari daerah Rusia lainnya, dengan tingkat akurasi tinggi. Oleh sebab itu simulasi persamaan Riazy sangat menarik untuk dikaji pada distilasi TBP dan Hempel, untuk contoh minyak bumi di Indonesia yang memiliki sifat karakteristik khas, yang berbeda dengan minyak bumi dari Negara lainnya.

Tujuan penulisan *paper* ini adalah untuk menguji validitas dan akurasi Model Persamaan Distribusi Titik Didih Riazy dalam menentukan dan memprediksi distribusi titik didih 7 jenis minyak bumi utama Indonesia, yang memiliki klasifikasi berbeda, pada distilasi TBP dan Hempel, dengan hanya menggunakan data distilasi pada tekanan atmosfer. Hasil data distribusi titik didih dari persamaan Riazy ini akan dibandingkan dengan data hasil uji sesungguhnya di Laboratorium. Lebih jauh hasil studi ini diharapkan dapat mempermudah dan dapat mengatasi kendala waktu pelaksanaan distilasi TBP dan Hempel di Laboratorium.

Seperti telah dijelaskan, Model Persamaan Riazy dapat disimulasikan pada hampir semua metoda uji distilasi pada ratusan minyak bumi di berbagai Negara. Namun pada paper ini, penggunaan Model Persamaan Riazy dibatasi hanya untuk menguji tingkat akurasi distribusi titik didih pada distilasi TBP dan Hempel, dengan menggunakan data distilasi pada tekanan atmosfer untuk contoh 7 jenis minyak bumi utama Indonesia yang memiliki sifat

karakteristik khas dan klasifikasi berbeda seperti minyak bumi Duri, Minas, Sepingga, Attaka, WestSeno, Arjuna dan Camar. Metoda uji Distilasi TBP dan Hempel pada minyak bumi Indonesia belum pernah dikembangkan untuk simulasi persamaan Riazzy. Oleh sebab itu, studi ini diharapkan dapat dijadikan acuan, khusus simulasi persamaan riazy pada distribusi Distilasi Hempel dan TBP minyak bumi Indonesia, dengan hanya menggunakan data distilasi pada tekanan atmosfer.

II. DISTILASI *TRUE BOILING POINT* (TBP) ASTM D2892

Metoda uji TBP ASTM D2892 merupakan metoda uji standar distilasi minyak bumi yang stabil (memiliki tekanan uap Reid (RVP) < 12 psi), menjadi fraksi-fraksi minyak bumi, menggunakan kolom distilasi 15 plat teoritis dan dioperasikan dengan rasio refluks rasio 5:1. Sesungguhnya jumlah plat pada kolom distilasi TBP adalah 30 buah. Namun standar alat uji ini hanya memiliki efisiensi 60 % fraksionasi, sehingga jumlah plat teoritis-nya antara 14-18.

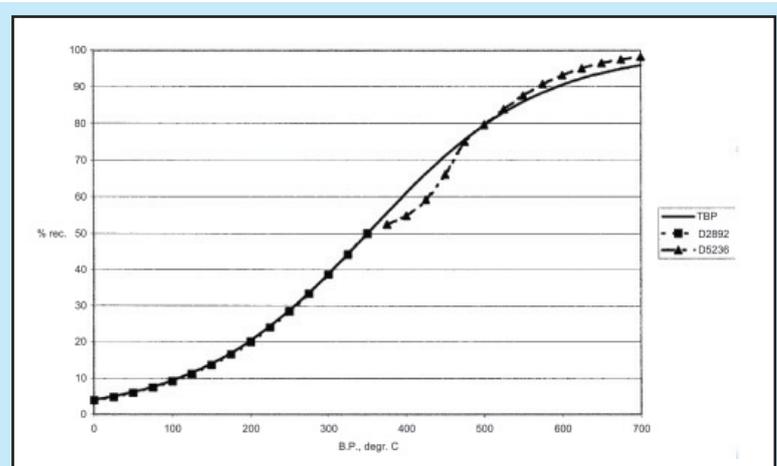
Tidak seperti metoda standar uji ASTM lainnya, Metoda uji Distilasi TBP ASTM D2892, tidak menjelaskan penentuan angka-angka pengujian secara rinci. Pemotongan suhu distilasi TBP ditentukan oleh kebutuhan data masing-masing kilang atau kesepakatan dari pengguna data tersebut. Metoda uji ini hanya menjelaskan prosedur pemisahan produk minyak seperti: fraksi gas cair (LPG), fraksi nafta, fraksi kerosin, fraksi solar dan residu sampai pemotongan suhu distilat maksimum 400°C AET (*Atmospheric Equivalent Temperature*-Suhu pada tekanan atmosfer). Produk hasil uji metoda ini merupakan data kurva distilasi yang menyatakan hubungan antara suhu distilat (*cut Point*) dengan jumlah fraksi yang dihasilkan dalam % volume atau % berat (*yield*).

Metoda uji Distilasi TBP ASTM D2892 dilakukan secara *batch* di laboratorium sampai suhu titik didih distilat maksimum 400°C (AET). Awalnya distilasi minyak bumi dilakukan pada kondisi tekanan atmosfer sampai suhu atas (suhu uap) maksimum 210°C atau suhu bawah (suhu cairan di labu) maksimum 310°C. Seperti diketahui Minyak bumi akan mengalami

perengkahan, bila dipanasi melebihi suhu diatas. Untuk menghindari hal tersebut, distilasi dilakukan pada kondisi Vakum dengan rentang kondisi tekanan antara 2 mmhg sampai 100 mmhg. Umumnya distilasi dilakukan pada tekanan vakum 100 mmhg atau 40 mmhg sampai suhu 300°C, kemudian dilanjutkan lagi menggunakan tekanan vakum 5 atau 10 mmhg sampai suhu distilat maksimum 400°C AET. Penggunaan tekanan vakum berpengaruh pada laju alir uap ke dalam kolom dan durasi waktu distilasi. Semakin rendah tekanan vakum semakin lama waktu distilasi untuk menghasilkan fraksi distilat.

Untuk uji distilasi diatas suhu 400°C sampai suhu titik didih akhir (*End Point*) digunakan alat uji Potstill, yang merupakan standar uji ASTM D5236. Titik didih akhir suatu contoh minyak bumi umumnya berada pada kisaran 530-560°C, tergantung dari jenis dan klasifikasi minyak bumi tersebut. Data hasil uji antara distilasi TBP ASTM D2892 dan Distilasi Potstill ASTM D5236 dibuat menjadi satu kurva distilasi TBP.

Kombinasi Hasil kurva distilasi TBP ini harus direkonstruksi kembali, karena seperti telah dijelaskan, Distilasi TBP D2892 dan Distilasi ASTM D5236 memiliki perbedaan pada alat uji. Distilasi ASTM D2892 menggunakan kolom distilasi dengan jumlah plat teoritis 15 dan rasio refluks 5:1, sementara Distilasi ASTM D5236 hanya menggunakan 1 plat teoritis dan rasio refluks 1:1. Rekonstruksi hasil uji kedua metoda distilasi, seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2
Rekonstruksi kurva distilasi ASTM D5236 ke distilasi TBP D2892

III. DISTILASI HEMPEL ASTM D285/UOP

Distilasi Hempel adalah metoda distilasi ASTM yang digunakan untuk memisahkan fraksi minyak bumi secara praktis dan cepat karena hanya membutuhkan contoh sedikit. Metoda ini memungkinkan dilakukan pemotongan suhu yang banyak, karena dilakukan pada kondisi atmosfer dan vakum. Distilasi Hempel ini dapat digunakan untuk menentukan neraca masa minyak bumi secara sederhana. Hal ini diperlukan untuk mengetahui komposisi fraksi secara cepat, sebagai analisis pendahuluan memantau mutu minyak bumi. Profil Kurva distilasi Hempel mendekati profil kurva distilasi TBP, namun tingkat pemisahan fraksi tidak setajam distilasi TBP. Karena seperti telah dijelaskan, distilasi Hempel merupakan distilasi ASTM yang hanya menggunakan kolom 1 plat dan tanpa refluks.

Pemotongan suhu pada Distilasi Hempel dilakukan setiap kenaikan 25°C setelah IBP, sampai suhu 275°C pada kondisi atmosfer. Distilasi dilanjutkan sampai suhu 300°C pada tekanan 40 mmhg (419 C AET). Data distilasi Hempel digunakan untuk menentukan jenis dan sifat klasifikasi minyak bumi berdasarkan Lane & garton (*Bureau of Mines*).

IV. MODEL MATEMATIKA DISTRIBUSI TITIK DIDIH DISTILASI RIAZY

Riazy, Mohammed Reza, seorang profesor Teknik Kimia, dari Universitas Kuwait mengembangkan suatu model matematika untuk memprediksi distribusi titik didih minyak bumi atau produk minyak bumi lainnya secara lengkap pada kurva distilasi, meski hanya tersedia data distilasi terbatas. Misalnya pada kasus minyak bumi berat, minyak mentah Duri dari Sumatera, hasil kurva distilasi TBP minyak Duri hanya mencapai sekitar 42% vol. distilat saat mencapai End point (titik didih akhir= 530°C). Dengan menggunakan persamaan Riazy ini, data distilasi TBP minyak mentah Duri bisa diprediksi sampai 99% vol. distilat. Untuk mengetahui suhu distilasi lebih jauh diatas suhu titik didih akhir harus menggunakan alat uji khusus yakni Distilasi Molekular dengan tekanan vakum sangat rendah. Kasus lainnya, misalnya, bila ada data distilasi yang tidak lengkap misalnya hanya ada data 10%, 30%, 50% %vol. distilat minyak bumi atau suatu

produk minyak lainnya, namun tidak sampai 90% atau 95% vol. Dengan persamaan ini, 3 data distilasi diatas dapat disimulasikan sampai 99% vol. Data lengkap distilasi minyak bumi dan produknya sangat dibutuhkan bagi para ahli perminyakan sebagai data dasar untuk mendesain alat proses dan juga sebagai tolak ukur mutu minyak tersebut.

Persamaan umum model matematika distribusi titik didih Riazy seperti dibawah ini⁵⁾:

$$\frac{T_i - T_o}{T_o} = \left[\frac{A_T}{B_T} \ln \left(\frac{1}{1 - X_i} \right) \right]^{\frac{1}{B_T}} \quad (1)$$

Dengan metoda linier Regresi, persamaan 1 dapat disederhanakan menjadi :

$$Y = C_1 + C_2 X \quad (2)$$

Dimana :

$$Y = \ln \left(\frac{T_i - T_o}{T_o} \right), X = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1 - x_i} \right) \right), B_T = \frac{1}{C_2}, A_T = B_T \exp(C_1 B_T)$$

- T_o = Suhu titik didih awal, dalam °K, ditentukan dengan Trial and Error
- T_i = Suhu pemotongan tiap fraksi, °K
- X_i = %vol atau %wt distilat

A, B, dan T_o , adalah 3 parameter yang akan ditentukan dari data yang tersedia menggunakan metoda Linier Regresi. T_o adalah sejatinya adalah suhu titik didih awal pada saat $X=0$, namun mengacu pada persamaan diatas nilai T_o harus ditentukan dengan trial and Error pada $X > 0$, sampai tercapai R^2 atau tingkat korelasi yang tinggi ≈ 1 . Jika IBP tersedia pada data distilasi, dapat digunakan sebagai asumsi T_o . Prinsipnya T_o harus merupakan nilai yang lebih rendah dari data yang akan dipakai pada Linier Regresi. Persamaan diatas tidak akan mendapatkan nilai T tertentu pada $X = 1$. (Titik didih akhir saat 100% perolehan distilat). Secara teori, bahkan untuk minyak bumi ringan, metoda distilasi tidak mungkin akan dapat memisahkan fraksi minyak sampai 100%. Oleh karena itu, nilai X hanya bisa diprediksi sampai 99% vol. distilat.

V. METODOLOGI

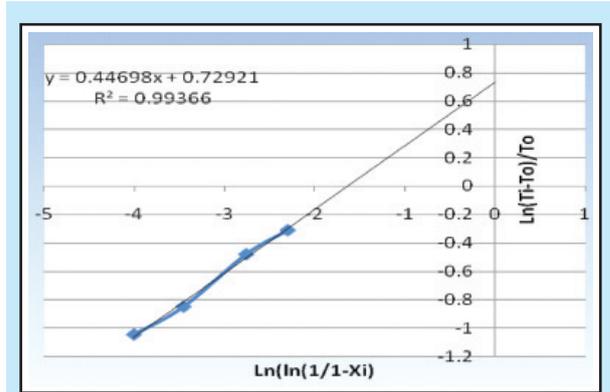
Studi ini mencakup pengujian tingkat validitas Model matematika Riazy dalam memprediksi data kurva distilasi TBP dan Hempel secara lengkap berbagai jenis dan klasifikasi minyak bumi utama Indonesia, dengan hanya menggunakan data distilasi pada tekanan atmosfer. Seperti telah dijelaskan metoda uji distilasi TBP dan Hempel mencakup pengujian minyak bumi pada tekanan atmosfer dan vakum. Pada Distilasi TBP simulasi dilakukan dengan menggunakan data hasil uji distilasi pada tekanan atmosfer pada suhu 80°C, 100°C, 150°C dan 180°C. Untuk Distilasi Hempel digunakan data pada tekanan atmosfer mulai IBP-50°C dan setiap kenaikan 25°C sampai suhu 275°C (10 data). Dengan metoda Linier Regresi pada Program Excel, data hasil uji distilasi digunakan untuk simulasi Persamaan Riazy untuk menentukan parameter T_0 , A dan B. Nilai T_0 ditentukan secara Trial and Error sampai didapat tingkat korelasi maksimum dari persamaan Linier Regresi ($R^2 \approx 1$) dan deviasi absolut terkecil. Dari persamaan Linier Regresi, akan didapatkan hasil prediksi persentase distilat pada tiap suhu yang ditentukan sampai suhu titik didih akhir. Data hasil prediksi persamaan Riazy, dibandingkan dengan data hasil uji distilasi TBP laboratorium untuk diuji tingkat akurasi dan deviasi rerata absolut-nya.

Data yang dipilih merupakan data hasil uji distilasi TBP dan Hempel minyak bumi utama Indonesia yang memiliki sifat karakteristik berbeda seperti Parafinik, intermediet dan Naftenik berdasarkan metoda klasifikasi *Beaurou of Mines*. Minyak bumi yang digunakan sebagai uji validitas persamaan Riazy ini antara lain: SLC/Minas, Duri, Attaka, Arjuna, Camar, Sepinggan dan West Seno.

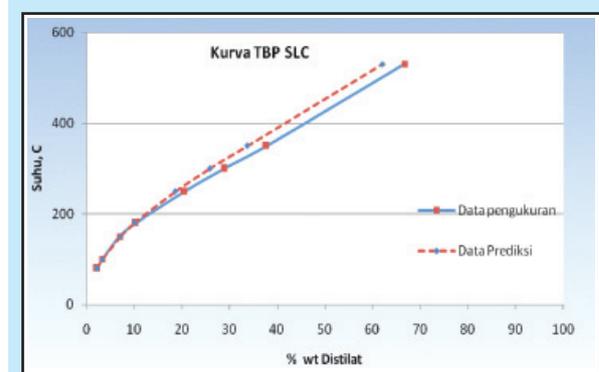
VII. HASIL DAN DISKUSI

Dari hasil Simulasi Model Persamaan Distribusi Riazy menggunakan data distilasi TBP dan Hempel, didapatkan hasil seperti tabel dan gambar di bawah ini.

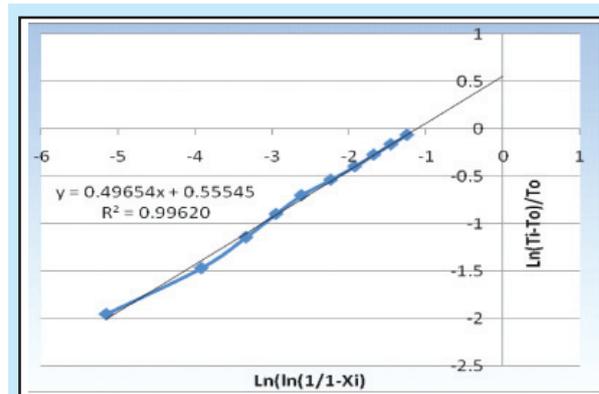
Simulasi Persamaan Riazy diawali dengan membuat asumsi dan menentukan nilai suhu T_0 hingga diperoleh tingkat korelasi yang tinggi ($R^2 \approx 1$) dan deviasi rerata terendah. Riazy dan para peneliti lainnya, menggunakan asumsi data suhu $T_0 = -11.7$ C, yakni suhu titik didih isobutana, yang merupakan salah satu senyawa dengan titik didih rendah pada



Gambar 3
Linier regresi distilasi TBP SLC



Gambar 4
Perbandingan data pengukuran dan prediksi distilasi TBP SLC



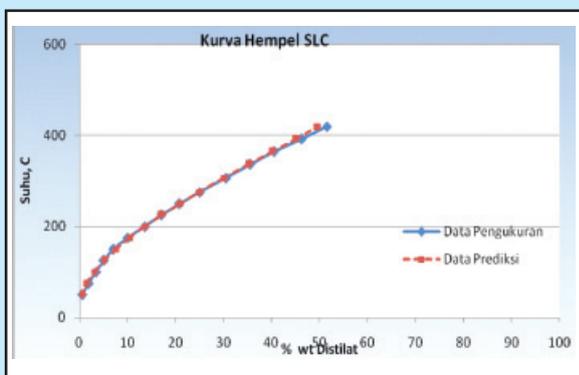
Gambar 5
Linier regresi distilasi Hempel SLC 10 data (IBP-275C)

minyak bumi atau asumsi angka lainnya sampai didapat nilai korelasi R^2 yang optimum. Dari Tabel 3 terlihat nilai T_0 bervariasi untuk simulasi distilasi TBP dan Hempel.

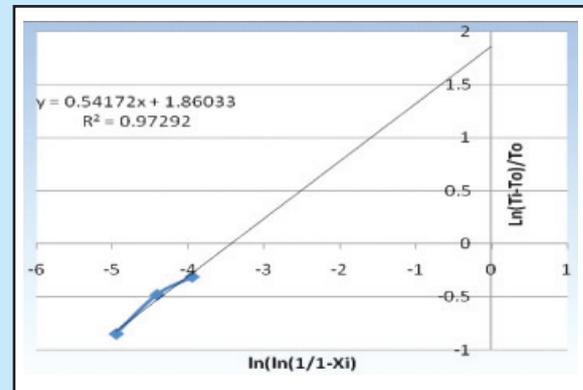
Dari tabel 3 dan Gambar 3 sampai Gambar 14, terlihat bahwa Simulasi distribusi titik didih pada

Tabel 1
Data hasil uji laboratorium distilasi TBP minyak bumi

	DURI 20.1°API	CAMAR 33.0°API	SEPINGGAN 26.5°API	SLC 35.0°API	ARJUNA 36.1°API	WEST SENO 38.0°API	ATTAKA 39.5°API
			Distilasi TBP				
			ASTM D2892				
Tekanan Atmosfir			Yield %wt				
Pemotongan Suhu °C							
IBP-80	-	5.2	2.5	2.20	5.10	6.10	6.60
80-100	0.70	9.3	5.3	3.30	8.90	10.60	11.90
100-150	1.20	21.4	15.3	6.90	20.30	23.10	29.40
150-180	1.90	29.5	22	10.30	27.60	31.60	39.50
Tekanan 40 mmhg							
180-250	8.50	47.1	40.4	20.50	43.00	50.20	59.80
250-300	14.50	58.1	54.2	28.80	52.80	62.40	72.80
Tekanan 10 mmHg							
300-350	19.90	66.5	64.2	37.70	60.50	71.90	80.80
			Distilasi Potstil				
			ASTM D5236				
Tekanan 1 mmhg							
350-530 (End Point)	42.10	87.5	90.5	66.70	81.10	88.80	93.40



Gambar 6
Perbandingan data pengukuran dan prediksi distilasi Hempel SLC 10 data (IBP-275)



Gambar 7
Linier regresi distilasi TBP Duri

Tabel 2
Data hasil uji laboratorium distilasi Hempel minyak bumi

	DURI 20.1°API	CAMAR 33.0°API	SEPINGGAN 26.5°API	SLC 35.0°API	ARJUNA 36.1°API	WEST SENO 38.0°API	ATTAKA 39.5°API
Pemotongan Suhu, °C			% Yield				
Tekanan Atmosfir							
50	-	1.03	1.25	0.57	1.86	2.84	2.41
75	-	2.89	3.01	1.96	5.02	6.58	7.01
100	0.3	7.57	5.96	3.47	9.36	12.49	13.98
125	0.51	13.02	10.79	5.09	14.51	18.76	22.1
150	0.79	19.05	16.34	7.02	19.32	25.58	30.16
175	1.6	24.48	22.23	10.12	24.81	32.49	37.54
200	2.56	31.17	28.46	13.59	30.53	39.54	45.12
225	4.57	37.56	35.22	17.06	36.5	46.43	52.51
250	6.85	43.27	42.01	20.87	41.61	53.1	59.03
275	10.09	49.11	49.52	25.08	46.26	59.21	65.25
Tekanan 40 mmhg suhu AET, °C							
306	14.17	55.42	56.94	30.47	52.03	66.57	72.51
336	17.57	59.79	62.89	35.57	56.96	72.02	77.1
364	21.58	64.48	68.18	40.51	61.09	76.09	80.12
392	25.39	68.36	74.01	46.28	65.47	80.12	83.51
419	29.53	71.5	77.81	51.51	69.08	83.03	85.62

Tabel 3
Hasil simulasi persamaan Riazzy pada distilasi TBP dan Hempel

	DURI 20.1° API	CAMAR 33.0°API	SEPINGGAN 26.5°API	SLC 35.0°API	ARJUNA 36.1°API	WEST SENO 38.0°API	ATTAKA 39.5°API
			Simulasi Distilasi TBP 4 Data (IBP- 180°C)				
T0, C	-11.7	41	43	-11.7	46	33	46
A	572.326	1.2769	1.6079	10.3774	1.3135	1.3110	0.8206
B	18.460	1.4761	1.7514	2.1310	1.3306	1.5677	1.4702
r ²	0.9729	0.9999	0.9999	0.9989	0.9996	0.9998	0.9992
Deviasi Rata-rata, %	42.2969	0.7426	0.8168	5.3861	1.1640	0.9811	1.5645
			Simulasi Distilasi Hempel 10 Data (IBP-275°C)				
T0, °C	-11.7	32	8	10	27	9	29
A	26.511	1.6829	2.8622	6.1640	1.8068	1.7888	1.0692
B	2.7326	1.6736	2.1994	2.0139	1.4897	1.8451	1.5510
r ²	0.9962	0.9945	0.9989	0.9962	0.9995	0.9993	0.9993
Deviasi Rata-rata, %	3.3260	5.4956	2.3822	3.8735	16.945	2.6171	1.8106

kurva distilasi TBP dan Hempel menggunakan Persamaan Riazzy menunjukkan tingkat korelasi yang tinggi dan deviasi rerata yang rendah . Pada umumnya tingkat korelasi (R²) yang didapat diatas 0.99 dan deviasi rerata bervariasi antara 0.7 %- 5.5% untuk Distilasi TBP dan 1.6 %- 7.5 % untuk distilasi Hempel. Pada umumnya, deviasi relatif besar terjadi pada prediksi data titik didih pada distilasi kondisi

Tabel 4
Tekanan operasi dan penurunan tekanan kolom distilasi TBP³⁾

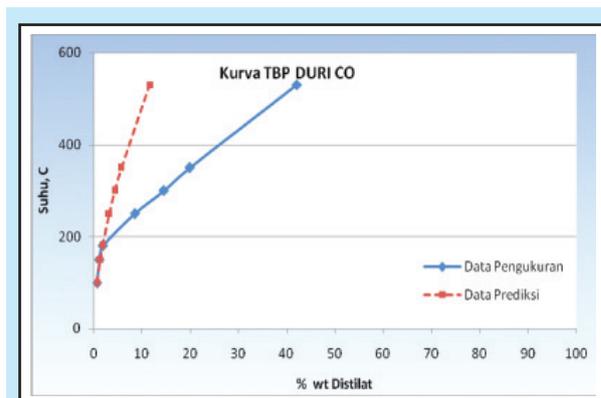
Tekanan Operasi (uap), kPa	Pressure Drop, kPa	Total Tekanan dasar kolom, kPa
13.3	0.54	13.8
1.33	0.84	2.17
0.266	1.14	1.41

vakum, terutama pada distilasi pada tekanan 1 mmhg metoda distilasi potstill ASTM D5236. Hal ini disebabkan, kondisi tekanan vakum menciptakan kecepatan uap yang lebih besar dibandingkan pada tekanan atmosfer. Kecepatan uap yang besar, akan menyebabkan tahanan yang besar pula di sekitar kolom. Lebih jauh hal ini dapat menimbulkan penurunan tekanan yang besar antara tekanan di puncak kolom dengan di dasar kolom. Semakin rendah tekanan vakum yang digunakan semakin besar penurunan tekanan yang terjadi di sekitar kolom.

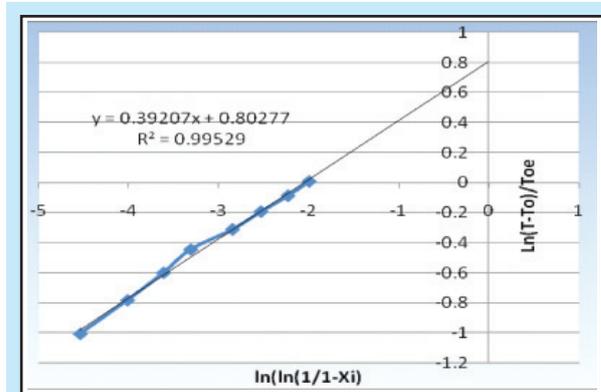
Seperti terlihat pada Tabel 4, semakin rendah tekanan vakum yang digunakan, semakin besar penurunan tekanan yang terjadi. Sehingga perbedaan antara tekanan puncak kolom dan dasar kolom semakin besar. Perbedaan Tekanan yang besar, akan menyebabkan pula perbedaan besar pada suhu di dasar kolom dan di puncak kolom, dimana suhu distilasi diukur. Oleh sebab itu, tidak mengherankan deviasi terbesar pada prediksi data titik didih terjadi pada distilasi Potstill ASTM D5236 tekanan 1 mmhg (0.266 kPa).

Selain itu, ada perbedaan mendasar pada alat yang digunakan pada Distilasi Potstill, yakni menggunakan kolom 1 plat dan tanpa refluks. Sementara itu Distilasi sebelumnya yakni TBP ASTM D2892, seperti telah dijelaskan, menggunakan kolom distilasi 15 plat teoritis dan perbandingan refluks 5:1. Jumlah plat kolom dan perbandingan refluks yang digunakan pada distilasi, akan berpengaruh pada ketajaman pemotongan suhu distilasi. Semakin banyak jumlah plat pada kolom dan semakin besar perbandingan refluks, ketajaman pemotongan suhu semakin meningkat.

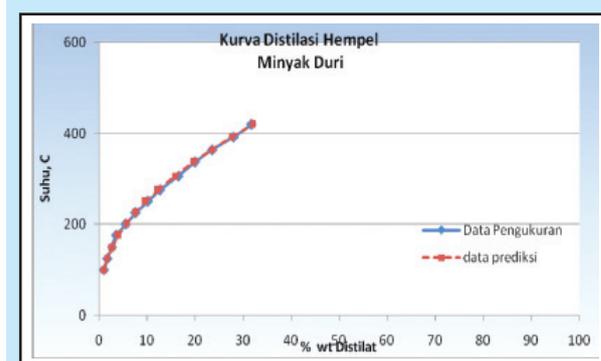
Hal lain yang menyebabkan terjadinya deviasi relatif besar pada distilasi tekanan vakum adalah adanya faktor konversi suhu pada tekanan vakum menjadi suhu pada tekanan atmosfer. Sesuai Metoda ASTM D2892 distilasi TBP dan semua metoda distilasi yang menggunakan tekanan vakum, kurva distilasi dibuat berdasarkan data suhu pada kondisi atmosfer. Oleh sebab itu, suhu pada kondisi tekanan vakum harus dikonversi menjadi suhu tekanan atmosfer dengan menggunakan persamaan Maxwell dan Bonnel. Persamaan ini dipakai secara luas di bidang perminyakan untuk konversi titik didih suatu senyawa dari kondisi tekanan yang berbeda. Persamaan Maxwell dan Bonnel, sesungguhnya



Gambar 8
Perbandingan data pengukuran dan prediksi distilasi TBP Duri



Gambar 9
Linier regresi distilasi Hempel Duri 10 data (IBP-275C)



Gambar 10
Perbandingan data pengukuran dan prediksi distilasi Hempel Duri 10 data (IBP-275C)

hanya akurat untuk konversi titik didih senyawa atau minyak bumi yang memiliki Faktor Watson $K=12$. Namun seperti diketahui, minyak bumi memiliki komposisi yang beragam. Misalnya, Minyak bumi Attaka dan Duri merupakan minyak dengan komposisi dasar naftena, yang memiliki nilai

factor $K < 12$. Sedangkan minyak bumi Minas/SLC, sebagian besar komposisinya merupakan paraffin, yang memiliki factor $K > 12$. Adanya faktor konversi suhu ini, menyebabkan prediksi data distilasi tekanan vakum memiliki deviasi yang relatif besar.

Pada simulasi distilasi TBP minyak Duri tingkat korelasi relatif rendah yakni 0.97% dengan deviasi rerata 42%. Seperti terlihat pada tabel 2, Pada distilasi tekanan atmosfer contoh minyak Duri, fraksi yang diperoleh sangat sedikit. Minyak Duri dikenal sebagai minyak yang berat, dengan kandungan fraksi ringan yang rendah. Untuk pemotongan sampai suhu 180°C, yang merupakan suhu tertinggi Distilasi TBP pada tekanan atmosfer, hanya diperoleh total fraksi sekitar 3.9 %. Sehingga data yang digunakan untuk simulasi pada minyak duri hanya 3 data, dengan Fraksi yang didapat relatif sedikit dan tidak merata. Hal lain yang menyebabkan deviasi relatif besar adalah perbedaan yang jauh antara titik T_o dan data suhu simulasi pertama. Untuk minyak bumi lain, data suhu distilasi pertama adalah 80°C, sedangkan pada minyak Duri data pertama yang digunakan adalah 100°C dengan jumlah fraksi yang sangat sedikit. Untuk kasus minyak duri, tingkat korelasi (R^2) dapat ditingkatkan dan deviasi bisa diperkecil, dengan melakukan pemotongan suhu sempit (*narrow cut*). Misalnya pemotongan setiap suhu 20 atau 25°C setelah suhu IBP tercapai. Hal ini bisa dilihat pada simulasi minyak Duri pada distilasi Hempel. Pemotongan suhu pada Distilasi Hempel dilakukan setiap 25°C setelah suhu IBP tercapai. Tingkat korelasi simulasi distilasi Hempel 10 data, sampai dengan suhu 275 C, untuk minyak duri adalah 0.9962 dengan deviasi rerata 3.3% .

Persamaan Riazzy sangat membantu dalam memprediksi distribusi titik didih secara cepat dan akurat. Distilasi TBP secara lengkap di laboratorium membutuhkan waktu 48 jam, sementara dengan metoda ini hanya dibutuhkan tidak kurang 2 jam saja. Distilasi Hempel membutuhkan waktu 7-8 jam, namun dengan simulasi ini hanya dibutuhkan waktu analisis 30-40 menit.

VI. KESIMPULAN

- Model matematika Riazzy dapat digunakan untuk memprediksi data distribusi titik didih Distilasi TBP dan Hempel secara lengkap, dengan hanya menggunakan data distilasi pada tekanan atmosfer, dengan tingkat validitas dan akurasi yang tinggi. Tingkat Korelasi Persamaan ini

diatas 0.99 untuk semua contoh minyak bumi, kecuali untuk simulasi distilasi TBP Minyak Duri yang menunjukkan tingkat korelasi 0.972.

- Deviasi pada simulasi distilasi TBP minyak Duri relatif besar karena data yang digunakan untuk simulasi hanya menggunakan 3 data pemotongan suhu, dengan data pertama yang digunakan pada simulasi relatif jauh yakni 100°C. Sementara itu, contoh minyak bumi lainnya menggunakan 4 data suhu, dengan data pertama Simulasi 80°C.
- Deviasi relatif besar umumnya terjadi pada prediksi suhu pada kondisi tekanan vakum. Hal ini disebabkan pada kondisi tekanan vakum, kecepatan uap semakin besar, sehingga berdampak pada penurunan tekanan cukup besar antara dasar kolom dan puncak kolom. Perbedaan tekanan ini, akan berpengaruh pada pengukuran suhu distilasi pada puncak kolom.
- Deviasi juga disebabkan adanya konversi suhu pada tekanan vakum ke suhu pada tekanan atmosfer menggunakan persamaan Maxwell dan Bonnel. Persamaan ini hanya akurat untuk minyak yang memiliki nilai faktor karakteristik 12. Sementara itu, nilai faktor karakteristik contoh minyak bumi yang diuji sangat beragam.
- Persamaan Riazzy sangat membantu dalam memprediksi distribusi titik didih secara cepat dan akurat. Distilasi TBP secara lengkap di laboratorium membutuhkan waktu 48 jam, sementara dengan metoda ini hanya dibutuhkan tidak kurang 2 jam saja. Distilasi Hempel membutuhkan waktu 7-8 jam, namun dengan simulasi ini hanya dibutuhkan waktu analisis 30-40 menit.

KEPUSTAKAAN

1. **Annual Book of ASTM Standar** , Vol.05.01.,2009. ASTM D 1160 -06, "Standard Test method for petroleum product at Reduced pressure distilation ", USA : ASTM International.
2. **Annual Book of ASTM Standar** , Vol.05.01.,2009. ASTM D 2892 -05, "Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum (15-Theoretical Plate Column).", ASTM International.
3. **Montemayor, Rey G.** ,2008, Distillation and Vapor Pressure Measurement in Petroleum Product, ASTM International.,Philadelpia
4. **Nedelchev, A., Stratiev, D., Ivanov, A., and Stoilov, G.** ,2011, It's possible to derive TBP from

- partial distillation data, Oil and Gas Journal, Vol. 109, Texas.
5. **Nedelchev, A., Stratiev, D., Ivanov, A., and Stoilov,** 2011, Boiling point distribution of crude oils based on TBP and ASTM D-86 distillation data, Journal of Petroleum & Coal, vol. 53 , p 275-290.
 6. **Riazy, M.,** 1997, A Continuous Model for C7+ Fraction Characterization of Petroleum Fluids," Ind. Eng. Chem. Res., 36 No. 10, pp. 4,299-4,307.
 7. **Riazy, M.R.,** 2005, Characterization and Properties of Petroleum Fractions. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1st ed.

INDEKS SUBYEK

A

Arafura 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134

Automatic transmission fluid (ATF) 108

Aliran dua fase 153, 154, 155

B

Biodiesel 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143

Biosolar 135, 136, 140, 141, 142

C

Cuci lahan 117, 119, 120, 121, 122

CO₂ adsorption capacity 145

D

Diesel 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143

E

Eksplorasi 125, 126, 127, 128, 132, 133, 134

Exploration 125

Erupsi lumpur volkano 117, 118

F

Formulasi 107, 109, 110, 111

Formulation 108

G

Geoscience data review 125

Gas chromatography 135

I

Injeksi polimer 95, 96, 102, 103, 104, 105, 106

K

Kinerja 107

Kaji ulang data geosains 125, 126, 128, 131, 132

Kromatografi gas 135, 139

Kurva inflow performance relationship 153, 156, 160, 161, 162

Kapasitas adsorpsi CO₂ 145

M

Minyak lumas transmisi otomatis (ATF) 107

Mud volcano eruption 117

N

NIR spectroscopy 135

Natural zeolit 145

Na⁺ cation exchanger 145

O

Optimasi 125, 126, 127, 128, 134

Optimizing 125

Oil recovery 95, 96, 106

P

Performance 108

Perolehan minyak 95, 96, 102, 103, 105, 106

Polymer injection 95

Penukar kation Na⁺ 145

R

Reklamasi 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123

Remediasi 117, 123

Reclamation 117

Remediation 117

S

Solar 135, 136, 137, 138, 140, 141, 142

Spektroskopi NIR 135, 136, 139, 142

Soil washing 117, 119, 120, 123

Stimulatif pengasaman 153, 154, 156,
158, 160, 161, 162, 163

Stimulation acidizing 153

T

Two phase flow 153

Z

Zeolit alam 145, 146, 147, 148, 149, 150,
151



PEDOMAN PENULISAN MAJALAH LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK dan GAS BUMI

UMUM

1. Majalah Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi adalah media yang khusus diperuntukan bagi karya tulis para Peneliti dan Tenaga Fungsional PPPTMGB "LEMIGAS", memuat analisis, kajian dan tinjauan ilmiah mengenai subjek-subjek yang berkaitan dengan industri minyak dan gas bumi, terutama yang dilakukan oleh PPPTMGB "LEMIGAS".
2. Redaksi Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi, secara selektif juga menerima tulisan-tulisan dari para ahli baik perseorangan ataupun kelompok, baik atas nama pribadi maupun instansi pemerintah/swasta namun lebih berbobot. Hal ini dimaksudkan sebagai contoh guna mendorong dan meningkatkan mutu para penulis intern LEMIGAS.

STANDAR PENULISAN

1. Bahasa

Artikel ditulis dalam bahasa Indonesia dengan menggunakan kaidah/istilah bahasa Indonesia yang telah dibakukan berpedoman pada: a. Kamus Besar Bahasa Indonesia terbitan Lembaga Pembinaan Bangsa. b. Kamus Minyak dan Gas Bumi, terbitan PPPTMGB "LEMIGAS". c. Kamus bahasa Inggris.

2. Naskah/Artikel

Judul artikel ditulis pada baris pertama (paling atas), rata kiri (*left*), memakai huruf besar kecil ukuran 24 points.

- **Nama penulis** ditulis pada baris kedua di bawah judul artikel.
- **Abstrak/Sinopsis/Sari** karangan merupakan keharusan ditulis dalam bahasa Indonesia serta bahasa Inggris dan ditetapkan pada awal artikel/tulisan. Abstrak tidak boleh lebih dari 200 kata.
- Artikel disertai dengan **kata kunci** yang ditulis dibawah judul artikel.
- Teks artikel diketik dengan komputer (MS Word), di atas kertas putih ukuran A4, dengan jarak baris 1 ½ spasi.
- **Sitasi** (kutipan) atas pendapat para ahli, disamping dapat dengan dikutip secara *verbatim*, juga harus diberi nomor urut dengan hurup arab *superscript* untuk penjelasannya dalam catatan kaki.
- **Catatan kaki** ditulis dalam satu halaman sesuai dengan nomor catatan kaki yang bersangkutan. Catatan kaki ditulis horizontal dengan urutan sebagai berikut: nama pengarang, tahun penerbitan, judul, halaman yang dikutip. Data Publikasi (Kota Penerbitan, Nama Penerbitan, jumlah halaman).
- **Pendahuluan** secara ringkas menguraikan masalah-masalah, tujuan, dan pentingnya penelitian. Jangan menggunakan sub-bab.
- **Bahan dan Metode** harus secara jelas dan ringkas menguraikan penelitian dengan rincian secukupnya sehingga memungkinkan peneliti lain untuk mengulangi penelitian yang terkait.
- **Hasil** disajikan secara jelas tanpa detil yang tidak perlu. Hasil tidak boleh disajikan sekaligus dalam tabel dan gambar.
- **Tabel** disajikan dalam bahasa Indonesia, dengan judul di bagian atas tabel dan keterangan. Tabel diketik menggunakan program MS-Excel.
- **Gambar, grafik, potret** dan lain-lain: semuanya asli, jelas memenuhi syarat untuk proses pencetakan: serta diberi nomor urut dan judul.
- **Kesimpulan** disajikan secara ringkas dengan mempertimbangkan judul naskah, maksud, tujuan, serta hasil penelitian.
- Di samping naskah dan lampiran penunjang seperti gambar/grafik, kirimkan juga disket/CD nya ke redaksi atau melalui e-mail: darus@lemigas.esdm.go.id

3. Kepustakaan

Kepustakaan adalah daftar literatur (buku atau non buku) yang dipakai oleh Penulis dalam menyusun naskah/artikel.

Kepustakaan ditulis pada akhir karangan dengan urutan secara alfabetis berdasarkan nama pengarang, seperti contoh sebagai berikut;

a. Buku

- Satu pengarang
Davis, Gordon B., 1976, Management Information System, Conceptual Foundation Structur and developnet, Me Graw Hill.
- Dua Pengarang
Newman W.H. dan **E. Kirby Warren**, 1977, The Procces of Management, Concept, Behavior, and Praticce, Pretice-Hall of India Privat Ltd., New Delhi, hlm. 213.
- Lebih dari tiga pengarang
Bennet J.D., Bridge D. Mcc, Cancron N. R., Djunudin A, Ghazali S. A, Jeffry D.H., Kartawa W., Keats W Rock N.M.S., dan Thompos S.J 1981, *The Geology of the Langsa Quadrangle, Sumatra*, GRDC, Bandung.
Atau disingkat
Bannet J.D., dkk., 1981. *The Geology of the Langsa Quadrangle, Sumatra*, GRDC, Bandung.

b. Non buku

- **Udiharto M.**, 1992. "Pengaruh Aktivitas Bakteri Termofil terhadap Porositas Batuan", Diskusi Ilmia VII Hasil Penelitian LEMIGAS, Februari, PPTMG "LEMIGAS", Jakarta.
- **Weissmann J., Dr.:** 1972, "Fuel for internal Contribution Engines and Furnace", Report, Inhouse Research, Mei, "LEMIGAS", Jakarta.
- **Gianita Gandawijaya**, 1994, "Teknologi GPS, Alat Bantu Navigasi Pesawat Terbang", Kompas, Juli 27, Jakarta.

c. Web sites :

<http://www.environmental law net.com>. Sebutkan tanggal bulan dan tahun.

WEWENANG REDAKSI

- a. Dewan redaksi berhak melakukan penyuntingan atas suatu artikel termasuk mengubah judul artikel.
- b. Naskah yang telah diperiksa dewan redaksi dan dianggap perlu perbaikan akan dikirim kembali kepada penulis untuk diperbaiki.
- c. Naskah yang tidak bisa dimuat akan dikembalikan kepada penulis.

LAIN-LAIN

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi menerima sumbangan naskah dari penulisan di luar Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" dengan ketentuan isinya memenuhi kriteria standar Majalah Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi