

Analisis Pengaruh *Temperature* Terhadap *Density Crude Oil* Kilang PPSDM MIGAS Dengan Pendekatan Metode Theil Pada Analisis Regresi Linier Non-Parametrik

Candra Irawan¹, M. Hasan Syukur²

¹ Universitas Diponegoro, Semarang

² PPSDM MIGAS, Blora

INFORMASI NASKAH

Diterima : 24 Februari 2021
Direvisi : 21 Mei 2021
Disetujui : 15 November 2021
Terbit : 30 November 2021

Email korespondensi:
mohammad.syukur@esdm.go.id

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/mz/2021-2/278>

ABSTRAK

Densitas merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas dari minyak mentah. Pada proses pengukuran *density of crude oil* juga dilakukan pengukuran *temperature crude oil* tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu analisis guna mengetahui pengaruh *temperature* pada rentang 30 – 35°C terhadap *density crude oil*. Dalam penelitian ini, penulis akan membahas dan menganalisis mengenai pengaruh *temperature* terhadap *density crude oil* pada unit kilang dan utilitas dengan menggunakan pendekatan metode Theil pada analisis regresi linier non-parametrik. Dari hasil penelitian diperoleh model regresi linier sederhana non parametrik dengan metode Theil pada data pengaruh *temperature* terhadap *density crude oil* PPSDM Migas Cepu bulan Desember 2020 adalah: $\hat{Y}_i = 833,139 - 0,257X_i$, dengan \hat{Y}_i adalah nilai dugaan variable dependen Y_i (*density crude oil*) dan X_i adalah variable independen (*temperature crude oil*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada taraf nyata 0,05 *temperature* berpengaruh terhadap *density crude oil*. Korelasi antara *temperature* dengan *density crude oil* memiliki korelasi yang sangat kuat dengan nilai korelasi Kendall-Tau sebesar -0,810 dan hubungan kedua variable tersebut bersifat berlawanan arah, yang dapat diartikan bahwa semakin meningkat *temperature* maka *density crude oil* akan menurun. Selang kepercayaan 0,95 koefisien slope berada pada selang $-2,298 < \beta_1 < 0,007$, artinya dengan keyakinan 95% disimpulkan bahwa *density crude oil* akan berkurang hingga 2,298 atau bertambah hingga 0,007 kg/m³ untuk setiap pertambahan 1°C *temperature*.

Kata Kunci : *Density, Temperature, Crude Oil*

ABSTRACT

Density is one of the factors that affect the quality of crude oil. In the process of measuring the density of crude oil, the temperature of the crude oil is also measured. Therefore an analysis is needed to determine the effect of temperature at range 30 – 35°C on density crude oil. In this study, the authors will discuss and analyze the effect of temperature on the density of crude oil at refinery and utility units using the Theil method approach in non-parametric linear regression analysis. From the research results obtained a non-parametric simple linear regression model with the Theil method on the effect of temperature data on density of crude oil PPSDM Migas Cepu in December 2020 is: $\hat{Y}_i = 833,139 - 0,257X_i$, where \hat{Y}_i is the estimated value of the dependent variable Y_i (density crude oil) and X_i are independent variables (temperature crude oil). The test results show that at a significant level of 0.05, temperature affects the density of crude oil. The correlation between temperature and density crude oil has a very strong correlation with the Kendall-Tau correlation value of -0.810 and the relationship between the two variables is opposite, which means that the higher the temperature, the lower the density of crude oil. The confidence interval of 0.95 slope coefficient is in the range of $-2,298 < \beta_1 < 0,007$, meaning that with 95% confidence it is concluded that the density crude oil will decrease to 2.298 or increase to 0.007 kg / m³ for every 1° C increase in temperature.

Keyword : Density, Temperature, Crude Oil

PENDAHULUAN

Minyak bumi jika diolah akan menghasilkan berbagai macam produk dengan nilai daya jual tinggi. Di Indonesia sendiri terdapat beberapa lokasi pengolahan minyak bumi, salah satunya adalah Unit Kilang di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) yang bekerja di bawah Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Unit kilang di PPSDM Migas memiliki kapasitas produksi sebesar 330-350 m³/hari.

Densitas merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas dari minyak mentah. Densitas juga menjadi indikator kualitas yang penting untuk bahan bakar otomotif, penerbangan, dan perkapalan yang dapat memengaruhi penyimpanan, penanganan, dan proses pembakaran.

Pada proses pengukuran *density crude oil* juga dilakukan pengukuran *temperature crude oil* tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu analisis guna mengetahui pengaruh *temperature* terhadap *density crude oil*. Ukuran *density crude oil* yang tepat akan memudahkan proses pengolahan *crude oil* menjadi produk olahan berikutnya seperti solar, pertasol, kerosin, dan lain-lain.

TINJAUAN PUSTAKA

Sumber bahan baku (yakni campuran minyak mentah) kilang PPSDM MIGAS berasal dari lapangan Kawengan dan Ledok yang diambil dari sumur milik PT. Pertamina EP *Asset 4 Field* Cepu. Minyak bumi yang diambil dari lapangan Kawengan dan lapangan Ledok merupakan minyak HPPO (*High Pour Point Oil*) yang bersifat *paraffinic*, yaitu mengandung lilin, alkana rantai lurus dan nilai oktan rendah. Setiap pengiriman minyak mentah, laboratorium produksi pada unit kilang akan melakukan uji densitas, *pour point*, dan uji distilasi ASTM D-1298, untuk mengetahui sifat volatilitas serta spesifikasi dari minyak mentah (Khoiri, 2018).

Density

Uji densitas adalah uji yang sangat penting dalam penentuan kualitas suatu bahan bakar, utamanya dalam penentuan adanya kontaminasi di dalam suatu bahan bakar. Prinsip dasar dalam menentukan *density* dari suatu zat cair adalah dengan menggunakan Hukum *Archimedes*, yaitu dimana suatu benda yang memiliki volume tetap V dicelupkan kedalam liquidida cair, maka benda yang dicelupkan tersebut akan mengalami Gaya Angkat sebesar berat zat cair yang dipindahkan.

Gaya Angkat ini merupakan gaya perlawanan yang diberikan oleh zat cair terhadap benda yang dicelupkan. Akibat adanya gaya angkat tersebut, maka benda yang dicelupkan kedalam zat cair akan mengalami 3 kemungkinan, yaitu mengapung, melayang atau tenggelam.

Pada Laboratorium PHP, uji densitas dilakukan mengikuti standard ASTM D-1298. Pengujian dengan metode ASTM D-1298 dilakukan dengan urutan pengujian mencelupkan *thermometer* sampai didapatkan suhu yang konstan dan kemudian suhu *sample* dicatat dengan pembulatan sampai 0,1 °C terdekat, selanjutnya termometer dikeluarkan dari *sample*. Langkah selanjutnya dimasukkan *hydrometer* sampai melayang bebas disample uji, kemudian di catat skala *density sample* dengan pembulatan sampai dengan 1/5 atau 1/10 dari total pembagian skala di *hydrometer* tersebut, kemudian *hydrometer* dikeluarkan. Selanjutnya termometer dimasukkan kembali ke *sample* sampai didapatkan suhu konstan, kemudian dicatat suhu *sample* dengan pembulatan sampai 0,1 °C terdekat. Bilamana terdapat perbedaan hasil pengukuran suhu *sample* lebih dari 0,05 °C maka pengujian diulang.

Metode uji densitas ASTM D-1298 mencakup penentuan Densitas, *API Gravity relative glass*, atau *API Gravity*, dan *Relatife Density (RD)* dari *crude oil*, produk *crude oil*, atau campuran *petroleum* dan *non petroleum product* dalam fasa cair dan memiliki tekanan uap RVP 101,325 kPa atau lebih kecil. Nilai *density* pada *temperature observed* dan dikoreksi pada suhu standard 15 °C atau 60 °F dengan menggunakan tabel *standard ASTM D-1250*.

- a. *Density* (Kerapatan) adalah massa zat cair per satuan volume pada 15 °C dan 101,325 kPa dengan satuan standar pengukuran dalam kilogram per meter kubik
- b. *Relative Density* (berat jenis) adalah perbandingan massa sejumlah volume zat pada

temperatur tertentu terhadap massa air murni dengan volume yang sama. Pada temperatur yang sama atau temperatur yang berbeda. Umumnya temperature acuan meliputi 60/60 °F, 20/20 °C, 20/4 °C

- c. *API Gravity* (Berat Jenis Api) adalah fungsi khusus dari *Specific Gravity* (Berat Jenis) pada 60/60 °F dinyatakan dengan : °API = (141,5 / SG 60/60 °F) – 131,5

(ASTM International & American Petroleum Institute (API), 2017)

Korelasi

Ukuran yang menyatakan kedekatan antara hubungan dua variabel atau lebih disebut dengan korelasi. Pada umumnya arti korelasi digunakan untuk mengetahui seberapa dekat hubungan antar. Dalam statistik, ukuran tersebut diperoleh melalui suatu analisis korelasi. Analisis korelasi sendiri memiliki tujuan untuk mengukur seberapa derajat kedekatan relasi yang terjadi pada variabel tertentu. Analisis korelasi merupakan metode yang digunakan untuk mencari ada tidaknya hubungan antara variabel bebas dan terikat (Walpole et al., 2012).

Koefisien Korelasi

Analisis korelasi ditujukan untuk mengukur hubungan antara dua peubah dengan menggunakan suatu bilangan yang disebut koefisien korelasi. r sendiri dapat diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus:

$$r = b \frac{\sqrt{J_{xx}}}{\sqrt{J_{yy}}} = \frac{J_{xy}}{\sqrt{J_{xx} J_{yy}}} \dots \dots \dots (1)$$

Nilai r antara -1 dan +. Sebagai contoh nilai r sebesar 0,2 bukan berarti 20 persen variasi variabel terikat dapat dijelaskan melainkan yang dijelaskan adalah (0,2)² atau 4 persen (Walpole et al., 2012).

Tabel 1 Tabel Koefisien Korelasi

Korelasi tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Tanpa korelasi	Tak ada korelasi (acak)	Tanpa korelasi	Rendah	Rendah	Tinggi	Korelasi tinggi
-1	< -0,9	> -0,9	< -0,4	> -0,4	0	< +0,4	> +0,4	< +0,9	> +0,9	1

Koefisien Determinasi

Uji koefisien determinasi disebut juga uji r-square. Koefisien determinasi digunakan untuk melihat seberapa besar variabel-variabel independen secara bersama mampu memberikan penjelasan mengenai dependent variable dimana nilai r² berkisar antara 0 sampai 1. Semakin besar nilai r², maka semakin besar variasi dependent variable yang dapat dijelaskan oleh variasi variabel – variabel independen.

Kelemahan mendasar penggunaan koefisien determinasi adalah bias terhadap jumlah variabel independen yang dimasukkan kedalam model. Setiap tambahan satu variabel independen, maka r² pasti. Oleh karena itu banyak peneliti menganjurkan untuk menggunakan nilai adjusted r² pada saat mengevaluasi mana model regresi terbaik. Tidak seperti r², nilai adjusted r² dapat naik atau turun apabila satu variabel independen ditambahkan ke dalam model.

Dalam kenyataan nilai r² dapat bernilai negatif, walaupun yang dikehendaki harus bernilai positif. Jika $k > 1$, maka adjusted r² akan bernilai negative (Walpole et al., 2012).

Analisis Korelasi Kendall-Tau (τ)

Menurut Siegel (1997) “Korelasi Kendall–Tau (τ) adalah ukuran korelasi yang menuntut kedua variabel di ukur dalam skala ordinal sehingga obyek-obyek yang dipelajari dapat diranking dalam dua rangkaian berurut”. Kendall-tau ditampilkan

dengan berbagai simbol, termasuk τ , T, dan t. Simbol τ digunakan untuk asosiasi yang mengacu pada populasi atau dengan kata lain simbol τ untuk menyatakan parameter populasi dan symbol $\hat{\tau}$ untuk menyatakan statistik sampelnya (Siegel, 1997).

Korelasi Kendall-tau salah satu variabelnya yang diberi peringkat (diurutkan), yaitu variabel X saja atau variabel Y saja dalam hal ini biasanya variabel X. Sedangkan variabel Y itu searah

(concordant) atau berlawanan arah (discordant) dengan variabel X yang sudah diurutkan. Jika ada data bivariat (X_i, Y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ dimana X dan Y berskala ordinal. Maka untuk setiap pasangan nilai observasi (X_i, Y_i) dan (X_j, Y_j) untuk $i \neq j$ dapat didefinisikan pasangan nilai sebagai berikut

Pasangan (X_i, Y_i) dan (X_j, Y_j) concordant, apabila $(X_i - X_j)(Y_i - Y_j) > 0$.

Pasangan (X_i, Y_i) dan (X_j, Y_j) discordant, apabila $(X_i - X_j)(Y_i - Y_j) < 0$.

Statistic uji koefisien korelasi kendall-tau adalah sebagai berikut:

$$\hat{\tau} = \frac{P-Q}{0,5n(n-1)} \quad (2)$$

Keterangan: $\hat{\tau}$ = koefisien korelasi kendall-tau

P = banyaknya pasangan berurutan wajar

Q = banyaknya pasangan berurutan terbalik

n = ukuran sampel (Daniel, 1989)

Menurut Sugiyono (2009: 118) untuk menguji signifikansi koefisien korelasi kendall-tau, yaitu:

$Z = \frac{\hat{\tau}}{\sqrt{\frac{2(2N+5)}{9N(N-1)}}}$, kriteria uji tolak H_0 jika nilai p dengan acuan nilai Z yang ditunjukkan pada tabel kurang dari nilai signifikansi α .

Regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengestimasi hubungan antara dependent variable dan variabel independen. Variabel (X) hasil pengukuran yang disebut independen digunakan untuk memprediksi atau mengestimasi besaran variabel (Y) yang disebut dependen. Syarat – syarat regresi, data haruslah bebas dari asumsi klasik statistik, yaitu:

- Normalitas
- Linieritas
- Autokorelasi
- Heteroskedastisitas
- Multikolinearitas (regresi majemuk)

Dalam regresi dikenal adanya dua jenis peubah, yaitu :

1. Peubah bebas (independent variable)
Adalah variabel/peubah yang nilai-nilainya tidak bergantung pada variabel lainnya.
2. Peubah terikat (dependent variable)
Adalah variabel/peubah yang nilai-nilainya bergantung pada variabel lainnya.

Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi linier sederhana mengestimasi hubungan variabelnya, dimana hanya terdapat dua variabel (satu independent variable & satu dependent variable) (Walpole et al., 2012).

Contoh dari regresi linier sederhana pada saat seorang peneliti ingin meneliti mengenai pengaruh biaya promosi terhadap volume penjualan pada perusahaan jual beli motor. Dengan ini di dapat dependent variable (y) adalah volume penjualan dan variabel independen (x) adalah biaya promosi.

Syarat dari regresi linier sederhana antara lain: tidak boleh terjadi multikolinieritas, tidak terjadi otokorelasi, terdapat hubungan linier antara variabel bebas (X) dan variabel tergantung (Y), data harus berdistribusi normal, data berskala interval atau rasio, terdapat hubungan dependensi, artinya satu variabel merupakan variabel tergantung yang

tergantung pada variabel lainnya.

Persamaan umum :

$$Y' = a + bx...(3)$$

Y' = dependent variable yang diprediksikan

a = angka konstan/harga Y bila X=0

b = peningkatan/penurunan dependent variable yang didasarkan pada independent variable

x = nilai independent variable

deLangkah-langkah regresi linier sederhana antara lain: mencari harga a dan b, menyusun persamaan regresi, membuat garis regresi.

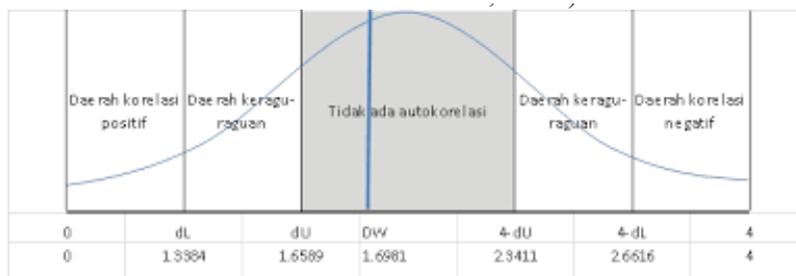
Cara mencari nilai a dan b :

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots(4)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - [\sum_{i=1}^n x_i][\sum_{i=1}^n y_i]}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - [\sum_{i=1}^n x_i]^2} \dots(5)$$

Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi bertujuan untuk menguji apakah terdapat korelasi residual pada periode t dengan periode t-1 (periode sebelumnya). Hal inilah yang disebut autokorelasi antara dua data. Ada beberapa cara untuk mengetahui autokorelasi, yang paling populer dengan uji Durbin, Walson. Suatu model regresi yang baik harus tidak terjadi autokorelasi (Walpole et al., 2012).



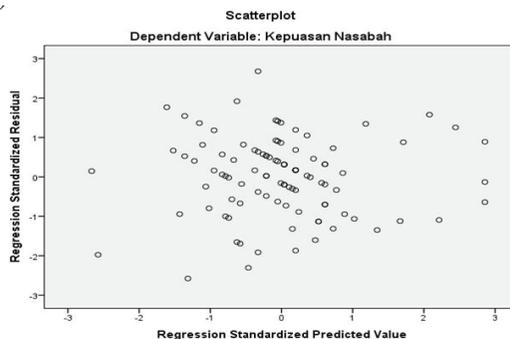
Gambar 1 Contoh Output Uji Autokorelasi

Uji Heteroskedastisitas

Uji Heteroskedastisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan variansi residual dari pengamatan satu ke pengamatan lain. Jika variansi tetap (tidak ada perbedaan) maka disebut homoskedastisitas. Suatu model regresi yang baik haruslah memenuhi asumsi heteroskedastisitas (Walpole et al., 2012).

Pengujian heteroskedastisitas dengan metode grafik lazim dipergunakan meskipun menimbulkan

bias, karena pengamatan antara satu pengamat dengan pengamat lain bisa menimbulkan perbedaan persepsi. Oleh karena itu, penggunaan uji statistik diharapkan menghilangkan unsur bias tersebut. Salah satu uji statistik yang lazim dipergunakan adalah uji Glejser (di samping uji yang lain, misalnya uji Park, atau uji White). Uji Glejser dilakukan dengan meregresikan variabel-variabel bebas terhadap nilai absolut residualnya (Gujarati, 2004).



Gambar 2 Contoh Output Uji Heteroskedestisitas

Metode Theil untuk Regresi Linear Sederhana Non-Parametrik

Asumsi-asumsi Metode Theil

Data yang tersedia merupakan sebuah sampel acak yang terdiri atas n pasangan pengamatan (X_i, Y_i).

Untuk masing-masing nilai X_i terdapat sebuah subpopulasi nilai-nilai Y.

Y_i adalah nilai yang teramati dari Y yang acak dan kontinu untuk nilai X_i .

Semua nilai X_i berbeda dan ditetapkan $X_1 < X_2 < \dots < X_n$.

Estimasi Model

Model regresi linear dengan pemenuhan terhadap asumsi kenormalan dapat digunakan regresi parametrik untuk mengetahui bentuk hubungan antar peubah regresi. Penyimpangan terhadap asumsi-asumsi itu sering terjadi di dalam praktik, dan terkadang peubah acak yang diamati tidak dapat dianggap menyebar normal.

Teknik-teknik dari segi statistik parametrik yang digunakan berhubungan dengan pendugaan parameter serta pengujian hipotesis yang berhubungan dengan parameter-parameter. Asumsi-asumsi yang digunakan pada umumnya menspesifikasikan bentuk sebarannya. Salah satu alternatif lain yang dapat digunakan adalah dengan regresi nonparametrik, karena dalam regresi nonparametrik tidak diperlukan pemenuhan asumsi kenormalan.

Misalkan ada n pasangan pengamatan (X_1, Y_1), (X_2, Y_2), ..., (X_n, Y_n), persamaan regresi linear sederhana adalah:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad \dots(6)$$

dengan β_0 adalah intercept (titik potong) terhadap sumbu Y.

β_1 adalah slope (kemiringan) dari garis regresi X_i adalah peubah bebas

Y_i adalah nilai teramati dari peubah Y (Montgomery et al., 1990)

Theil (1950) dalam Sprent (1991) mengusulkan koefisien kemiringan (slope) garis regresi sebagai median kemiringan dari seluruh pasangan garis dari titik-titik dengan nilai X yang berbeda, selanjutnya disebut dengan metode Theil. Misalkan sebuah sampel yang terdiri atas n pasangan hasil pengamatan (X_1, Y_1), (X_2, Y_2), ..., (X_n, Y_n) dengan variabel-variabel X dan Y kontinu, dimana pasangan (X_i, Y_i) merupakan hasil-hasil pengukuran terhadap unit asosiasi yang sama (ke-i). Untuk satu pasangan (X_i, Y_i) dan (X_j, Y_j) koefisien kemiringannya adalah (Sprent, 1991):

$$b_{ij} = \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i}, \text{ untuk } i < j \text{ dan } X_i \neq X_j \quad \dots(7)$$

H. Pengujian Koefisien Slope (β_1)

Daniel (1989) menjelaskan bahwa pengujian koefisien kemiringan dengan menggunakan metode Theil disusun berdasarkan statistik τ Kendall dan digunakan untuk mengetahui bentuk hubungan peubah-peubah regresi (Daniel, 1989).

Asumsi-asumsi yang melandasi pengujian pada koefisien kemiringan adalah:

- (1) Persamaan regresinya adalah $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n$ dengan X_i peubah bebas, β_0 dan β_1 adalah parameter-parameter yang tidak diketahui.

- (2) Untuk masing-masing nilai X_i terdapat sebuah subpopulasi nilai-nilai Y .
 - (3) Y_i adalah nilai yang teramati dari Y yang acak dan kontinu untuk nilai X_i .
 - (4) Semua nilai X_i berbeda dan ditetapkan $X_1 < X_2 < \dots < X_n$
 - (5) Nilai-nilai ε_i saling bebas dan berasal dari populasi yang sama.
- Hipotesis yang digunakan adalah hipotesis dua sisi yaitu sebagai berikut.

$$H_0: \beta = \beta_0$$

$$H_1: \beta \neq \beta_0$$

Seperti yang telah dijelaskan, prosedur yang diuraikan disusun berlandaskan statistic $\hat{\tau}$ Kendall, sehingga statistik ujinya adalah:

$$\hat{\tau} = \frac{P-Q}{0,5n(n-1)} \quad (8)$$

Dengan $\hat{\tau}$ = statistik uji τ Kendall

n = banyak pasangan

P = banyaknya pasangan berurutan wajar

Q = banyaknya pasangan berurutan terbalik

Kriteria uji:

$$|\hat{\tau}| > \tau^* \left(n, \frac{\alpha}{2} \right), \text{ tolak } H_0$$

$$|\hat{\tau}| \leq \tau^* \left(n, \frac{\alpha}{2} \right), \text{ jangan tolak } H_0$$

“Pengujian koefisien kemiringan ini dengan membuat statistik tataan dan memperbandingkan semua hasil pengamatan menurut nilai-nilai X ” (Daniel, 1989).

I. Pengujian Koefisien Regresi secara Overall

Hipotesis yang digunakan untuk menguji keberartian model regresi adalah:

$H_0 : \beta_i = 0$: tidak terdapat hubungan antara variabel X dan variabel Y .

$H_1 : \beta_i \neq 0$: terdapat hubungan antara variabel X dan variabel Y .

Statistic ujinya:

$$Z = \frac{\hat{\tau}}{\sqrt{\frac{2(2N+5)}{9N(N-1)} \dots}} \quad (9)$$

$\hat{\tau}$ = koefisien korelasi τ Kendall

Kriteria Uji: Tolak H_0 jika $p_z \leq \frac{\alpha}{2}$, terima dalam hal lain.

J. Interval Kepercayaan Koefisien Regresi Slope

Metode pembentukan interval kepercayaan

terhadap koefisien kemiringan ini dilandaskan pada prosedur pengujian hipotesis Theil untuk β_1 , sedangkan asumsi-asumsi yang mendasari prosedur pengujian hipotesis ini juga berlaku pada pembentukan interval kepercayaan $(1 - \alpha)$ bagi β_1 .

Lebih lanjut Daniel (1989) menjelaskan bahwa konstanta untuk interval kepercayaan adalah :

$$k = \frac{C_2^n - S\left(\frac{n}{2}\right) - 2}{2} \dots (10)$$

Dengan k = konstanta untuk interval kepercayaan.

C_2^n = banyaknya nilai b_{ij} yang mungkin dari n pasangan pengamatan.

$S\left(\frac{n}{2}\right)$ = titik kritis τ Kendall untuk n pasangan pengamatan pada taraf α .

Berdasarkan nilai konstanta tersebut akan diperoleh $\hat{\beta}_L$ sebagai batas bawah interval kepercayaan untuk β_1 dan $\hat{\beta}_U$ sebagai batas atas interval kepercayaan untuk β_1 . $\hat{\beta}_L$ adalah nilai b_{ij} ke- k yang dihitung dari nilai yang paling kecil dalam statistik tataan bagi nilai b_{ij} . $\hat{\beta}_U$ adalah nilai b_{ij} ke- k yang dihitung mundur dari nilai yang paling besar dalam statistik tataan tersebut.

Menurut Daniel (1989) interval kepercayaan untuk β_1 dengan suatu koefisien kepercayaan $(1 - \alpha)$ adalah:

$$C(\hat{\beta}_L < \beta_1 < \hat{\beta}_U) = 1 - \alpha \dots (11)$$

dengan C adalah kependekan dari *confidence* (kepercayaan) dan menunjukkan bahwa ekspresi ini lebih merupakan suatu pernyataan kepercayaan daripada suatu pernyataan probabilitas.

METODE PENELITIAN

Data yang dikumpulkan merupakan data laporan hasil *density obs* pada produk *crude oil* di unit kilang PPSDM Migas Cepu selama bulan Desember 2020. Pelaporan hasil pengolahan kilang PPSDM Migas dilakukan setiap hari, dengan tiap harinya terdiri dari 3 shift kerja dan tiap shift kerja dilakukan pengecekan sebanyak 2 kali. Berikut table 2 merupakan rekap laporan hasil *density observed* (biasa ditulis dengan *density obs*) pada produk *crude oil*:

Table 2 Data Hasil *Density Observed* Produk *Crude Oil*

Tanggal	Shift	Jam	Density/ Temp °C	
			Obs (Y)	Temperature (°C) (X)
1 Desember 2020	1	00:00	826	31
		04:00	826	30
	2	08:00	826	32
		12:00	825	34
	3	16:00	826	33
		20:00	826	32
2 Desember 2020	1	00:00	826	30
		04:00	826	30
	2	08:00	826	32
		12:00	826	31
	3	16:00	825	34
		20:00	826	33
3 Desember 2020	1	00:00	826	30
		04:00	826	30
	2	08:00	826	31
		12:00	825	34
	3	16:00	825	33
		20:00	825	32
4 Desember 2020	1	00:00	826	30
		04:00	825	32
	2	08:00	826	33
		12:00	824	35
	3	16:00	825	33
		20:00	825	32
5 Desember 2020	1	00:00	826	30
		04:00	826	30
	2	08:00	826	33
		12:00	826	32
	3	16:00	825	33
		20:00	825	32
6 Desember 2020	1	00:00	826	30
		04:00	826	30
	2	08:00	826	32
		12:00	826	33
	3	16:00	826	33
		20:00	827	31

7 Desember 2020	1	00:00	827	31
		04:00	827	30
	2	08:00	826	30
		12:00	826	32
	3	16:00	827	32
		20:00	827	31
8 Desember 2020	1	00:00	827	31
		04:00	827	30
	2	08:00	826	31
		12:00	826	32
	3	16:00	826	31
		20:00	826	31
9 Desember 2020	1	00:00	826	31
		04:00	826	31
	2	08:00	827	30
		12:00	826	31
	3	16:00	826	31
		20:00	826	31
10 Desember 2020	1	00:00	826	30
		04:00	826	30
	2	08:00	828	31
		12:00	826	32
	3	16:00	827	30
		20:00	826	31
11 Desember 2020	1	00:00	827	30
		04:00	827	30
	2	08:00	827	31
		12:00	826	32
	3	16:00	826	31
		20:00	826	31
12 Desember 2020	1	00:00	827	30
		04:00	826	32
	2	08:00	828	31
		12:00	826	32
	3	16:00	826	31
		20:00	826	31
13 Desember 2020	1	00:00	826	31
		04:00	826	32
	2	08:00	827	31
		12:00	826	32
	3	16:00	823	32
		20:00	824	31

14 Desember 2020	1	00:00	824	32
		04:00	823	32
	2	08:00	823	31
		12:00	821	32
	3	16:00	823	33
		20:00	823	32
15 Desember 2020	1	00:00	823	32
		04:00	824	32
	2	08:00	822	31
		12:00	822	32
	3	16:00	823	31
		20:00	823	31
16 Desember 2020	1	00:00	823	31
		04:00	823	31
	2	08:00	822	31
		12:00	821	33
	3	16:00	823	32
		20:00	823	31
17 Desember 2020	1	00:00	822	30
		04:00	822	30
	2	08:00	822	31
		12:00	822	32
	3	16:00	822	31
		20:00	822	31
18 Desember 2020	1	00:00	822	30
		04:00	822	30
	2	08:00	822	31
		12:00	822	32
	3	16:00	822	30
		20:00	822	32
19 Desember 2020	1	00:00	822	30
		04:00	822	30
	2	08:00	822	31
		12:00	822	32
	3	16:00	822	32
		20:00	822	31
20 Desember 2020	1	00:00	822	30
		04:00	822	30
	2	08:00	-	-
		12:00	-	-
	3	16:00	824	30
		20:00	-	-

21 Desember 2020	1	00:00	-	-
		04:00	-	-
	2	08:00	830	29
		12:00	828	31
	3	16:00	-	-
		20:00	-	-
22 Desember 2020	1	00:00	-	-
		04:00	-	-
	2	08:00	825	33
		12:00	824	35
	3	16:00	824	34
		20:00	825	33
23 Desember 2020	1	00:00	827	30
		04:00	827	30
	2	08:00	826	32
		12:00	825	35
	3	16:00	825	34
		20:00	826	33
24 Desember 2020	1	00:00	827	30
		04:00	827	30
	2	08:00	826	32
		12:00	825	35
	3	16:00	825	34
		20:00	826	32
25 Desember 2020	1	00:00	827	30
		04:00	827	30
	2	08:00	826	32
		12:00	825	35
	3	16:00	826	33
		20:00	826	32
26 Desember 2020	1	00:00	827	30
		04:00	827	30
	2	08:00	826	32
		12:00	826	33
	3	16:00	826	32
		20:00	826	31
27 Desember 2020	1	00:00	826	31
		04:00	826	31
	2	08:00	826	31
		12:00	826	32
	3	16:00	825	34
		20:00	826	32

28 Desember 2020	1	00:00	826	31
		04:00	826	31
	2	08:00	826	31
		12:00	826	32
	3	16:00	825	32
		20:00	826	31
29 Desember 2020	1	00:00	828	31
		04:00	828	31
	2	08:00	828	31
		12:00	825	32
	3	16:00	825	32
		20:00	825	32
30 Desember 2020	1	00:00	825	32
		04:00	825	32
	2	08:00	826	31
		12:00	826	32
	3	16:00	826	31
		20:00	826	30
31 Desember 2020	1	00:00	826	31
		04:00	826	31
	2	08:00	826	31
		12:00	825	32
	3	16:00	825	32
		20:00	826	30

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Hipotesis

Uji Hipotesis 1

1. $H_0 : \rho = 0$ (Tidak ada hubungan linier antara variable X dan variable Y)
2. $H_1 : \rho \neq 0$ (Ada hubungan linier antara variable X dan variable Y)
3. $\alpha = 0,05$
4. Daerah kritis dengan $df = 176$, $t > 1,97353$ dan $t < -1,97353$, didapatkan dari tabel L.4 (Walpole) bersifat dwisisi
5. Perhitungan

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{1-r^2} = \frac{-0,153\sqrt{175}}{1-(-0,153)^2} = -2,042$$
6. Keputusan:
Tolak H_0 karena t-hitung berada pada daerah kritis dimana $-2,042 < -1,97353$
7. Kesimpulan: Ada hubungan linier antara

variable X dan variable Y

Uji Hipotesis Kedua

1. $H_0 : \rho = 0,9$ (Terdapat hubungan antara variable x dan y yang sangat erat)
2. $H_1 : \rho < 0,9$ (Tidak terdapat hubungan antara variable x dan y yang sangat erat)
3. $\alpha = 0,05$
4. Daerah kritis $z > -1,64$ didapatkan dari

$$z = \frac{\sqrt{n-3}}{2} \ln \left[\frac{(1+r)(1-\rho_0)}{(1-0,153)(1-0,9)} \right]$$

$$z = -21,448$$
6. Keputusan : Jangan Tolak H_0 karena z-hitung berada diluar daerah kritis dimana $Z_{hitung} < Z_{tabel}$ yaitu $-21,448 < -1,64$
7. Kesimpulan : Terdapat hubungan antara

variable x dan y yang sangat erat

Uji Asumsi Klasik

Uji Linieritas

Hipotesis

1. H_0 : model regresi bersifat linear
2. H_1 : model regresi tidak bersifat

linear

3. α : 0,05
4. Daerah kritis : $p < 0,05$
5. Perhitungan :

Berikut merupakan hasil output menggunakan software SPSS:

Tabel 3 Output Uji Linieritas ANOVA Table

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Density * Temperature	Between Groups					
	(Combined)	36,531	6	6,089	2,092	,057
	Linearity	12,367	1	12,367	4,250	,041
	Deviation from Linearity	24,164	5	4,833	1,661	,147
	Within Groups	494,734	170	2,910		
	Total	531,266	176			

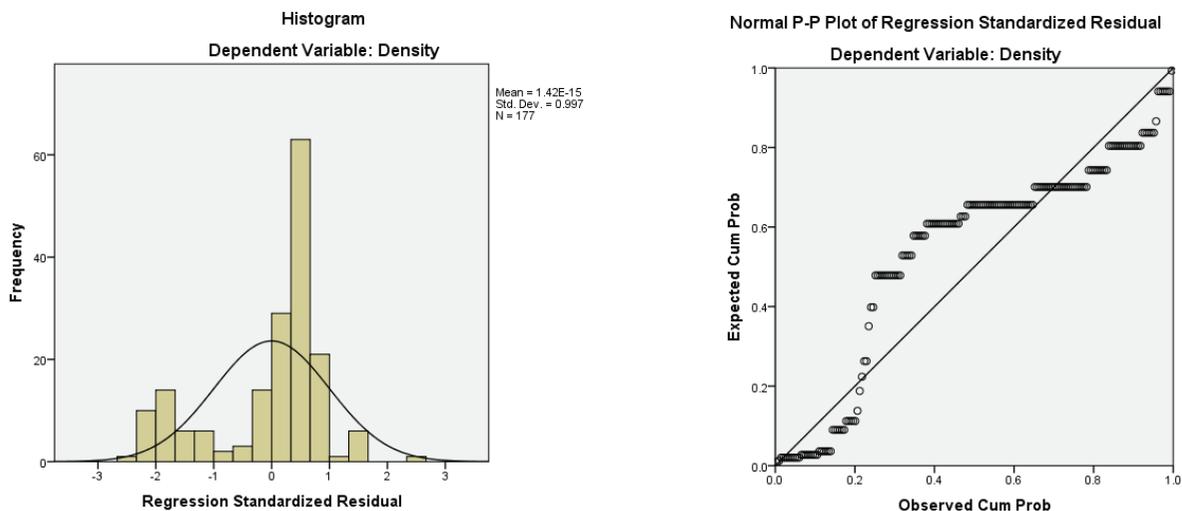
6. Keputusan: Jangan tolak H_0 untuk nilai deviation of linearity karena $0,147 > 0,05$
7. Kesimpulan: Data model bersifat regresi linier

Uji Normalitas

Hipotesis

1. H_0 : data residual berdistribusi normal
2. H_1 : data residual tidak berdistribusi normal
3. α : 0,05
4. Daerah kritis : $sig < 0,05$
5. Perhitungan:

Berikut merupakan hasil output menggunakan software SPSS:



Gambar 3 Grafik Histogram dan Grafik Normal P-P Plot Uji Normalitas

Table 4 Output Uji Normalitas
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		177
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	1,71705711
Most Extreme Differences	Absolute	,234
	Positive	,117
	Negative	-,234
Test Statistic		,234
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000 ^c

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

6. Keputusan: Karena nilai sig $0,000 < 0,05$ maka tolak H_0

7. Kesimpulan: Data residual tidak berdistribusi normal

Uji Autokorelasi

Hipotesis

1. H_0 : Residual tidak terjadi autokorelasi
2. H_1 : Residual terjadi autokorelasi
3. α : 0,05
4. Daerah kritis : $k = 1, n = 177$
 $Dw > 2,2573$ dan $Dw < 1,7427$
5. Perhitungan :
Berikut merupakan hasil *output* menggunakan software SPSS:

Table 5 Output Uji Autokorelasi

Model Summary ^b										
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	.153 ^a	,023	,018	1,722	,023	4,171	1	175	,043	,261

a. Predictors: (Constant), Temperature

b. Dependent Variable: Density

6. Keputusan: Tolak H_0 karena nilai $0,261 < 1,7427$

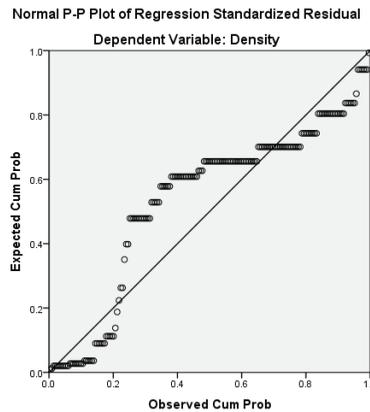
7. Kesimpulan: Residual terjadi autokorelasi

Uji Heteroskedastisitas

Hipotesis

1. H_0 : data regresi bersifat homoskedastisitas
2. H_1 : data regresi bersifat heteroskedastisitas
3. α : 0,05
4. Daerah kritis : sig < 0,05
5. Perhitungan :

Berikut merupakan hasil output menggunakan software SPSS:



Gambar 4 Normal P-P Plot Uji Heteroskedastisitas

6. Kesimpulan: Tolak H_0 karena nilai sig $0,00 < 0,05$
7. Keputusan: data regresi bersifat heteroskedastisitas

Berdasarkan dari hasil uji asumsi klasik yang telah dilakukan di atas diperoleh hasil bahwa data regresi tidak lolos pada beberapa uji, yaitu pada uji Normalitas, uji Autokorelasi, dan uji Heteroskedastisitas. Karena beberapa syarat regresi pada uji asumsi klasik tidak terpenuhi, maka data regresi tidak dapat dilakukan pengolahan dengan pendekatan analisis regresi linier parametrik sehingga selanjutnya akan dilakukan analisis regresi linier non-parametrik.

Analisis Regresi Linier Non Parametrik

Model Regresi

Metode Estimasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi sederhana metode Theil, dengan spesifikasi model sebagai berikut.

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon_1$$

Untuk mendapatkan Model Regresi nonparametrik metode Theil dengan rumusan:

$$b_{ij} = \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i}, \text{ untuk } i < j \text{ dan } X_i \neq X_j$$

Data tentang pengaruh *temperature* terhadap

density crude oil kemudian disusun terurut sehingga peringkat-peringkat X memiliki urutan wajar dari X yang terkecil sampai X yang terbesar. (Lampiran 1)

Untuk memperoleh nilai b_{ij} karena data berobservasi angka sama dan sesuai asumsi metode Theil nilai X_i berbeda maka data yang nilai X-nya sama nilai Y-nya dibuat rata-rata, sehingga di dapat data baru sebagai berikut.

Table 7 Data Baru Pengaruh *Temperature* terhadap *Density Crude Oil*

No	X	Y
1	29	830
2	30	825,425
3	31	825,404
4	32	824,843
5	33	825,188
6	34	824,857
7	35	824,6

Misalkan pasangan pengamatan (29;830) dibandingkan dengan pasangan pengamatan (30; 825,425) diperoleh nilai b_{ij} sebagai berikut

$$b_{1,2} = \frac{825,425 - 830}{30 - 29} = -4,575$$

$b_{1,2}$ merupakan nilai b_{ij} yang pertama yang diperoleh dari pasangan pengamatan pertama dengan pasangan pengamatan kedua. Keseluruhan nilai b_{ij} yang lain hasilnya dapat dilihat pada lampiran 2.

Penduga bagi β_1 dinotasikan dengan $\widehat{\beta}_1$ dinyatakan sebagai median dari nilai-nilai b_{ij} sehingga:

$$\widehat{\beta}_1 = \text{median}(b_{ij}) = -0,257$$

Sedangkan penduga bagi β_0 adalah $\widehat{\beta}_0$ dimana:

$$\widehat{\beta}_0 = \text{median}(Y_i) - \widehat{\beta}_1 \text{median}(X_i)$$

$$\widehat{\beta}_0 = 825,425 - (-0,257)(30) = 833,139$$

Sehingga didapat model:

$\widehat{Y}_i = 833,139 - 0,257X_i$

Akan tetapi model regresi di atas belum dapat dikatakan sebagai model regresi terbaik, Untuk itu selain harus diidentifikasi terlebih dahulu, perlu dilihat apakah model tersebut koefisiennya berarti atau tidak dengan uji hipotesis.

Pengujian Koefisien Slope (β_1)

Hipotesis:

$H_0: \beta_1 = 0$

$H_1: \beta_1 \neq 0$

Statistik uji:

$$\hat{t} = \frac{P - Q}{0,5n(n - 1)}$$

Untuk memperoleh nilai P_i dan Q_i , diperoleh dengan cara membandingkan setiap nilai pengamatan Y satu demi satu dengan setiap nilai Y yang ada disebelah bawahnya. Nilai P_i adalah jumlah banyaknya nilai di bawah baris Y yang dihitung jumlahnya, tetapi angkanya yang lebih besar dari angka pada baris Y tersebut. Nilai Q_i adalah jumlah nilai di bawah baris Y yang dihitung jumlahnya, tetapi angkanya yang lebih kecil dari angka pada baris Y tersebut.

Misalkan P_4 pada baris ke-empat jumlahnya 2,

hal ini terdiri atas nilai Y yang di atas nilai 824,843 sebagai berikut: 825,188; 824,857.

Misalkan Q_1 pada baris pertama jumlahnya 6, hal ini terdiri atas nilai Y yang di bawah nilai 830 sebagai berikut: 825,425; 825,404; 824,843; 825,188; 824,857; 824,600.

Hasil lainnya dapat dilihat pada table 8 sebagai berikut:

Table 8 Nilai P dan Q pada Pengaruh Temperature terhadap Density Crude Oil

No	X	Y	Pi	Qi
1	29	830,000	0	6
2	30	825,425	0	5
3	31	825,404	0	4
4	32	824,843	2	1
5	33	825,188	0	2
6	34	824,857	0	1
7	35	824,600	0	0
Jumlah	224	5780,316	2	19

$$P = \sum P_i = 0 + 0 + 0 + 2 + \dots + 0 = 2$$

$$Q = \sum Q_i = 6 + 5 + 4 + 1 + \dots + 0 = 19$$

n = 7

$$\hat{t} = \frac{2 - 19}{0,5 \times 7(7 - 1)} = -0,81$$

Kriteria Uji:

$|\hat{t}| > \tau^*(n, \frac{\alpha}{2}), \text{ tolak } H_0$

$|\hat{t}| \leq \tau^*(n, \frac{\alpha}{2}), \text{ jangan tolak } H_0$

Dengan $\alpha = 0,05$, maka $\frac{\alpha}{2} = 0,025$

Kesimpulan:

Dengan n = 7 dan taraf nyata 0,025 maka $\tau^* \text{tabel} = 0,714$, karena $|\hat{t}| = 0,81 > \tau^* \text{tabel} = 0,714$ maka jangan tolak H_0 , artinya mengindikasikan bahwa koefisien slope temperature sangat berpengaruh terhadap density crude oil.

Pengujian Koefisien Regresi secara Overall

$H_0 : \beta_i = 0$: tidak terdapat hubungan antara variabel X dan variabel Y.

$H_1 : \beta_i \neq 0$: terdapat hubungan antara

• Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi bertujuan untuk menguji apakah pada model regresi terdapat korelasi antara residual pada periode ke-t dengan residual pada periode sebelumnya (t-1). Pada perhitungan ini digunakan uji Durbin Watson, dimana untuk mendapatkan regresi yang baik maka suatu model harus tidak terjadi autokorelasi. Pada percobaan ini dihasilkan nilai uji Durbin Watson sebesar 0,261 dengan daerah kritis $dw > 2,2573$ dan $dw < 1,7427$. Nilai tersebut berada pada daerah kritis dimana $0,261 < 1,7427$, yang mana hal ini menunjukkan bahwa model regresi terjadi autokorelasi positif.

• Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan variansi residual dari satu pengamatan ke pengamatan lainnya. Jika variansi tetap, maka homoskedastisitas. Berdasarkan hasil output scatterplot, titik-titik data berpola dan tidak menyebar, berdasarkan uji glejser nilai signifikansi yang didapat $0,000 < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi bersifat heteroskedastisitas atau dapat dikatakan terjadi ketidaksamaan variansi dari residu satu pengamatan dengan pengamatan lainnya

Dari pengujian asumsi klasik yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini tidak memenuhi syarat pada uji asumsi tersebut. Uji asumsi yang tidak terpenuhi dapat disebabkan karena terdapat variable independent lain selain *temperature* yang memiliki pengaruh signifikan terhadap variable dependent yaitu *density crude oil*.

Dengan tidak terpenuhinya salah satu atau lebih asumsi maka Langkah selanjutnya ialah menggunakan statistic non parametrik yang dapat digunakan untuk mencocokkan garis regresi linear dengan data sampel yang teramati adalah metode iterative Brown-Mood, metode Weigted median dan metode Theil.

Dari ketiga metode di atas metode Theil adalah yang paling baik, karena penelitian bersama yang dilakukan Sprent dan Smeeton (1991) berpendapat bahwa metode Theil hampir seefisien metode kuadrat terkecil jika asumsi kenormalan error terpenuhi. Metode Theil adalah metode nonparametrik yang digunakan

untuk mengestimasi parameter-parameter dan menganalisis garis-garis regresi linear dengan data sampel yang teramati dikarenakan error tidak menyebar.

Regresi Linier Non-Parametrik

Dari pengujian hipotesis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa metode Theil merupakan metode nonparametrik yang dapat digunakan untuk mencocokkan garis regresi linear. Metode Theil efektif dan efisien untuk data yang semua nilai X_i berbeda dan jika ada nilai X_i yang sama maka dicari rata-ratanya pada nilai Y_i yang nilai X_i -nya sama tersebut.

Untuk mendapatkan model regresi nonparametrik dengan metode Theil langkah-langkahnya adalah mencari nilai b_{ij} , menentukan median b_{ij} , median X_i , median Y_i dan Untuk pengujian koefisien slope (β_1) dan pengujian koefisien regresi secara overall dicari dengan menggunakan rumus statistik Tau Kendall. Pengujian koefisien regresi secara overall dengan menggunakan program SPSS dapat dilakukan dengan uji koefisien korelasi kendall-tau. Kriteria ujinya adalah tolak H_0 jika nilai Sig. (2-tailed) kurang dari α . Untuk mencari interval kepercayaan koefisien regresi slope dengan mencari konstanta interval kepercayaan koefisien regresi slope dan menentukan nilai $\bar{\beta}_L$ dan $\bar{\beta}_U$.

Berdasarkan contoh kasus analisis regresi linear sederhana diperoleh persamaan regresi $\hat{Y}_i = 833,139 - 0,257X_i$. Dalam pengujian koefisien regresi slope didapat $\hat{\tau} = -0,81$, dengan $n = 7$ dan taraf nyata $0,025$ maka $\tau^*_{tabel} = 0,714$, karena $|\hat{\tau}| = 0,81 > \tau^*_{tabel} = 0,714$, maka tolak H_0 , yang artinya mengindikasikan bahwa koefisien kemiringan berarti *temperature* sangat berpengaruh terhadap *densitas crude oil*. Pada pengujian koefisien regresi secara overall didapat $Z_{hitung} = -2,553$, ternyata $p_z = 0,0054 \leq \frac{\alpha}{2} = 0,025$ maka tolak H_0 artinya model ini bisa digunakan untuk menyatakan hubungan antara *temperature* (X) dan *density crude oil* (Y). Dengan program SPSS dalam pengujian koefisien regresi secara overall

didapat nilai korelasi Kendall-Tau sebesar -0,810, berarti ada korelasi antara *temperature* dan *density crude oil* sebesar 0,810. Tingkat signifikansi 0,011 < 0,05 maka H_0 ditolak artinya terdapat hubungan antara *temperature* dan *density crude oil*. Koefisien regresi slope antara *temperature* dan *density crude oil* berada dalam interval $-2,298 < \beta_1 < 0,007$

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui apakah variable dependent dengan independent memiliki hubungan. Untuk mengetahui hubungan tersebut, digunakan suatu bilangan yang disebut dengan koefisien korelasi (ρ)

• **Tingkat kekuatan (keamatan) hubungan antar variable**

Dalam menentukan tingkat kekuatan hubungan antar variable, dapat berpedoman pada nilai koefisien korelasi. Berdasarkan output pada pengolahan data, diperoleh angka koefisien korelasi sebesar -0,810*. Artinya, tingkat kekuatan hubungan (korelasi) antara *temperature* dan *density crude oil* adalah sebesar 0,810 atau memiliki korelasi yang sangat kuat. Tanda bintang (*) artinya korelasi bernilai signifikan pada angka signifikansi sebesar 0,05.

• **Arah (jenis) hubungan antar variable**

Arah korelasi dilihat pada angka koefisien korelasi sebagaimana tingkat kekuatan korelasi. Besarnya nilai koefisien korelasi terletak antara +1 sampai dengan -1. Jika koefisien korelasi bernilai positif, maka hubungan kedua *variable* dikatakan searah. Jika koefisien korelasi bernilai negative, maka hubungan kedua *variable* tidak searah.

Angka koefisien korelasi pada hasil di atas bernilai negative, yaitu -0,810, sehingga hubungan kedua *variable* tersebut bersifat berlawanan arah, dengan demikian dapat diartikan bahwa semakin meningkat *temperature* maka *density crude oil* akan menurun.

• **Signifikansi korelasi**

Kekuatan dan arah korelasi akan mempunyai arti jika hubungan antar variabel bernilai signifikan. Dikatakan ada hubungan signifikan, jika nilai Sig. (2-tailed) hasil perhitungan lebih kecil dari 0,05. Sementara jika nilai Sig. (2-tailed) lebih besar dari 0,05 maka hubungan antar *variable* dapat dikatakan tidak signifikan atau tidak berarti.

Berdasarkan output di atas, diketahui nilai signifikansi atau Sig. (2-tailed) sebesar 0,011. Karena nilai Sig (2-tailed) 0,011 < 0,05 maka artinya ada hubungan yang signifikan (berarti) antara variabel *temperature* dengan *density crude oil*.

KESIMPULAN

1. Model regresi liner sederhana non parametrik dengan metode Theil pada data pengaruh *temperature* terhadap *density crude oil* PPSDM Migas Cepu bulan Desember 2020 adalah: $\hat{Y}_i = 833,139 - 0,257X_i$, dengan \hat{Y}_i adalah nilai dugaan *dependent variable* Y_i (*density of crude oil*) dan X_i adalah *independent variable* (*temperature crude oil*).
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada taraf nyata 0,05 *temperature* berpengaruh terhadap *density crude oil*. Korelasi antara *temperature* dengan *density crude oil* memiliki korelasi yang sangat kuat dengan nilai korelasi Kendall-Tau sebesar -0,810 dan hubungan kedua *variable* tersebut bersifat berlawanan arah, yang dapat diartikan bahwa semakin meningkat *temperature* maka *density crude oil* akan menurun.
3. Selang kepercayaan 0,95 koefisien slope berada pada selang $-2,298 < \beta_1 < 0,007$, artinya dengan keyakinan 95% disimpulkan bahwa *density crude oil* akan berkurang hingga 2,298 atau bertambah hingga 0,007 kg/m³ untuk setiap pertambahan 1°C *temperature*.

DAFTAR PUSTAKA

A, N. W., Nohe, D. A., & Goejantoro, R. (2016). *Penerapan Statistika Nonparametrik dengan Metode Brown-Mood pada Regresi Linier Berganda*. EKSPONENSIAL, 1-8.

ASTM International, & American Petroleum Institute (API). (2017). *Standard Test Method for Density , Relative Density , or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method. i*(Reapproved), 1–8. <https://doi.org/10.1520/D1298-12BR17.2>

Daniel, W. W. (1989). *Statistika Non Parametrik Terapan*. Gramedia Pustaka Utama.

Gujarati, D. (2004). *Basic Econometrics*

- (*Ekonometrika Dasar*). Gramedia Pustaka Utama.
- Humas, P. M. (2021a). *Sejarah PPSDM Migas*. PPSDM MIGAS. <https://ppsdmmigas.esdm.go.id/id/Landing/sejarah>
- Humas, P. M. (2021b). *Struktur Organisasi*. PPSDM MIGAS. https://ppsdmmigas.esdm.go.id/id/Landing/struktur_organisasi
- Humas, P. M. (2021c). *Tentang Kami*. PPSDM MIGAS. https://ppsdmmigas.esdm.go.id/id/Landing/tentang_kami
- Khoiri, I. A. (2018). *EVALUASI EFISIENSI FURNACE 01 PADA UNIT KILANG*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Montgomery, D. C., Soejoeti, Z., & Sunabar. (1990). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik* (Subanar (ed.)). Gadjah Mada University Press.
- Siegel, S. (1997). *Statistik Nonparametrik untuk Ilmu-ilmu Sosial*. Gramedia Pustaka Utama.
- Sprent, P. (1991). *Metode Statistika Nonparametrik Terapan*. UI-Press.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists* (D. Lynch (ed.); 9th ed.). Prentice Hall.

Lampiran 1
Penyusunan Data Terurut pada Temperature dan Density Crude Oil

No	Density/ Temp °C	Temperature
	Obs (Y)	(°C) (X)
1	830	29
2	826	30
3	826	30
4	826	30
5	826	30
6	826	30
7	826	30
8	826	30
9	826	30
10	826	30
11	826	30
12	827	30
13	826	30
14	827	30
15	827	30
16	826	30
17	826	30
18	827	30
19	827	30
20	827	30
21	827	30
22	822	30
23	822	30
24	822	30
25	822	30
26	822	30
27	822	30
28	822	30
29	822	30
30	822	30
31	824	30
32	827	30
33	827	30
34	827	30
No	Density/ Temp °C	Temperature
	Obs (Y)	(°C) (X)
35	827	30
36	827	30
37	827	30
38	827	30
39	827	30
40	826	30
41	826	30
42	826	31
43	826	31
44	826	31
45	827	31
46	827	31
47	827	31

48	827	31
49	826	31
50	826	31
51	826	31
52	826	31
53	826	31
54	826	31
55	826	31
56	826	31
57	828	31
58	826	31
59	827	31
60	826	31
61	826	31
62	828	31
63	826	31
64	826	31
65	826	31
66	827	31
67	824	31
68	823	31
69	822	31
70	823	31
71	823	31
72	823	31
73	823	31

No	Density/ Temp °C Obs (Y)	Temperature (°C) (X)
74	822	31
75	823	31
76	822	31
77	822	31
78	822	31
79	822	31
80	822	31
81	822	31
82	828	31
83	826	31
84	826	31
85	826	31
86	826	31

87	826	31
88	826	31
89	826	31
90	826	31
91	828	31
92	828	31
93	828	31
94	826	31
95	826	31
96	826	31
97	826	31
98	826	31
99	826	32
100	826	32
101	826	32
102	825	32
103	825	32
104	825	32
105	826	32
106	825	32
107	826	32
108	826	32
109	827	32
110	826	32
111	826	32
112	826	32

No	Density/ Temp °C Obs (Y)	Temperature (°C) (X)
113	826	32
114	826	32
115	826	32
116	826	32
117	823	32
118	824	32
119	823	32
120	821	32
121	823	32
122	823	32
123	824	32
124	822	32

125	823	32
126	822	32
127	822	32
128	822	32
129	822	32
130	822	32
131	826	32
132	826	32
133	826	32
134	826	32
135	826	32
136	826	32
137	826	32
138	826	32
139	826	32
140	826	32
141	825	32
142	825	32
143	825	32
144	825	32
145	825	32
146	825	32
147	826	32
148	825	32
149	825	32
150	826	33
151	826	33

No	Density/ Temp °C Obs (Y)	Temperature (°C) (X)
152	825	33
153	826	33
154	825	33
155	826	33
156	825	33
157	826	33
158	826	33
159	823	33
160	821	33
161	825	33
162	825	33
163	826	33
164	826	33
165	826	33
166	825	34
167	825	34
168	825	34
169	824	34
170	825	34
171	825	34
172	825	34
173	824	35
174	824	35
175	825	35
176	825	35
177	825	35

Lampiran 2

Tabel Nilai b_{ij} Data Pengaruh *Temperature* Terhadap *Density Crude Oil*

No	X_i	Y_i	X_j	Y_j	b_{ij}
1	29	830,000	30	825,425	-4,575
2	29	830,000	31	825,404	-2,298
3	29	830,000	32	824,843	-1,719
4	29	830,000	33	825,188	-1,203
5	29	830,000	34	824,857	-1,029
6	29	830,000	35	824,600	-0,900
7	30	825,425	31	825,404	-0,021
8	30	825,425	32	824,843	-0,291
9	30	825,425	33	825,188	-0,079
10	30	825,425	34	824,857	-0,142
11	30	825,425	35	824,600	-0,165
12	31	825,404	32	824,843	-0,560
13	31	825,404	33	825,188	-0,108
14	31	825,404	34	824,857	-0,182
15	31	825,404	35	824,600	-0,201
16	32	824,843	33	825,188	0,344
17	32	824,843	34	824,857	0,007
18	32	824,843	35	824,600	-0,081
19	33	825,188	34	824,857	-0,330
20	33	825,188	35	824,600	-0,294
21	34	824,857	35	824,600	-0,257

