

PENGEMBANGAN KORELASI SEDERHANA DAN KAJIAN VARIABLE YANG BERPENGARUH OPTIMASI PRODUKSI AIR DI SEPARATOR UNTUK LAPANGAN TUA

Oleh : Irfan Choiruddin, ST, MT. *)

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mendapatkan korelasi yang sederhana dan mengkaji variabel yang berpengaruh pada optimasi produksi air pada separator serta mengkuantifikasi ketidakpastiannya.

Untuk pengembangan korelasi sederhana ini, metodologi yang digunakan adalah dengan menerapkan metode desain eksperimen yaitu desain full factorial design dengan 3 level untuk menentukan pengaruh tingkat ketidakpastian dari 3 variabel perancangan separator tersebut. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data lapangan dan data literatur. Metode desain eksperimen dipergunakan untuk menentukan korelasi baru sederhana menunjukkan ketidakpastian variabel L/D rasio, watercut dan API gravity terhadap produksi air pada perancangan separator.

*Dengan bantuan perangkat lunak, penelitian ini menghasilkan korelasi sederhana dan tingkat ketidakpastian parameter yang berpengaruh tersebut terhadap produksi air pada separator dari yang terbesar sampai yang terkecil adalah watercut, API GRAVITY, dan L/D rasio. Sedangkan korelasi sederhana yang dihasilkan adalah Laju produksi air (dV_{wat}/dt) = $- 0.104 + 0.00228 * Water\ cut + 0.00334 * API\ Gravity + 0.00000 * L / D$.*

I. LATAR BELAKANG

Pemerintah Indonesia sekarang ini berupaya keras untuk meningkatkan kapasitas produksi minyak bumi nasional. Berbagai upaya dilakukan untuk mencapai hal tersebut. Diantaranya dengan meningkatkan kegiatan eksplorasi minyak bumi untuk mencari lapangan baru dan mengoptimalkan produksi lapangan minyak yang sudah ada. Menurut data dari BP MIGAS pada tahun 2008, Indonesia memiliki 13.824 sumur, dimana 745 sumur diantaranya masih aktif sedangkan sisanya masuk kategori lapangan *idle*, dan lebih dari 90% dari sumur yang memproduksi termasuk kategori lapangan minyak tua. Untuk lapangan minyak baru atau yang sudah beroperasi efisiensi dan optimasi terus dilakukan kajian dan penelitian untuk mencapai target pemerintah tersebut.

Kajian mengenai fasilitas permukaan terutama tentang separator telah dilakukan. Konfigurasi bertujuan untuk menghasilkan pemisahan yang optimal sehingga prosentase produk hidrokarbon dapat dipisahkan dari air dengan maksimal. Dari simulasi tiga model konfigurasi separator pada kondisi suhu dan tekanan yang sama dihasilkan bahwa produk hidrokarbon yang dipisahkan dari air mempunyai jumlah laju alir dan kemurnian yang relatif sama [6]. Fungsi separator adalah memisahkan minyak bumi dari sumur menjadi komponen gas, minyak dan air. Karenanya separator memegang peranan penting untuk menghasilkan kualitas minyak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pasar. Agar dapat menghasilkan kualitas minyak yang sesuai dengan pasar tentunya diawali dengan perancangan

separator yang baik. Salah satu faktor yang dipertimbangkan di dalam perancangan separator adalah produksi kapasitas air.

Beberapa metode dan teknik telah dikembangkan untuk membuat model separator. Diantaranya menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD), *Residence Time Distribution* (RTD), dan juga desain separator yang dikembangkan berdasarkan kriteria API [8].

Dalam penelitian ini penulis melakukan kajian produksi air dari separator menggunakan model separator yang telah ada dengan mengacu pada kriteria API. Kajian dilakukan dengan melakukan sensitifitas dengan variasi *water cut*, rasio panjang dan diameter (L/D), dan °API untuk mendapatkan hasil produksi air yang maksimal. Diharapkan dengan mendapatkan hasil produksi yang maksimal, separator akan menghasilkan kualitas minyak yang baik dan sesuai dengan permintaan pasar.

a. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan korelasi sederhana untuk desain separator dari persamaan yang telah dikembangkan konsepnya dan mengkaji variabel yang berpengaruh untuk mengoptimalkan produksi air pada lapangan minyak tua.

b. Batasan Masalah

Pembahasan penelitian ini dibatasi pada permasalahan :

4. Kondisi Operasi (Tekanan dan Suhu) menggunakan sistem pemisahan yang sudah ada di lapangan lain yang mempunyai jenis minyak yang sama.
5. Perhitungan menggunakan data-data lapangan dan data literatur.
6. Separator yang digunakan adalah separator horisontal.

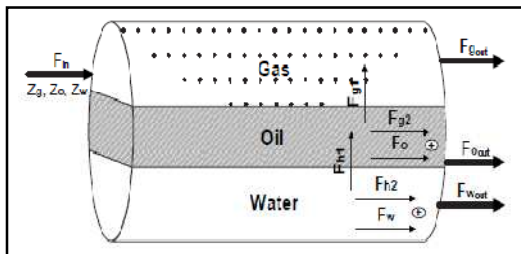
7. Model separator sederhana dengan asumsi proses pemisahan terjadi sempurna.
8. Model separator diasumsikan mempunyai *retention time* yang tetap

II. PEMODELAN SEPARATOR

a. Prinsip Kerja Separator

Saat hidrokarbon memasuki separator, terjadi dua fenomena. Yang pertama adalah dinamika fluida yang dicirikan dengan pemisahan secara gravitasi antara minyak dan butir air masuk ke dalam fasa air. Dan terpisahnya secara gravitasi dengan terdispersinya fasa cair dari fasa gas. Fenomena kedua adalah termodinamika, dimana hidrokarbon ringan solusi gas flashing dari fasa minyak dan mencapai kesetimbangan karena penurunan tekanan pada separator.

Ilustrasi secara sederhana mengenai proses pemisahan terdapat pada Gambar 1 di bawah. Pada Gambar tersebut, minyak dari sumur dengan molar flow F_{in} yang terdiri dari air, minyak, dan gas yang secara berurutan dinotasikan Z_w , Z_o , dan Z_g masuk ke dalam separator. Komponen hidrokarbon dari fluida terpisah menjadi dua yaitu aliran pertama F_{h1} terpisah secara gravitasi dan masuk ke dalam fasa minyak. Dan aliran kedua F_{h2} yang tetap tinggal dalam fasa air karena pemisahan yang tidak sempurna. Pelepasan liquid dari fasa air F_{Wout} adalah kombinasi dari aliran air yang dibuang F_W ditambah aliran hidrokarbon yang tidak terpisah secara sempurna. Komponen gas di dalam aliran hidrokarbon yang terpisah, yang masuk ke dalam fasa minyak, terpisah menjadi dua bagian, aliran gas pertama F_{g1} terpisah dari fasa minyak karena penurunan tekanan di separator, dan aliran gas yang kedua F_{g2} tetap terlarut di dalam fasa minyak.



Gambar 1: Aliran pemisahan komponen pada separator [8].

Pelepasan minyak F_{Oout} dari separator mengandung komponen minyak dari hidrokarbon yang terpisah F_o dan komponen gas terlarut F_{g2} . Gas yang mengalami flashing keluar dari separator untuk pemrosesan lebih lanjut.

Kami membuat model dari dinamika dari setiap fasa separator untuk menyederhanakan pemodelan proses. Proses pemisahan diasumsikan isothermal dalam semua tahap pemisah pada 100 °F. Kami juga berasumsi bahwa pola aliran dalam fasa cair adalah aliran *plug*, terutama pada fase air. Selanjutnya, *droplet* minyak dalam fase air memiliki ukuran *droplet* yang terdistribusi seragam dengan diameter $dm = 500$ mikron. Kenaikan kecepatan *droplet* minyak meningkat dengan asumsi sesuai hukum Stoke's. Model fenomena kesetimbangan termodinamika menggunakan hukum Raoult. Asumsi yang digunakan, hanya satu komponen gas yang terflashing dari fasa minyak ke dalam fasa gas yaitu metana. Metana dalam fasa uap diasumsikan gas ideal. Jadi ada kesetimbangan cair-uap pada permukaan minyak dan kesetimbangan cairan-cairan pada interface minyak-air.

b. Pemodelan Fasa Air

Untuk kebutuhan permodelan fasa air pada separator mengikuti API *static design criteria* dengan penyederhanaan asumsi yang biasa. *Droplet* hidrokarbon yang terletak di dasar separator mempunyai jarak

terbesar untuk melintasi permukaan antara air dan minyak. Karena itu pemodelan hidrodinamika pemisahan minyak berdasar pada penghilangan *droplet* akan mengacu pada penghilangan *droplet* yang mempunyai ukuran yang sama atau lebih besar. Dengan penyederhanaan asumsi, *droplet* minyak melintas pada lintasannya ke permukaan antar air minyak adalah mengacu pada kenaikan kecepatan komponen secara vertikal V_v sesuai dengan hukum Stoke, dan kecepatan komponen secara horizontal V_h sesuai pola aliran *plug* pada fasa air. Kecepatan komponen secara vertical diestimasikan dari hukum Stoke [8] dengan persamaan (2.43).

$$V_v = 1.7886 \times 10^{-6} \frac{(SG_h - SG_w)d_m^2}{\mu_w}$$

Dimana,

- SG_h = Specific Gravity *droplet* hidrokarbon
- SG_w = Specific Gravity air
- dm = ukuran *droplet* dalam micron
- μ_w = viskositas air dalam CP pada 100° F

Kecepatan komponen secara horisontal diestimasikan dari retensi fasa air sebagai

$$v_h=L/T \dots\dots\dots(2.44)$$

dimana,

- L = panjang separator
- τ = waktu retensi pada fasa air
- $\tau = V_{wat} / F_{wat}$

dimana,

- V_{wat} = volume air
- F_{wat} = Outflow air
- Ketinggian permukaan antar air dan minyak h diturunkan sebagai berikut [8],
- $A_c = V_{wat}/L$
- $= R^2\theta - 0,5 R^2 \sin (2\theta)$
- $h = R(1-\cos(\theta))\dots\dots\dots (2.45)$

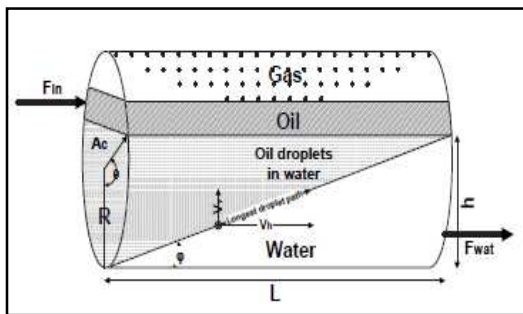
dimana,

A_c = daerah lintas penampang dari fasa air

R = radius separator

Θ = sudut yang mendefinisikan sektorlingkaran luas penampang sudut Φ dari pola *droplet* terpanjang pada interface air dan minyak dapat diestimasi dari persamaan 10,[8].

$$\Phi = \tan^{-1} V_v/V_h \dots \dots \dots (2.46)$$



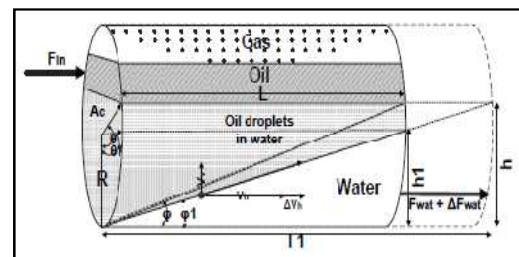
Gambar 2: Hidrodinamika pemisahan minyak pada kondisi normal [8].

Parameter desain $\{A_c, h, \theta, \Phi\}$ dari fasa air akan memberikan nilai nominal bila separator tersebut bekerja pada kondisi normal. Namun bila separator tidak bekerja pada kondisi normal, atau parameter proses berubah maka dinamika akan berubah. Sebagai contoh bila aliran masuk separator berubah maka model separator akan berubah. Asumsi *outflow* air F_{wat} meningkat, sejumlah ΔF_{wat} karena kenaikan aliran masuk ke separator. Hal ini mengakibatkan kenaikan v_h menjadi $v_h + \Delta v_h$ dan sudut pola terpanjang dari lintasan *droplet* hidrokarbon dari Φ ke $\Phi_1 < \Phi$. Gambar 3 mengilustrasikan penambahan volume tangki secara virtual, sehingga pemisahan secara sempurna akan tercapai pada $L_1 = L + \Delta L$ walaupun secara fiksi. Asumsi parameter desain $\{A_c, h, \theta\}$ tetap, maka sesuai Gambar II.6 kita memiliki [8].

$$\Phi_1 = \tan^{-1} \frac{v_v + \delta v_v}{v_h}$$

$$L_1 = h \cot(\Phi_1) \dots \dots \dots (2.47)$$

Penyederhanaan asumsi untuk mengestimasi fraksi volume dari hidrokarbon yang tak terpisahkan ϵ . Seperti pada Gambar 4, diasumsikan bahwa *droplet* minyak yang tidak terpisahkan dalam bentuk fasa air ekor perpanjangan separator yang dipanjangkan secara virtual, sebagai garis putus-putus (ditandai S3) mengalami aliran turbulen dan keluar dengan air. Akurasi asumsi ini bergantung pada geometri separator dan struktur outlet minyak dan air.[8].



Gambar 3: Hidrodinamika pemisahan minyak pada kondisi outflow air tinggi [8].

Diasumsikan daerah S3 merepresentasikan volume fluida hidrokarbon yang tidak terpisahkan V_{S3} . Dari Gambar dapat dilihat bahwa daerah S3 adalah perbedaan antara volume fluida hidrokarbon di separator virtual (ditunjukkan daerah S1), V_{S1} dan volume fluida hidrokarbon pada separator aktual V_{S2} (ditunjukkan S2). Volume V_{S1} dapat dihitung sebagai perbedaan antara volume segmen silindris didefinisikan dengan parameter $\{h, L_1, \theta\}$ dan baji silindris yang berparameter $\{h, L_1, \Phi_1\}$ seperti di persamaan berikut [8].:

$$V_{S1} = R^2 L_1 \left\{ \theta - 0,5 \sin(2\theta) - \frac{3 \sin \theta - 3 \theta \cos \theta - \sin^3 \theta}{3(1 - \cos \theta)} \right\} \dots \dots \dots (2.48)$$

Selanjutnya dengan tetap mengacu pada Gambar 4, volume V_{S2} dapat diestimasi sebagai perbedaan antara volume dari segmen silindris dengan parameter $\{h, L, \theta\}$ dan baji silindris yang mempunyai parameter $\{h_1, L_1, \theta_1, \Phi_1\}$ sebagaimana dalam persamaan berikut [8]. :

$$V_{S2} = \frac{R^2 L_1 \{ \theta - 0,5 \sin(2\theta) - \frac{3 \sin \theta_1 - 3 \theta_1 \cos \theta_1 - \sin^3 \theta_1}{3(1 - \cos \theta_1)} \}}{3(1 - \cos \theta_1)} \dots\dots\dots (2.51)$$

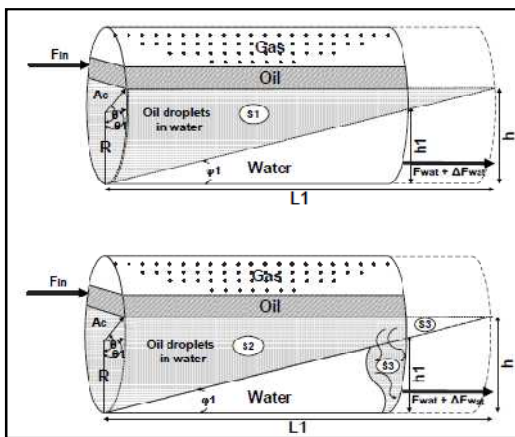
Dimana ketinggian interface minyak air secara virtual h_1 dan sudut θ_1 didefinisikan dengan persamaan [8]:

$$h_1 = L \tan(\Phi_1)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1}(1 - \frac{h_1}{R}) \dots\dots\dots (2.52)$$

Sehingga, kita dapat memperkirakan fraksi volume hidrokarbon yang tidak terpisahkan ϵ dari persamaan,[8].

$$\epsilon = \begin{cases} 1 - \frac{V_{S2}}{V_{S1}}, & L_1 > L \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$



Gambar 4 Volume Fluida hidrokarbon takterpisahkan pada kondisi outflow air tinggi [8].

Setelah dapat memperkirakan fraksi volume fluida hidrokarbon yang tidak terpisahkan ϵ , berikutnya volume komponen fluida yang bisa dipisahkan

F_{h1v} dan yang tidak terpisahkan F_{h2v} dapat dihitung. Sehingga dinamika material balance dari fasa air dapat dihitung sebagai berikut [8] :

$$F_{h1v} = \frac{\epsilon(Z_g + Z_o)F_{in}M_{wh}}{62.43 SG_h} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$F_{h2v} = \frac{(1 - \epsilon)(Z_g + Z_o)F_{in}M_{wh}}{62.43 SG_h} \dots\dots\dots (2.54)$$

$$F_{Wout} = \frac{Z_w F_{in} M_{Ww}}{62.43 SG_w} + F_{h2v} \dots\dots\dots (2.55)$$

$$\frac{dV_{wat}}{dt} = \frac{F_{in} M_{Win}}{62.43 SG_{in}} - F_{Wout} - F_{h1v} \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana,

- M_{wh} = Berat molekul hidrokarbon
- M_{Ww} = Berat molekul air
- M_{Win} = Berat molekul campuran aliran dari sumur
- SG_h = Specific gravity hidrokarbon
- SG_w = Specific gravity air
- SG_{in} = Specific gravity campuran aliran dari sumur
- V_{wat} = Volume fasa air
- F_{Wout} = Flow rate air di outflow separator

III. METODE DESAIN EKSPERIMEN

Desain eksperimen adalah suatu percobaan yang dilakukan dengan mengubah-ubah variabel *input* dalam suatu proses sehingga perubahan yang terjadi pada variabel *output* dapat dilihat dan diidentifikasi (Montgomery, 2001). Metode Desain Eksperimen adalah suatu prosedur (langkah-langkah lengkap) yang perlu diambil sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh, sehingga analisis dan kesimpulan secara obyektif dapat dilakukan.

Metode desain eksperimen ini meliputi proses perencanaan, mendesain dan menganalisis eksperimen sehingga kesimpulan yang valid dapat diambil secara efektif dan efisien. Eksperimen (percobaan) merupakan sekumpulan uji dimana perubahan yang terjadi pada variabel

input dalam suatu proses diharapkan juga dapat menyebabkan perubahan pada variabel respon. Eksperimen juga dapat didefinisikan sebagai kegiatan untuk menguji atau menguatkan pendapat yang diduga kebenarannya, atau untuk menemukan beberapa pengaruh (prinsip) yang tidak/belum diketahui melalui tindakan atau pengamatan khusus.

Tujuan desain eksperimen adalah untuk memperoleh keterangan tentang bagaimana respon yang akan diberikan oleh suatu obyek pada berbagai keadaan tertentu (perlakuan) yang ingin diperhatikan, dan juga untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang diperlukan (berguna) untuk memecahkan persoalan yang akan dibahas.

Istilah faktor dipakai dalam arti luas adalah untuk menyatakan setiap hal yang mempengaruhi percobaan. Ada dua tipe faktor yang dapat digunakan dalam desain eksperimen yaitu kuantitatif dan kualitatif. Untuk faktor-faktor kuantitatif, harus ditentukan *range* faktor atau yang disebut dengan *level*. Faktor kualitatif umumnya membutuhkan *level* yang lebih besar dibandingkan dengan faktor kuantitatif. Terminologi *level* disini adalah nilai khusus atau setting dari faktor yang sedang diuji pada percobaan. Untuk distribusi tertentu menggunakan hitungan persentil dalam menentukan nilai *level*. Persentil adalah nilai yang ditunjukkan oleh hasil eksperimen yang membagi frekuensi menjadi seratus bagian yang sama setelah data diurutkan dari yang terkecil sampai terbesar [2].

Persentil dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$P_i = \text{nilai ke } \frac{i(n+1)}{100} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

P_i = persentil ke- i

n = banyaknya eksperimen

Run atau *trial* pada *Design of Experiment (DOE)* adalah serangkaian kombinasi dari *level* faktor yang berpengaruh pada output. *Experimental design* mempunyai tiga prinsip dasar yaitu replikasi, randomisasi dan blocking.

a. Factorial Designs

Factorial designs adalah rancangan eksperimen yang paling efisien. *Factorial designs* mengkombinasikan seluruh *level* pada sebuah faktor dengan *level* pada faktor lain yang ada dalam eksperimen.

Jika terdapat *a level* pada faktor A, *b level* pada faktor B dan *c level* pada faktor C, maka akan diperoleh *abc* kombinasi perlakuan, (Montgomery, D.C., 2001). Apabila dalam eksperimen yang akan dikombinasikan terdapat tiga faktor, maka eksperimen itu dikatakan sebagai desain eksperimen tiga faktor.

Secara umum, *factorial designs* dinotasikan dengan bentuk s^k , dengan s menyatakan jumlah *level* dan k menunjukkan jumlah faktor. Jika $s = 2$, maka ada dua *level*, yang dinyatakan sebagai *level* "tinggi" dan "rendah" atau "+" dan "-", dimana faktornya kuantitatif. (Ryan, T.P., 2007). Jika faktor yang digunakan ada tiga masing-masing mempunyai dua *level*, maka disebut 2^3 *factorial design*.

Ada dua tipe efek dimana variabel input dapat mempengaruhi variabel respon yaitu *main effect* dan *interaction effect*. *Main effect* menyatakan bagaimana perubahan dalam respon dipengaruhi oleh perubahan pada masing-masing variabel input secara individu. *Interaction effect* menyatakan bagaimana perubahan dalam respon dipengaruhi oleh perubahan satu atau lebih variabel pada *level* yang berbeda

dengan variabel lain. Tujuan dari eksperimen menggunakan *factorial designs* adalah mempelajari *main effect* maupun *interaction effect* terhadap respon yang diamati.

Secara umum hubungan antara variabel input dengan respon dapat dinyatakan dengan persamaan (Ryan, T.P., 2007). :

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) + \varepsilon \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan keterangan y = respon, f = fungsi respon terhadap x (x = variabel input), k = jumlah variabel atau jumlah faktor, ε = *error* karena bias antara model yang dibentuk dengan aktual respon.

Proporsi keragaman total nilai-nilai variabel respon (y) yang dapat dijelaskan oleh nilai-nilai dari variabel input (x) dinyatakan dalam nilai R^2 atau yang disebut koefisien determinasi. Besarnya koefisien determinasi merupakan kuadrat dari koefisien korelasi.

b. 2³ Factorial Design

2³ factorial design adalah desain yang menggunakan tiga faktor A, B, dan C, dimana masing-masing mempunyai dua *level* yang dinotasikan dengan notasi geometrik "+" dan "-" yang merupakan *level* tertinggi dan terendah dari faktor. *2³ factorial design* mempunyai delapan kombinasi perlakuan yang disusun dalam *design matrix*. Jika terdapat replikasi sebanyak n kali, maka akan diperoleh $n \cdot 2^3$ kombinasi perlakuan.

Model linier *2³ factorial design* adalah sebagai berikut [2]. :

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

y_{ijkl} merupakan pengamatan pada faktor A *level* ke- i , faktor B *level* ke- j dan faktor

C *level* ke- k serta pengulangan ke- l . μ adalah rata-rata semua pengamatan. τ_i merupakan efek perlakuan faktor A *level* ke- i . β_j efek perlakuan faktor B *level* ke- j . γ_k efek perlakuan faktor C *level* ke- k . $(\tau\beta)_{ij}$ merupakan efek interaksi faktor A *level* ke- i dan faktor B *level* ke- j . $(\tau\gamma)_{ik}$ merupakan efek interaksi faktor A *level* ke- i dan faktor C *level* ke- k . $(\beta\gamma)_{jk}$ merupakan efek interaksi faktor B *level* ke- j dan faktor C *level* ke- k . $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ merupakan efek interaksi faktor A *level* ke- i , faktor B *level* ke- j dan faktor C *level* ke- k . ε_{ijkl} adalah *error* eksperimen. *Level* i pada faktor A, *level* j pada faktor B dan *level* k pada faktor C terdiri dari dua *level* yaitu *level* tinggi dan *level* rendah, serta terdapat replikasi sebanyak $l = 1, 2 \dots n$.

Untuk melihat pengaruh dari faktor-faktor tersebut, digunakan *analysis of variance* (ANOVA). ANOVA adalah teknik analisis data untuk menguji signifikansi dari faktor-faktor di sebuah multi faktor model. Uji yang digunakan adalah uji F dan ditampilkan dalam bentuk tabel ANOVA. Desain matrik yang terbentuk dengan menggunakan *2³ factorial design* dapat dilihat pada tabel III.1.

Tabel III.1. Desain Matrik 2³ factorial design[2].

Run	Faktor		
	A	B	C
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

Desain yang menggunakan tiga faktor misalnya A, B, dan C, dimana

masing-masing mempunyai tiga *level* dinyatakan dengan 3^3 *factorial design* atau disebut juga dengan *Full Factorial Design dengan 3 level*. Salah satu cara menotasikan *level*nya dengan notasi "1", "2" dan "3", dimana "1" adalah nilai minimum, "2" adalah nilai tengah antara nilai minimum dan maksimum dan "3" adalah nilai maksimum. Eksperimen/ percobaan yang dilakukan dengan metode ini sebanyak 3^3 atau 27 eksperimen/percobaan. Desain matrik yang terbentuk dengan menggunakan 3^3 *factorial design* adalah pada tabel III.2.

Tabel III.2. Desain Matrik 3^3 factorial design[2].

Run	Faktor		
	A	B	C
1	1	1	1
2	2	1	1
3	3	1	1
4	1	2	1
5	2	2	1
6	3	2	1
7	1	3	1
8	2	3	1
9	3	3	1
10	1	1	2
11	2	1	2
12	3	1	2
13	1	2	2
14	2	2	2
15	3	2	2
16	1	3	2
17	2	3	2
18	3	3	2
19	1	1	3
20	2	1	3
21	3	1	3
22	1	2	3
23	2	2	3
24	3	2	3
25	1	3	3
26	2	3	3
27	3	3	3

IV. PEMBAHASAN

a. Tahapan Pemodelan Matematis

Dalam tahapan pemodelan matematis ini, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menggunakan program Microsoft Excell untuk membuat model matematis dari separator.
2. Setelah memperoleh model matematis, selanjutnya dilakukan perhitungan flow rate air dengan variasi data yang ada. Penulis melakukan sensitivity terhadap *API gravity* dan *water cut* serta dimensi separator yang direpresentasikan dengan rasio panjang dan diameter separator (*L/D*). Sensitivity dilakukan dengan mevariasikan menjadi 27 data dengan kombinasi *water Cut* 20%, 55%, 90% ; *API gravity* 25,35,45; dan *L/D* 2, 3.5, 5.
3. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan model matematis, diperoleh hasil sebagai berikut :

Water Cut	API gravity	L/D	dVwat/dt
20	25	2	0.002059
20	35	2	0.088786
20	45	2	0.09383
20	25	3.5	0.002059
20	35	3.5	0.088786
20	45	3.5	0.09383
20	25	5	0.002059
20	35	5	0.088786
20	45	5	0.09383
55	25	2	0.086619
55	35	2	0.156726
55	45	2	0.152665
55	25	3.5	0.086619
55	35	3.5	0.156726
55	45	3.5	0.152665
55	25	5	0.086619
55	35	5	0.156726
55	45	5	0.152665
90	25	2	0.188025
90	35	2	0.244703
90	45	2	0.230493
90	25	3.5	0.188025
90	35	3.5	0.244703
90	45	3.5	0.230493
90	25	5	0.188025
90	35	5	0.244703
90	45	5	0.230493

b. Tahapan Analisa dengan Metode *Full Factorial Design* dengan 3 level

Metode *Full Factorial Design* (FFD) dengan 3 level pada penelitian ini adalah desain yang menggunakan 3 faktor dimana masing-masing faktor mempunyai 3 level. Salah satu cara menotasikan level adalah dengan notasi "1", "2", dan "3". Notasi "1" merupakan nilai minimum, "3" adalah nilai maksimum dan notasi "2", adalah nilai antara nilai minimum dan maksimum atau nilai tengah. Dengan menggunakan metode ini akan dilakukan sebanyak 3^3

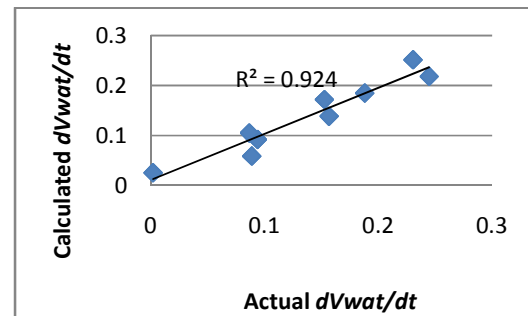
atau 27 eksperimen/percobaan. Penulis menggunakan tabel IV.8, untuk melakukan analisa dengan metode *Full Factorial Design* 3 level menggunakan bantuan software minitab 15.

Dari hasil analisa software minitab 15 menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$dV_{wat}/dt = - 0.104 + 0.00228 * \text{Water cut} + 0.00334 * \text{API Gravity} + 0.00000 * \text{L/D}$$

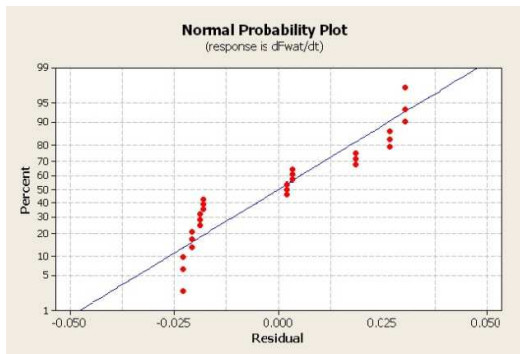
Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa terdapat korelasi antara Flowrate air (dV_{wat}/dt) dengan parameter-parameter yang dikaji dalam penulisan ini.

Pada gambar IV.1 dapat menunjukkan bahwa Flowrate air (dV_{wat}/dt) hasil persamaan dengan hasil Flowrate air (dV_{wat}/dt) aktual menunjukkan hasil yang baik dimana *R square* menunjukkan 92.48 % yang hasil dari persamaan diatas memiliki ketepatan yang baik.



Gambar IV.1 Persamaan untuk Flowrate air (dV_{wat}/dt)

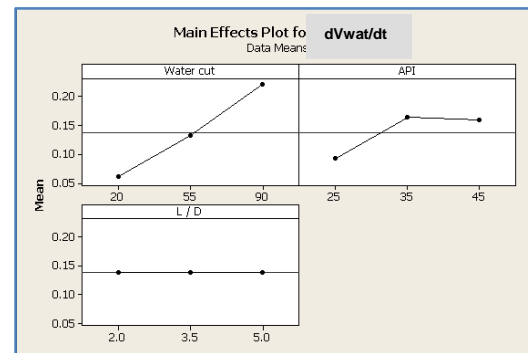
Gambar IV.2 adalah gambar normal probability plot yang menunjukkan bahwa data yang dipakai dipopulasikan secara normal. Residual adalah perbedaan antara nilai yang diamati dengan nilai yang dihitung.



Gambar IV.2 Normal Probability Plot

Pada gambar IV.3 digambarkan bagaimana nilai maksimum, nilai tengah, dan nilai minimum dari tiap-tiap parameter berdampak terhadap respon/hasil yang ingin diketahui. Apabila kita telaah lebih jauh, akan makin terlihat faktor-faktor atau parameter mana yang paling berpengaruh dan parameter mana yang tidak berpengaruh sama sekali. Parameter dimensi (L/D) pada saat nilai minimum maupun pada saat nilai maksimum tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap Flowrate air (dV_{wat}/dt). Hal ini menjelaskan bahwa parameter dimensi (L/D) memiliki tingkat ketidakpastian yang rendah. Parameter *API gravity* pada saat nilai minimum maupun pada saat nilai maksimum memiliki perbedaan yang cukup signifikan terhadap Flowrate air (dV_{wat}/dt). Hal ini menjelaskan bahwa parameter *API gravity* memiliki tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi dari parameter dimensi (L/D). Parameter *Watercut* pada saat nilai minimum maupun pada saat nilai maksimum memiliki perbedaan yang sangat signifikan terhadap Flowrate air (dV_{wat}/dt). Hal ini menjelaskan bahwa parameter *Watercut* memiliki tingkat ketidakpastian yang paling tinggi dari parameter-parameter yang disebutkan diatas. Dapat dilihat bahwa hampir semua parameter memiliki *slope* yang positif, hanya terdapat sedikit slope yang

patah pada parameter *API Gravity*. Hal ini menjelaskan bahwa nilai pada parameter *API Gravity* diantara 35° hingga 45° , flowrate air (dV_{wat}/dt) cenderung turun walaupun tidak terlalu signifikan.



Gambar IV.3 Plot main effect untuk Flowrate air

Dari gambar IV.3 dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh konsisten dengan hasil-hasil sebelumnya. Dapat disimpulkan bahwa parameter-parameter tersebut dapat diurutkan dari parameter yang paling signifikan atau yang tingkat ketidakpastian yang paling tinggi sebagai berikut :

1. *Watercut*
2. *API Gravity*
3. Dimensi (L/D)

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Dihasilkan korelasi yang lebih sederhana dari persamaan yang ada untuk optimasi produksi air pada separator yaitu $dF_{wat}/dt = -0.104 + 0.00228 * Water\ cut + 0.00334 * API\ Gravity + 0.00000 * L / D$
- Metode *Experimental Design* bisa digunakan untuk menganalisis ketidakpastian parameter untuk mengoptimasi separasi air pada separator.

- Parameter tingkat ketidakpastian yang mempunyai tingkat pengaruh paling tinggi dalam optimasi separasi air pada separator adalah *Watercut*.
- L/D rasio ternyata tidak mempunyai pengaruh dalam optimasi separasi air pada separator.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, K. and Stewart M. (1999) : *Surface Production Operation: Design of Oil-Handling Systems and Facilities*, 2nd ed. Woburn, MA: Butterworth-Heinemann, vol. 1.
- Diyah R. (2011) : *Estimasi cadangan minyak di lapangan x Dengan menggunakan simulasi monte carlo dan experimental design*, Tesis, Program Studi Perminyakan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung
- Harker, J.H., Richardson, J.F., Backhurst, J.R (2003) : *Chemical Engineering* Butterworth-Heinemann, 5th edition, Butterworth - Heinemann, vol. 2
- Kardjono (2002) : *Proses pemurnian minyak dan gas bumi, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Minyak dan Gas Bumi, Cepu,.*
- Montgomery, D C.(2001) : *Design and Analysis of Experiments*, Library of Congress Cataloging.
- Risdiyanta (2011) : *Kajian Keekonomian Desain Separator Surface Facilities pada Lapangan X*, Tesis, Program Studi Perminyakan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.
- Ryan, T.P. (2007) : *Modern experimental design*, Hoboken, N.J: Wiley-Interscience. Chicago.
- Sayda, A.F. and Taylor, J.H. (2007) : *Modeling and Control of Three-Phase Gravity Separators in Oil*, Department of Electrical and Computer Engineering, University of New Brunswick, PO Box 4400, Fredericton, New Brunswick, Canada.

*) Irfan Choiruddin, ST,MT. adalah Pejabat Fungsional Widyaiswara Kementerian ESDM ditempatkan di Pusdiklat Migas - Cepu