

DIVERSIFIKASI BUILD UP RATE DALAM PERENCANAAN LINTASAN PENGEBORAN SUMUR BERARAH PADA SUMUR "X" LAPANGAN "Y", PAPUA BARAT

Leonardo Davinci Massolo

Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Pertambangan & Perminyakan, Universitas Papua, Manokwari, Indonesia
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari
Penulis Korespondensi: l.massolo@unipa.ac.id

Received: Januari 2024; Accepted: Mei 2024; Published: Mei 2024

Abstract

Well "X" in a West Papuan field is intended to be drilled directionally due to geological constraints that hinder vertically drilling trajectory. The drilling operation required standard deflection tools using bent sub which compensates drilling BUR (Buildup Rate) around 0-3 degrees/100 ft. Four BUR test variations were used in this study: 1.5°/100 feet, 2°/100 feet, 2.5°/100 feet, and 3°/100 feet. The maximum inclination angles α_{max} obtained with a target as deep as 9000 feet and a horizontal deviation of 3500 feet were 30.42, 29.240, 28.620, and 28.230. Out of the four scenarios in this analysis, scenario 4 with a BUR of 3°/100 ft was found to be the most ideal due to its shortest length of curve in the buildup portion, after taking into account economic aspects and the drilling time necessary. However, along with the choice of a high inclination angle in a directional well, it can potentially cause technical issues such as high drag force, dogleg severity, cutting buildup, etc.

Keyword: Directional Drilling, Buildup Rate, Maximum Inclination Angles

Abstrak

Sumur "X" terletak di salah satu lapangan Papua Barat direncanakan akan dibor secara berarah karena faktor geologi bawah permukaan yang tidak memungkinkan dilakukannya pemboran secara vertikal. Operasi pemboran ini menggunakan peralatan pemboran berarah standar menggunakan *bent sub* yang memungkinkan laju pembentukan kelengkungan sebesar 0-3°/100 ft. Pada studi ini dilakukan 4 variasi pengujian BUR (Buildup Rate) yaitu: 1.5°/100 ft, 2°/100 ft, 2.5°/100 ft dan 3°/100 ft. Dengan target sedalam 9000 ft dan deviasi *horizontal* sebesar 3500 ft, sudut inklinasi maksimum α_{max} yang diperoleh sebesar: 30.42, 29.240, 28.620 dan 28.230. Dengan mempertimbangkan variabel ekonomi dan lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan pengeboran, diperoleh skenario 4 dengan BUR 3°/100 ft adalah yang paling optimum dengan panjang kelengkungan pada *buildup section* terpendek diantara 4 skenario pada studi ini. Namun seiring dengan pemilihan sudut inklinasi yang tinggi pada sumur berarah dapat berpotensi memberikan isu-isu teknis seperti tingginya *drag force*, *dogleg severity*, penumpukan *cutting* dan lain-lain.

Kata kunci: Pemboran berarah, Laju *Buildup*, Sudut inklinasi maksimum

PENDAHULUAN

Secara historis pengeboran minyak dan gas bumi dilakukan secara vertikal ke sasaran. Namun ketika posisi target *reservoir* semakin sulit dijangkau karena kondisi geografi atau geologi bawah permukaan atau pemboran awal yang menyimpang maka dikembangkanlah teknik pengeboran baru dengan membelokkan arah pemboran sesuai dengan target yang dituju. Pembuatan lintasan sumur yang menyimpang harus direncanakan dan dilaksanakan dengan cermat untuk mencapai lintasan yang paling efisien dan memastikan bahwa sumur dibor dengan biaya sehemat mungkin. Sejak saat itu banyak metode dan alat baru telah dikembangkan untuk memastikan jalur yang benar menuju target.

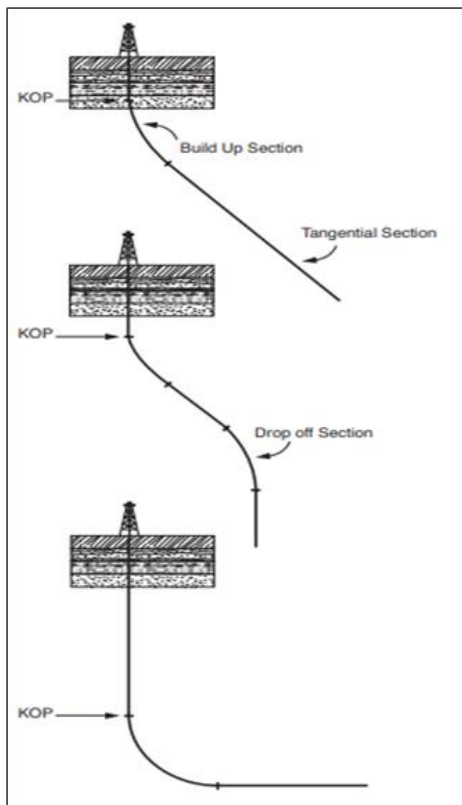
Secara umum semua pemboran berarah memiliki *buildup* dan *tangential section*. Dimana

buildup section dimulai ketika pemboran melewati KOP (kick of point) atau titik dimana pembelokan terjadi dan secara berangsur-angsur membentuk kemiringan tergantung dari seberapa besar sudut kelengkungan per 100 ft digunakan. Selanjutnya, *tangential section* merupakan lintasan lurus dengan mempertahankan sudut kemiringan yang tercapai agar arah pemboran dapat tepat mencapai sasaran. Selain itu pada beberapa kasus dikehendaki adanya *dropoff section*, sama dengan *buildup* namun dalam arah yang sebaliknya. Pada dasarnya, ada tiga jenis pola sumur berarah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

1. *Build and Hold*

Pola build and hold merupakan pola sumur berarah yang paling banyak digunakan karena

kesederhanaannya pada penerapan lapangan. Seperti pada metode pemboran berarah lainnya, *build and hold* memulai sudut penyimpangan setelah melewati KOP, berlanjut hingga mencapai sudut singgung. Setelah sudut singgung yang diinginkan tercapai maka pengeboran dilanjutkan hingga mencapai sasaran dengan mempertahankan arah lintasan tetap lurus. Sudut singgung yang umum digunakan adalah antara 10 hingga 60 derajat karena ketika pemboran *tangential section* dilakukan diluar kemiringan 10-60⁰ pada prakteknya sulit untuk mempertahankan lintasan sumur tetap lurus.



Gambar 1. Jenis-jenis lintasan Sumur Berarah

2. *S-Shaped*

Lintasan berbentuk S merupakan lintasan yang lebih kompleks dibandingkan *build and hold* karena memiliki 2 KOP dengan tambahan *drop off section*. Penggunaan pola lintasan berbentuk S dimungkinkan dalam beberapa kasus seperti: perubahan lintasan karena menghindari peralatan pemboran yang putus dan tidak dapat ditarik ke permukaan (*fishing job failure*). Selain itu adanya halangan-halangan geologis bawah permukaan yang mengharuskan *manuver* pemboran sedemikian rupa.

3. *Deep Kick-off yang dalam*

Pola *Deep kick-off* sering digunakan dalam pengeboran sumur *horizontal* untuk mencapai aliran produksi setinggi mungkin. Produktivitas indeks pada sumur *horizontal* umumnya jauh lebih tinggi dari sumur vertikal karena area pengurusan (*drainage area*) yang lebih luas. Selain itu, pada beberapa kasus *reservoir* terletak di bawah hambatan seperti *salt*

dome yang mengharuskan lintasan sumur *horizontal* agar terhindar dari kontak langsung terhadap lapisan garam. Pemboran pada lapisan garam umumnya dihindari karena masalah yang timbul seperti *severe loss circulation* yang berakibat pada terjadinya *blow out*. Jenis pola ini adalah yang paling menantang secara teknis karena area *build up section* yang cukup panjang. Ditambah lagi, *deep kick-off* menuntut letak KOP yang lebih dalam dibandingkan dari pola pemboran berarah lainnya. Dimana batuan formasi yang dalam umumnya lebih padat sehingga menambah tantangan teknis tersendiri.

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah untuk menentukan BUR (*build up rate*) yang ideal dari beberapa diversifikasi BUR dengan membandingkan panjang lintasan dan banyaknya stasiun pengukuran yang terbentuk. BUR adalah tetapan besaran sudut yang digunakan untuk setiap penambahan 100 ft pada panjang lintasan pemboran. Nilai BUR yang ditentukan selanjutnya akan menjadi dasar dalam penyesuaian pengaturan peralatan atau *bent-sub adjustment*. *Bent Sub* adalah peralatan pengubah lintasan pemboran yang umum digunakan saat ini.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode asosiatif karena bertujuan untuk mengetahui hubungan pengaruh variasi variabel BUR terhadap perencanaan lintasan pemboran berarah. Data dalam penelitian ini diperoleh dari data primer berupa data perencanaan sumur pemboran pada salah satu perusahaan Migas di Papua Barat, Indonesia.

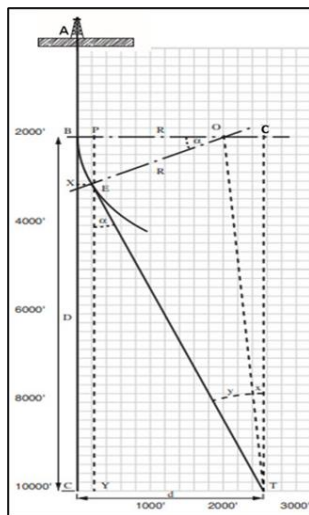


Gambar 2. Flow Chart

Flow chart pada gambar 2. memperlihatkan penelitian ini diawali dengan dilakukannya pengumpulan data. Data-data tersebut berupa data kedalaman, besarnya jarak *horizontal* target, dan titik KOP yang telah ditentukan oleh *geologist*. Selanjutnya prosedur kerja yang dilakukan pada studi ini berupa: penentuan besaran BUR dan radius yang

akan digunakan sebagai pembuatan busur atau lintasan sumur saat mulai melengkung/berarah hingga akhir kelengkungan. Selanjutnya setelah diketahui besaran α^{max} atau besaran sudut maksimum yang terbentuk maka proses perencanaan *tangential section* atau lintasan ke target dapat dilakukan. Pada studi ini akan dilakukan diversifikasi atau variasi BUR yang hasil perhitungannya akan dibandingkan berdasarkan parameter-parameter yang berpengaruh dalam pemboran berarah.

Gambar 3 memperlihatkan ilustrasi penentuan lintasan sumur berarah dengan titik A merupakan lokasi *rig* yang berada di atas permukaan. Titik B adalah KOP, sedangkan titik T adalah target. Titik O adalah titik imajinasi berfungsi sebagai titik bantu untuk menentukan titik tengah dari busur sumur yang terbentuk, titik imajinasi C adalah jarak *horizontal* target sejajar terhadap KOP dan α^{max} adalah besaran sudut maksimal yang jika dibentuk garis lurus akan mengarah ke target.



Gambar 3. Lintasan sumur $R < BC$

Persamaan 1 di bawah ini menjelaskan hubungan profil *buildup section* yang terbentuk terhadap satu lingkaran penuh. Lingkaran pada prakteknya digunakan untuk merepresentasikan busur pada *buildup section*. Dimana peralatan pengubah arah pemboran biasa dikenal sebagai *deflection tools* mampu mengarahkan arah pemboran $0-3^\circ/100$ ft secara konstan sehingga mampu membuat lintasan melingkar. Oleh karena itu, setiap penambahan 100 ft panjang sumur berarti bertambah juga derajat kemiringan sumur sebesar derajat BUR yang digunakan pada *deflection tools*.

$$\frac{BUR}{360^\circ} = \frac{100}{2\pi R} \tag{1}$$

Untuk mencari besaran sudut dan panjang lintasan atau garis bantu dapat menggunakan pendekatan trigonometri atau *phythagoras*. Selanjutnya untuk mencari besaran sudut x° dapat menggunakan persamaan 2. Jika radius busur atau jari-jari (R) lebih besar dari BC maka sudut x yang terbentuk akan negatif namun persamaan ini tetap

valid. Setelah diketahui besaran radius busur, OT dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3 seperti dibawah ini:

$$x^\circ = \arctan\left(\frac{OC}{TC}\right) \tag{2}$$

$$OT = \frac{OC}{\sin^\circ x} \text{ atau } = \sqrt{TC^2 + OC^2} \tag{3}$$

Selanjutnya

$$y^\circ = \arcsin\left(\frac{R}{OT}\right) \tag{4}$$

Nilai α^{max} dapat diperoleh dengan menjumlahkan y° dan x° . Namun jika $R > BC$, besaran nilai $\alpha^{max} = y^\circ$. Berikutnya setelah pemboran melewati KOP, setiap 100 ft harus dilakukan perhitungan lintasan agar diperoleh *design* yang akurat dan dapat dijadikan dasar awal perencanaan *directional surveying* saat pemboran pada skala lapangan dilakukan. *Surveying* dilakukan untuk memastikan derajat, baik *azimuth* dan *inclination*, pada sensor yang terdapat dalam BHA (*bottom hole assemblies*) sesuai dengan lintasan yang telah direncanakan.

Perhitungan lintasan dibagi menjadi 2:

1. Penentuan titik sumbu x yang merupakan besaran nilai *horizontal deviation*;

Dimana:

$$x_n = x_{n-1} + \sin(a^\circ_n) \times 100 \text{ ft} \tag{5}$$

2. Penentuan titik sumbu y yang merupakan besaran nilai *true vertical depth* (TVD).

Dimana:

$$y_n = y_{n-1} + \cos(a^\circ_n) \times 100 \text{ ft} \tag{6}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data

Berikut Tabel 1 berisi data lokasi target dan sumur "X" serta besaran BUR yang akan di diversifikasikan.

Tabel 1. Data Sumur "X"

<i>Vertical depth</i> target (TVD)	Y_T	9000 ft
Jarak <i>horizontal</i> target	X_T	3500 ft
<i>Kick of point</i>	KOP	2000 ft
<i>Build up rate</i>	BUR	$1 = 1.5^\circ / 100$ ft
		$2 = 2^\circ / 100$ ft
		$3 = 2.5^\circ / 100$ ft
		$4 = 3^\circ / 100$ ft
<i>Starting point</i> (x, y)		0

BUR pada perhitungan kali ini di diversifikasikan menjadi 4 skenario, dimana 4 skenario ini masih dalam batasan aman. 4 skenario yang dimaksud adalah skenario 1 menggunakan BUR: $1.5^\circ / 100$ ft, skenario 2 menggunakan BUR: $2^\circ / 100$ ft, skenario 3 menggunakan BUR: $2.5^\circ / 100$ ft dan skenario 4 menggunakan BUR: $3^\circ / 100$ ft. Batasan aman BUR adalah tidak lebih dari $3^\circ / 100$ ft. Pada

pemboran konvensional penggunaan BUR lebih dari 3° /100 ft umumnya dihindari mengingat *dogleg severity*.

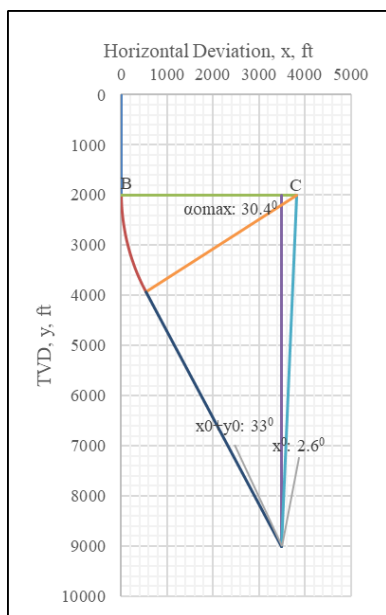
Dogleg yang melebihi batasan (*severe dogleg*) sangat dihindari karena akan menambah *stress* pada *drillstring* yang berlebihan sebagai akibat dari *tension* yang tercipta dari kelengkungan lintasan. Selain itu, ketika dilakukan *trip in/out*, *drillstring* mengalami friksi berlebihan terhadap dinding sumur sehingga berpotensi terjadinya *stuck* atau pipa terjepit. Hal-hal seperti ini berpotensi merusak *drillstring* hingga terputus dan meninggalkan peralatan yang mahal di dasar sumur. Jika perangkat yang tertinggal tidak mampu terangkat pada saat *fishing job* dilakukan, maka perlu pembuatan lintasan baru paralel terhadap lintasan sebelumnya. Namun kini penggunaan perangkat terbaru yang canggih seperti *Steerable System* memungkinkan batasan *dogleg severity* hingga 5°/100 ft.

Perhitungan Radius (R) & Sudut Kemiringan Maksimum (α^{0max})

Menghitung radius menggunakan persamaan 1 diperoleh variasi radius dan kemiringan sudut maksimal seperti yang tertulis pada tabel 2. Pada hasil perhitungan diketahui bahwa dari keempat skenario yang terdapat $R > BC$ hanya terdapat pada skenario 1. Sehingga penentuan sudut α^{0max} pada skenario 1 berbeda dengan 3 skenario lainnya.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Radius dan α^{0max}

	Skenario			
	1	2	3	4
Radius (ft)	3821,66	2866,24	2292,99	1910,83
α^{0max}	30,42°	29,24°	28,62°	28,23°

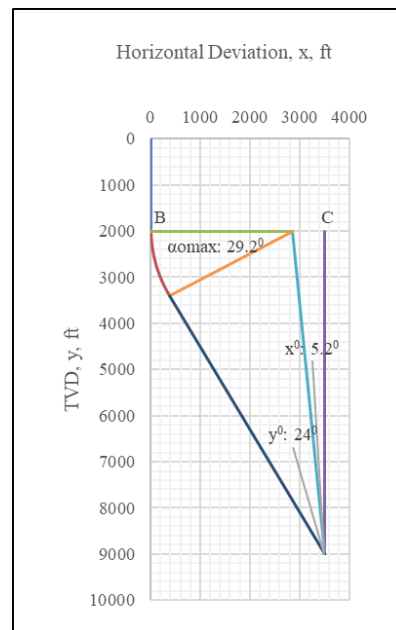


Gambar 4. Sketsa lintasan sumur menggunakan skenario 1, BUR:1.5°/100 ft

Pada skenario 1 diperoleh R:3821.66 ft dimana R lebih panjang dari jarak *horizontal* target (BC) yaitu 3500 ft. Sehingga diperoleh penentuan $\alpha^{0max} = (x^0 + y^0) - x^0$. Untuk lebih jelasnya dapat

dilihat pada gambar 4. Memanfaatkan sifat geometri bidang datar, dapat diketahui bahwa sudut $y^0 = \alpha^{0max}$. Diperoleh α^{0max} sebesar 30.42°, merupakan sudut singgung terbesar dari keempat skenario.

Hal berbeda ditunjukkan pada skenario 2,3 dan 4 dimana $R < BC$, dapat dilihat pada gambar 5. Sudut α^{0max} diperoleh berdasarkan penjumlahan sudut $x^0 + y^0$. Seperti yang dapat diketahui dari gambar 5 panjang BC lebih besar dari R, sehingga didapatkan nilai α^{0max} adalah 29.24°. Penggunaan perhitungan sudut α^{0max} seperti ini berlanjut pada skenario 3 dan 4.



Gambar 5. Lintasan sumur menggunakan skenario 2, BUR:2°/100 ft

Perhitungan Lintasan Build Up

Perhitungan lintasan buildup dimulai dengan menghitung lintasan saat pemboran melewati KOP hingga *end of buildup* menggunakan persamaan 5 dan 6. Untuk mendapatkan lintasan yang akurat perhitungan ini dilakukan pada setiap penambahan rangkaian sepanjang 100 ft untuk. Selain itu hasil studi per 100 ft ini juga dapat dijadikan dasar pada saat *surveying* dilakukan.

Tabel 3. Lintasan Build Up Skenario 1

MD	α	Disp, X (ft)	TVD, Y (ft)
2000	0°	0.0	2000.0
2100	1.5°	2.6	2100.0
2200	3°	7.9	2199.8
2300	4.5°	15.7	2299.5
2400	6°	26.2	2399.0
2500	7.5°	39.2	2498.1
2600	9°	54.8	2596.9
2700	10.5°	73.1	2695.2
2800	12°	93.9	2793.0
2900	13.5°	117.2	2890.3
3000	15°	143.1	2986.9
3100	16.5°	171.5	3082.7

MD	α	Disp, X (ft)	TVD, Y (ft)
3200	18°	202.4	3177.8
3300	19.5°	235.8	3272.1
3400	21°	271.6	3365.5
3500	22.5°	309.9	3457.9
3600	24°	350.5	3549.2
3700	25.5°	393.6	3639.5
3800	27°	439.0	3728.6
3900	28.5°	486.7	3816.4
4000	30°	536.7	3903.1
4028	30.42°	550.9	3927.2

Seperti yang dapat dilihat pada tabel 3, skenario 1 merupakan skenario dengan panjang lintasan *buildup* yang paling panjang. Terdapat 21 stasiun pengukuran yang kemudian membentuk sudut singgung sebesar 30,42°. Nilai sudut singgung sebesar ini tentu masih dalam tahapan aman karena tidak kurang dari 10° dan tidak lebih dari 60°.

Tabel 4. Lintasan *Build Up* Skenario 2

MD	α	Disp, X (ft)	TVD, Y (ft)
2000	0°	0.0	2000.0
2100	2°	3.5	2099.9
2200	4°	10.5	2199.7
2300	6°	20.9	2299.1
2400	8°	34.8	2398.2
2500	10°	52.2	2496.7
2600	12°	73.0	2594.5
2700	14°	97.2	2691.5
2800	16°	124.7	2787.6
2900	18°	155.6	2882.7
3000	20°	189.9	2976.7
3100	22°	227.3	3069.4
3200	24°	268.0	3160.8
3300	26°	311.8	3250.7
3400	28°	358.8	3338.9
3462	29.24°	389.0	3393.0

Hasil perhitungan skenario 2 yang dapat dilihat pada tabel 4 menunjukkan penurunan jumlah stasiun pengukuran yang cukup signifikan yaitu sebanyak 15 titik. Panjang lintasan *buildup* yang akan terbentuk menggunakan skenario ini adalah 1462 ft. Sudut maksimal yang terbentuk α^{max} : 29.24°, masih tergolong aman.

Tabel 5. Lintasan *Build Up* Skenario 3

MD	α	Disp, X (ft)	TVD, Y (ft)
2000	0°	0	2000
2100	2.5°	4.4	2099.9
2200	5°	13.1	2199.5
2300	7.5°	26.1	2298.7
2400	10°	43.5	2397.1
2500	12.5°	65.1	2494.8
2600	15°	91.0	2591.4
2700	17.5°	121.1	2686.7
2800	20°	155.3	2780.7
2900	22.5°	193.6	2873.1
3000	25°	235.8	2963.7
3100	27.5°	282.0	3052.4

MD	α	Disp, X (ft)	TVD, Y (ft)
3144.64	28.62°	303.4	3091.6

Pada tabel 6 walaupun memiliki jumlah stasiun pengukuran yang paling sedikit namun penurunan jumlah stasiun pengukuran dari skenario-skenario sebelumnya (tabel 5 dan Tabel 4) tidak terlalu signifikan. Sehingga perlu yang dicermati, menaikkan 0.5° pada BUR di atas BUR 2°/100 ft tidak mengurangi jumlah stasiun secara signifikan dan memiliki dampak penurunan jumlah stasiun secara eksponensial. Selain pada penurunan jumlah stasiun, besaran α^{max} yang terbentuk juga memiliki pola eksponensial pada keempat skenario ini.

Tabel 6. Lintasan *Build Up* Skenario 4

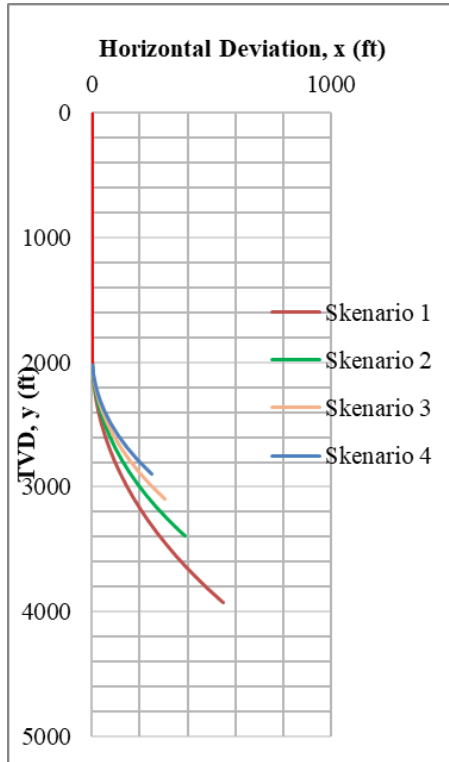
MD	α	Disp, X (ft)	TVD, Y (ft)
2000	0°	0.0	2000.0
2100	3°	5.2	2099.9
2200	6°	15.7	2199.3
2300	9°	31.3	2298.1
2400	12°	52.1	2395.9
2500	15°	78.0	2492.5
2600	18°	108.9	2587.6
2700	21°	144.7	2681.0
2800	24°	185.41	2772.31
2900	27°	230.81	2861.41
2940.97	28.23°	250.19	2897.5

Dari keempat skenario pada Tabel 3-Tabel 6 diperoleh variasi jumlah stasiun pengukuran, dimana skenario pertama terdapat 21 stasiun berangsur-angsur berkurang hingga skenario 4 yang hanya memiliki 10 stasiun pengukuran. Penggunaan BUR yang semakin besar akan memungkinkan berkurangnya jumlah stasiun *surveying* sehingga menghemat biaya. Pada prakteknya pemboran berarah pada lintasan *buildup* merupakan proses pemboran yang paling lama dan mahal sebagai akibat dari panjangnya *buildup section*.

Melakukan pemboran berarah menggunakan *deflection tools* standar seperti *bent sub* dan *mud motor* mengharuskan tidak berputarnya rangkaian dari permukaan (bagian yang berputar hanya terdapat pada ujung rakaian yaitu bit). Selain mengurangi kecepatan RPM bit (rate per minute bit), tidak memutarnya rangkaian juga mengurangi *rate of penetration* (ROP) karena torsi yang dimiliki rangkaian berkurang sebagai akibat hilangnya *rotary table*. Ditambah lagi, potensi negatif lain seperti penumpukan cutting dibagian bawah sumur memungkinkan terjadinya pipa terjepit,

Penggunaan *deflection tools* juga umumnya mengharuskan dilakukannya *round trip* yang lebih banyak daripada pemboran konvensional untuk melakukan kalibrasi alat. Hal ini tentu menambah

waktu yang dapat menambah *operational cost*. Ditambah lagi, waktu jeda ketika dilakukan *surveying* pada peralatan MWD (measuring while drilling) untuk mengumpulkan data-data dari dasar sumur. Semua faktor-faktor ini menambah tantangan teknis/non teknis pada operasi pemboran berarah jika lintasan *buildup*-nya panjang.

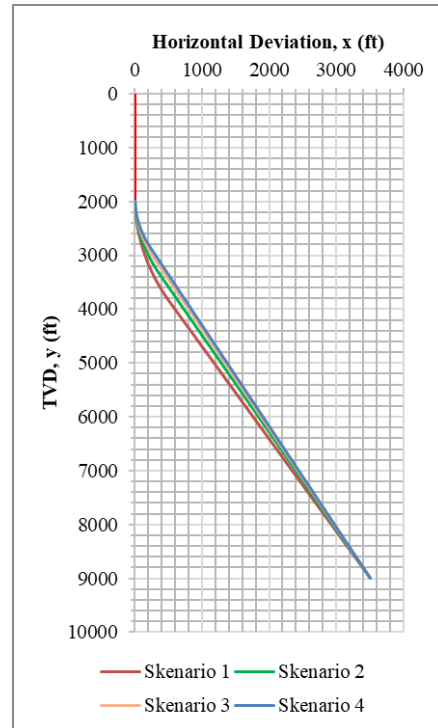


Gambar 6. Lintasan *Build Up* Sumur "X"

Pada gambar 6 terlihat perbedaan yang cukup jelas mengenai panjang lintasan *buildup section* dari masing-masing skenario. Skenario 1 memiliki lintasan terpanjang sedangkan lintasan terpendek terdapat pada skenario 4. Titik akhir *buildup section* tersebar dalam *range* ±1100 ft, dimana skenario 4 pada kedalaman 2897 ft sedangkan skenario 1 pada kedalaman 3927 ft.

Tabel 7. *Tangential Section*

	MD	α	Disp, X (ft)	TVD, Y (ft)
Skenario 1				
<i>End of Buildup</i>	4028.0	30.4°	550.9	3927.2
<i>Target</i>	9901.5	30.4°	3500	9000.0
Skenario 2				
<i>End of Buildup</i>	3462.0	29.2°	389.0	3393.0
<i>Target</i>	9879.6	29.2°	3500	9000.0
Skenario 3				
<i>End of Buildup</i>	3144.6	28.6°	303.4	3091.6
<i>Target</i>	9867.7	28.6°	3500	9000.0
Skenario 4				
<i>End of Buildup</i>	2941.0	28.2°	250.2	2897.5
<i>Target</i>	9860.1	28.2°	3500	9000.0



Gambar 7. Lintasan *Tangential Section* Sumur "X"

Pada *design* ini diperoleh BUR 3°/100 ft memungkinkan pemboran pada *buildup section* tersingkat, dapat mempercepat proses pemboran. Namun perlu dicermati pada bagian *tangential section*nya adalah yang terpanjang. *Tangential section* yang panjang memiliki masalah tersendiri karena mempertahankan lintasan dengan kemiringan konstan cukup sulit, terlebih ketika lintasan menembus formasi-formasi dengan perbedaan kekerasan batuan yang cukup ekstrim. Hal ini dapat menimbulkan resiko terjadinya deviasi dari lintasan yang telah ditentukan.

Untuk menghindari adanya masalah-masalah deviasi umumnya perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai variasi letak KOP, jenis-jenis lapisan formasi dan lain-lain, namun perlu koordinasi dan studi lebih lanjut dengan *geologist* mengenai lapisan-lapisan yang mendukung penempatan KOP dan *variable* lainnya.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa dalam studi ini dapat ditarik kesimpulan:

1. Skenario 1–4 memiliki perbedaan cukup mendasar pada panjang kelengkungan, jumlah stasiun pengukuran dan *tangential section*. Dimana skenario 4 dengan BUR 3°/100 ft merupakan skenario dengan panjang kelengkungan terpendek sehingga menawarkan penghematan anggaran karena waktu pemboran yang lebih singkat.
2. Walaupun masih dalam kategori aman menggunakan peralatan standar, skenario 4

tentu memiliki potensi masalah tersendiri yang lebih besar dari skenario lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams Neal J. (1985) *Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach*, PennWell Publishing Company, Tulsa.
- Ford John (2016). *Drilling Engineering*. Heriot-Watt University, Edinburgh.
- Louhenapessy S. Melato R., (2023), *Effectiveness of Directed Drilling Track Planning Method with Variation of Build Up Rate*, *Journal of Science, Technology, and Visual Culture*, No., 2 : Vol. 3.
- RS Rudi Rubiandini (2004) *Buku Teknik Pemboran*, ITB, Bandung.
- Samuel J. J. Azar and G. R. (2007) *Drilling Engineering*, PennWell Corporation, 2007.