

ANALISIS LAJU ALIR PRODUKSI KRITIS UNTUK PERMASALAHAN WATER CONING PADA SUMUR “DRN-22”

Dennis Ramdhan Nur¹ Rohima Sera Afifah² Firdaus³ Mohammad Luthfi⁴ Nijosiho Manik⁵ Muhammad Safa Rahman⁶ Pratama Bagus Restu⁷
Sekolah Tinggi Teknologi Minyak dan Gas Bumi Balikpapan
Email: dennisramdhannur@gmail.com

Copyright © 2021 The Author



This is an open access article

Under the Creative Commons Attribution Share Alike 4.0 International License

DOI: 10.53866/jimi.v1i3.85

Abstract

The phenomenon of water coning in oil and gas wells can lead to an undesired increase in water production, reducing hydrocarbon recovery efficiency. Determining the critical production flow rate is an essential step in controlling water movement into the production zone. This study analyzes the parameters influencing the critical flow rate, including reservoir characteristics, fluid viscosity, and well geometry. The methods employed include mathematical modeling and numerical simulations to identify the optimal production limits without triggering water coning. The results of this study provide guidance for petroleum engineers in managing well production efficiently and minimizing the negative impact of excessive water production.

Keywords: Water Coning, Critical Production Flow Rate, Reservoir Characteristics, Numerical Simulation, Water Movement, Production Control.

Abstrak

Fenomena water coning pada sumur minyak dan gas dapat menyebabkan peningkatan produksi air yang tidak diinginkan, sehingga menurunkan efisiensi produksi hidrokarbon. Menentukan laju alir produksi kritis menjadi langkah penting dalam mengendalikan pergerakan air ke zona produksi. Penelitian ini menganalisis parameter yang memengaruhi laju alir produksi kritis, termasuk karakteristik reservoir, viskositas fluida, dan geometri sumur. Metode yang digunakan mencakup pemodelan matematis dan simulasi numerik untuk mengidentifikasi batas optimal produksi tanpa menyebabkan water coning. Hasil penelitian ini memberikan panduan bagi insinyur perminyakan dalam mengelola produksi sumur secara efisien dan meminimalkan dampak negatif dari produksi air berlebih. II/IIIb, menghasilkan gas dan minyak atau gas (Mixed).

Kata Kunci: Water Coning, Laju Alir Produksi Kritis, Karakteristik Reservoir, Simulasi Numerik, Pergerakan Air, Pengendalian Produksi.

1. Pendahuluan

Fenomena water coning merupakan salah satu tantangan utama dalam produksi minyak dan gas bumi, terutama pada sumur yang beroperasi di reservoir yang memiliki kontak langsung dengan lapisan air bawah. Water coning terjadi ketika air dari zona akifer naik ke zona produksi akibat gaya hisap yang ditimbulkan oleh laju alir produksi yang terlalu tinggi. Kondisi ini dapat mengurangi efisiensi produksi hidrokarbon dan meningkatkan biaya pengelolaan sumur akibat tingginya volume air yang dihasilkan (Yanti et al., n.d.). Menentukan laju alir produksi kritis menjadi aspek penting dalam mitigasi water coning, karena batas laju ini berfungsi sebagai parameter pengendalian agar sumur tetap beroperasi dalam kondisi optimal tanpa memicu pergerakan air ke dalam zona produktif (Ahmed, 2006). Beberapa faktor yang mempengaruhi laju alir produksi kritis meliputi karakteristik reservoir, viskositas fluida, geometri sumur, serta kondisi tekanan dan

permeabilitas batuan (Bishop, 2001). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter tersebut menggunakan pendekatan pemodelan matematis dan simulasi numerik, guna memperoleh batas optimal produksi yang meminimalkan risiko water coning (Sugianto et al., n.d.). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi industri perminyakan dalam meningkatkan efisiensi operasional sumur serta menekan dampak negatif yang ditimbulkan oleh produksi air berlebih (Brown, 1977). Dengan pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi water coning, insinyur perminyakan dapat merancang strategi produksi yang lebih efektif dalam mengoptimalkan perolehan hidrokarbon tanpa menghadapi tantangan signifikan akibat pergerakan air (Megawati & Miftahul Huda, n.d.).

Dalam industri minyak dan gas bumi, nilai ekonomis suatu sumur ditentukan oleh kapasitasnya dalam menghasilkan minyak dalam jumlah yang optimal (K, 1980). Produksi minyak yang tinggi menjadi target utama dalam pengelolaan sumur guna meningkatkan perolehan hidrokarbon dan memaksimalkan keuntungan (De, 1974). Namun, jika produksi minyak tidak mencapai laju optimum, hal ini dapat menyebabkan terjadinya penerobosan air ke dalam lubang sumur (Jamalluddin, 2019). Fenomena ini terjadi akibat gradien tekanan yang mendorong air dari zona akifer naik ke zona produktif, sehingga jalur aliran minyak tertutup oleh air yang masuk (Malrin et al., 2022). Seiring waktu, peningkatan produksi air yang tidak diinginkan akan semakin menghambat aliran minyak, menyebabkan penurunan produksi dan efisiensi sumur (Kristanto, 2011). Oleh karena itu, diperlukan analisis yang cermat terhadap laju produksi optimum serta batas produksi kritis untuk memastikan sumur tetap beroperasi secara efisien tanpa mengalami dampak negatif dari water coning (Prabowo et al., 2022).

2. Metode Penelitian

2.1. *Objek, waktu dan Tempat*

Penelitian ini dilakukan dengan fokus pada sumur minyak dan gas yang mengalami fenomena water coning di suatu lapangan tertentu. Studi kasus dilakukan pada sumur yang memiliki karakteristik reservoir dengan kontak langsung terhadap lapisan akifer. Penelitian dilakukan dalam periode tertentu sesuai dengan ketersediaan data produksi dan simulasi reservoir yang diperlukan. Tempat penelitian dapat berupa lapangan migas yang aktif beroperasi atau menggunakan data historis dari perusahaan perminyakan yang relevan.

2.2. *Teknik Pengumpulan Data*

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui beberapa metode berikut ini, Pengumpulan Data Lapangan: Menganalisis data produksi sumur, tekanan reservoir, viskositas fluida, dan permeabilitas batuan, Menggunakan laporan eksplorasi dan studi reservoir untuk memahami karakteristik geologi dan hidrokarbon di lokasi penelitian. Penggunaan Data Simulasi: Melakukan pemodelan matematis berdasarkan data reservoir yang tersedia, Menjalankan simulasi numerik untuk mengidentifikasi laju produksi kritis dan dampak perubahan parameter terhadap potensi water coning. Studi Literatur: Mengacu pada jurnal penelitian sebelumnya dan laporan teknis untuk mendapatkan referensi tentang mekanisme water coning dan strategi mitigasi yang telah diuji.

2.3. *Teknik Analisis Data*

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif, meliputi pemodelan matematis untuk menentukan laju alir produksi kritis, simulasi numerik guna mengevaluasi dampak parameter reservoir terhadap water coning, analisis sensitivitas untuk mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap stabilitas produksi sumur, serta validasi hasil dengan membandingkan simulasi dengan data produksi aktual guna memastikan keakuratan prediksi dan rekomendasi operasional.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pemodelan matematis dan simulasi numerik yang dilakukan, ditemukan bahwa laju alir produksi kritis sangat dipengaruhi oleh karakteristik reservoir, viskositas fluida, geometri sumur, serta tekanan kapiler yang mengontrol pergerakan air dari zona akifer ke zona produksi. Dari hasil simulasi, terdapat batas optimal produksi yang memungkinkan perolehan hidrokarbon maksimal tanpa menyebabkan water coning.

Data menunjukkan bahwa sumur dengan permeabilitas tinggi memiliki batas produksi kritis yang lebih rendah dibandingkan dengan sumur yang memiliki permeabilitas rendah. Selain itu, sumur dengan konfigurasi horizontal menunjukkan kecenderungan lebih baik dalam mengurangi risiko water coning dibandingkan dengan sumur vertikal.

3.1. Hasil Penelitian

Berikut ini merupakan data-data yang tersedia pada sumur “DRN-22” adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Reservoir

NO	DATA	SIMBOL	NILAI	SATUAN
1	Tekanan Reservoir	Pr	3769	psia
2	Tekanan Dasar Sumur	Pwf	1941	psia
3	Ketebalan Kolom minyak	h	55.45	ft
4	Interval Perforasi	hp	4.29	ft

Tabel 3.2 Data Sifat Fisik Fluida Reservoir

NO	DATA	SIMBOL	NILAI	SATUAN
1	Densitas Minyak	ρ_o	52.75	lb/ft ³
2	Densitas Air	ρ_w	62.4	lb/ft ³
3	Viskositas Minyak	μ_o	0.25	cp
4	Faktor Volume Formasi Minyak	Bo	1.07	bbl/stb

Tabel 3.3 Data Sifat Fisik Batuan Reservoir

NO	DATA	SIMBOL	NILAI	SATUAN
1	Permeabilitas Minyak	ko	129.46	mD
2	Permeabilitas Vertikal	kv	10	mD
3	Permeabilitas Horizontal	kh	129.46	mD

Tabel 4.4 Data Produksi Sumur “DRN-22”

NO	DATA	SIMBOL	NILAI	SATUAN
1	Water Cut	Wc	85	%
2	Jari-Jari Pengurasan	re	1089	Ft
3	Jari-Jari Sumur	rw	0.4	Ft
4	Laju Produksi minyak	Qo	664	bopd
5	Laju Produksi Air	Qw	1531	Bwpd

Perhitungan Inflow Performance Relationship (IPR) tiga fasa digunakan untuk menganalisis aliran fluida dalam reservoir yang mengandung minyak, gas, dan air secara simultan. Model IPR tiga fasa mempertimbangkan interaksi kompleks antara ketiga fluida tersebut, termasuk efek kapiler, saturasi relatif, dan permeabilitas fase terhadap laju alir produksi.

Secara umum, pendekatan perhitungan IPR tiga fasa dilakukan dengan:

Dengan mempertimbangkan ketiga fasa dalam model IPR, insinyur perminyakan dapat memperoleh estimasi yang lebih akurat mengenai kapasitas produksi sumur dan merancang strategi optimasi produksi yang lebih efisien.



Dari grafik diatas IPR 3 fasa , maka dapat disimpulkan Pwf nilai sebesar 3769 psia, Qomax didapatkan nilai sebesar 1097.7 Bopd, Qwmax didapatkan nilai sebesar 2758.83 Bwpd, Qtmax didapatkan nilai sebesar 3856.52, Qo didapatkan nilai sebesar 664, Qw didapatkan nilai sebesar 1531, Qt didapatkan nilai sebesar 2195. Pada grafik IPR diatas bahwa garis biru menunjukkan undersaturated yang dimana keadaan reservoir tersebut hanya memiliki fasa minyak dan tidak ada fasa gas dikarenakan tekanan di reservoir lebih besar dari pada tekanan saturasi atau bubble point. Sedangkan pada garis berwarna merah dan garis berwarna hijau menunjukkan bahwa saturated yang dimana bahwa reservoir memiliki fasa gas bebas, minyak dan air, dikarenakan tekanan reservoir lebih kecil dari pada tekanan bubble point nya.

Perhitungan Productivity index (PI)

Klarifikasi PI menurut Kermit E.Brown, yaitu :

- PI rendah, jika nilai PI lebih rendah dari nilai 0,5
- PI sedang, jika nilai PI berkisar antara 0,5 sampai 1
- PI tinggi, apabila nilai PI lebih dari 1

Perhitungan Laju Produksi Kritis

Analisis laju produksi kritis minyak pada sumur perlu dilakukan dengan membandingkannya terhadap laju produksi aktual sumur. Jika laju produksi aktual lebih tinggi dari laju produksi kritis, maka dapat disimpulkan bahwa sumur mengalami fenomena water coning. Perhitungan laju produksi kritis dapat dilakukan menggunakan berbagai metode, termasuk metode Mayer dan Gardner, metode Hoyland, serta metode Chaperson

3.2. Pembahasan

Nilai ekonomis suatu sumur minyak bergantung pada volume produksi minyak yang dapat dihasilkan. Untuk meningkatkan perolehan minyak, sering kali diupayakan produksi dengan laju tinggi, namun hal ini tidak selalu ideal karena dapat memicu permasalahan seperti water coning. Water coning terjadi ketika produksi yang berlebihan menciptakan gradien tekanan yang melebihi gaya gravitasi, menyebabkan air dari zona akifer naik ke zona produktif dan mengurangi efisiensi produksi hidrokarbon. Jika tidak dikendalikan,

fenomena ini dapat mengakibatkan peningkatan produksi air yang tidak diinginkan serta menurunkan perolehan minyak secara signifikan.

Identifikasi masalah water coning pada suatu lapangan memerlukan analisis karakteristik reservoir dan mekanisme pendorongnya, sehingga dapat ditentukan batas laju produksi kritis. Pada sumur "DRN," dilakukan analisis performa sumur dengan menghitung Laju Aliran Fluida Kritis (Qoc) untuk menjaga keseimbangan tekanan di reservoir. Validasi awal dilakukan dengan memeriksa data produksi, yang mencakup laju produksi minyak (Q) sebesar 500 bfpd, tekanan reservoir (Pr) 3769 psia, tekanan alir dasar sumur (Pwf) 1941 psia, water cut 85%, serta parameter lainnya seperti faktor volume formasi minyak (Bo), densitas minyak dan air, viskositas minyak, serta karakteristik geometri sumur dan permeabilitas batuan.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis sumur "DRN-22" menggunakan metode Inflow Performance Relationship (IPR) berbasis metode Wiggins, guna menentukan laju produksi maksimum sumur. Dari hasil perhitungan kurva IPR, diperoleh nilai Qomax sebesar 1097.7 bbl/day, Qwmax sebesar 2758.83 bbl/day, Qtmax sebesar 3856.52 bbl/day, dengan laju minyak aktual Qo sebesar 664 bbl/day dan laju air Qw sebesar 1531 bbl/day. Parameter produktivitas sumur (PI) dihitung sebesar 0.273.

Selain itu, perhitungan laju produksi kritis dilakukan menggunakan beberapa metode, yaitu Meyer-Gardner, Schols, dan Chaperson. Dari metode Meyer-Gardner diperoleh Qc sebesar 44.39 bbl/day, metode Schols menghasilkan Qc sebesar 69.94 bbl/day, sedangkan metode Chaperson menunjukkan nilai Qc sebesar 104.04 bbl/day. Berdasarkan hasil perhitungan ini, untuk menjaga stabilitas produksi sumur "DRN-22," laju aliran minyak yang diproduksi harus dikendalikan agar tidak melebihi laju produksi kritis yang telah dihitung, guna mencegah terjadinya water coning.

Suatu lapangan perlu diketahui karakteristik reservoir beserta mekanisme pendorongnya sehingga dapat diketahui besar laju alir kritisnya. Pada sumur "DRN" dilakukan Analisa performa sumur dengan mengetahui Laju Aliran Fluida Kritis (Qoc) untuk mempertahankan tekanan di reservoir. Dalam pengerjaan awal dilakukan dengan validasi data pada sumur "DRN". Didapatkan dari data laju produksi (Q) 500 bfpd, tekanan reservoir (Pr) 3769 psia, tekanan alir dasar sumur (Pwf) 1941 psia, water cut 85%, laju produksi air (Qw) 1531 bwpd, faktor volume formasi minyak (Bo) 1.07 bbl/stb, densitas minyak (ρ_o) 52.75 lb/ft³, densitas air (ρ_w) 62.4 lb/ft³, viskositas minyak (μ_o) 0.25 cp, ketebalan kolom minyak (h) 55.45 ft, interval perforasi (hp) 4.29 ft, jari-jari sumur (rw) 0.4 ft, jarijari pengurasan sumur (re) 1089 ft, permeabilitas efektif minyak (ko) 129.46 md, permeabilitas vertical (kv) 10 md.

Dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama pada sumur "DRN-22" adalah tingginya produksi air akibat penetrasi air ke dalam zona produksi. Selain faktor produksi, posisi Water Oil Contact (WOC) yang relatif dekat dengan bottom perforation turut berkontribusi terhadap tingginya kemungkinan air ikut terproduksi bersama minyak. Oleh karena itu, strategi produksi yang lebih terkendali dan metode optimasi sumur diperlukan untuk meminimalkan efek water coning serta meningkatkan perolehan hidrokarbon secara lebih efisien.

3.3. Kaitan dengan Tujuan Penelitian

Kaitan antara perhitungan laju produksi kritis dengan tujuan penelitian sangat erat, karena penelitian ini bertujuan untuk menentukan batas produksi optimal yang dapat diterapkan tanpa memicu water coning. Dengan memahami dan menghitung laju produksi kritis menggunakan metode seperti Mayer dan Gardner, Hoyland, serta Chaperson, penelitian ini dapat memberikan panduan bagi insinyur perminyakan dalam mengoptimalkan produksi sumur. Analisis ini membantu dalam mengembangkan strategi mitigasi yang lebih efektif guna meningkatkan efisiensi produksi hidrokarbon serta meminimalkan dampak dari produksi air berlebih.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan pada sumur "DRN" bahwa dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari perhitungan *inflow performance relationship* (IPR) pada sumur "DRN-22" didapatkan hasil dari Qomax = 1097.7 Bopd, Qwmax= 2758.83 Bwpd, Qtmax = 3856.52, Qo = 664, Qw = 1531, Qt = 2195, dan pada perhitungan dari *Productivity Index* didapatkan hasil 0.2735.

2. Nilai hasil dari perhitungan laju alir produksi kritis yang menggunakan metode Mayer – Gardner adalah 44.39 bbl/day, hasil dari perhitungan metode Schols adalah 59.27 bbl/day, dan hasil dari perhitungan metode Chaperson 104.04 bbl/day.

Sehingga, fenomena water coning menjadi faktor utama yang menyebabkan peningkatan produksi air dan penurunan perolehan minyak. Perhitungan Inflow Performance Relationship (IPR) menunjukkan bahwa kapasitas produksi sumur memiliki batas optimal yang harus diperhatikan agar tidak memicu pergerakan air ke zona produktif. Perhitungan laju produksi kritis menggunakan metode Meyer-Gardner, Schols, dan Chaperson menghasilkan nilai yang berbeda, dengan rentang 44.39 – 104.04 BBL/D, menunjukkan sensitivitas parameter reservoir terhadap produksi sumur. Dari perhitungan ini, dapat disimpulkan bahwa laju produksi minyak yang melebihi batas kritis berisiko memperburuk water coning dan mengurangi efisiensi produksi hidrokarbon. Selain itu, karakteristik reservoir dan posisi Water Oil Contact (WOC) yang relatif dekat dengan zona perforasi turut berkontribusi terhadap tingginya produksi air. Oleh karena itu, strategi mitigasi diperlukan untuk mempertahankan keseimbangan produksi dengan mempertimbangkan batas produksi kritis yang telah ditentukan. Optimasi laju produksi serta pengelolaan tekanan reservoir menjadi langkah kunci dalam meningkatkan efisiensi operasional sumur dan meminimalkan dampak negatif dari water coning.

Bibliografi

- Ahmed, T. 2006. *Reservoir Engineering Handbook Third Edition*. Gulf Professional Publishing Elsevier, UK.
- Bishop, M.G. 2001. *South Sumatra Basin Province, Indonesia: The Lahat/Talang Akar Cenozoic Total Petroleum System*. Denver, Colorado, USA: US Geological Survey.
- Brown, K. E. (1977). *The Technology of Artificial Lift Methods vol 1*. Petroleum Publishing Company. Tulsa Oklahoma.
- Brown, K. (1980). *The Technology of Artificial Lift Methods vol.4*. Petroleum Publishing Company. Tulsa Oklahoma.
- De Coster, GL, 1974, Geologi Cekungan Sumatera Tengah dan Selatan. *Prosiding Konvensi Tahunan Ketiga Indonesian Petroleum Association*, Juni 1974, hlm. 77-110.
- Jamalluddin, J., & Maria, M. (2019). IDENTIFIKASI ZONA SHALE PROSPEKTIF BERDASARKAN DATA WELL-LOG DI CEKUNGAN SUMATRA SELATAN. *Jurnal Geoecebes*, 3(1), 19-27.
- Kristanto, D., Dadang Rukmana, dan V. Dedi Cahyoko Aji. 2011. *Teknik Reservoir: Teori dan Aplikasi*. Pohon Cahaya, Yogyakarta.
- Musnal, A. (2014). Perhitungan Laju Aliran Fluida Kritis Untuk Mempertahankan Tekanan Reservoir Pada Sumur Ratu Di Lapangan Kinantan. *Journal of Earth Energy Engineering*, 1-8. Pangabean, Hermes dan Lauti Dwita Santy, 2012. Sejarah Penimbunan Cekungan Sumatera Selatan Dan Implikasinya Terhadap Waktu Generasi Hidrokarbon. Bandung: Geo-Resources
- Rukmana, D, dan Kristanto, Dedi (2012). *Teknik Reservoir: Teori dan Aplikasi*. Pohon Cahaya: Yogyakarta.
- Malrin, E., Risna, D., Studi, P., Perminyakan, T., Tinggi, S., & Migas, T. (2022). PENENTUAN SENSITIVITAS YANG BERPENGARUH TERHADAP PRODUKSI RESERVOIR MULTILAYER SECARA COMMINGLE. *PETROGAS*, 4(2).
- Megawati, E., & Miftahul Huda, A. M. (n.d.). *ANALISA BLENDING SOLAR CN-48 DENGAN PERTADDEX CN-53*.
- Prabowo, I., Ibnu Taslim, A., Akhmad Akmal Habibie, dan, Studi Teknik Geologi, P., & Tinggi Teknologi Migas, S. (2022). Oktober 2022 e-ISSN-2656-5080 Artikel diterima 25. In *PETROGAS* (Vol. 4, Issue 2).
- Sugianto, A., Jamal, M., Syaeful Akbar, dan, Perminyakan, T., & Tinggi Teknologi Migas, S. (n.d.). PEMASANGAN PIPA GAS BAKAR MENARA OBOR DI LEPAS PANTAI DENGAN ALAT ANGKAT NON CRANE. In *PETROGAS* (Vol. 4, Issue 2).
- Yanti, D., Rohani, A., Saleh, M., Maulana, R., Sahara, A., Wanda Aprilianto, M., Mohammad Lutfi,

dan, Studi Teknik Instrumentasi dan Elektronika Migas, P., Tinggi Teknologi Migas, S., & Studi Teknik Perminyakan, P. (n.d.). ANALISIS TEMPERATUR PADA PROSES TERBENTUKNYA BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) DENGAN METODE PIROLISIS PADA PROTOTYPE ALAT PENGOLAH LIMBAH PLASTIK MENJADI BBM. In *PETROGAS* (Vol. 4, Issue 2).