



## Estimasi Cadangan Lapangan RTD Menggunakan Metode *Decline Curve Analysis* Dan Log WC Vs NP

Nadhif Maulana<sup>1\*)</sup>, Hadziqul Abror<sup>2)</sup>, Welayaturromadhona<sup>3)</sup>

<sup>1), 2), 3)</sup> Teknik Perminyakan, Universitas Jember

\* *corresponding* email: [nadhif077@gmail.com](mailto:nadhif077@gmail.com)

### ABSTRAK

Lapangan RTD dibor pada tahun 1984 dengan sumur RTD-1 dan terus berproduksi sejak saat itu. Hingga tahun 2020, total sumur yang dibor di lapangan sebanyak 20 sumur, 13 diantaranya masih berproduksi dan 6 sumur digunakan untuk injeksi air. Lapangan RTD terdiri dari 3 reservoir yaitu Holland Greensand, De Lier Sand stone, dan Ijsselmonde Sand stone. Ketiga reservoir Rotterdam menghasilkan minyak, air dan sejumlah kecil gas. Reservoir Batupasir Ijsselmonde telah berproduksi sejak tahun 1984, Reservoir Batupasir De Lier telah berproduksi sejak tahun 1986 dan Reservoir Holland Greensand telah berproduksi sejak tahun 1988. Penelitian ini membahas tentang evaluasi cadangan pada lapangan RTD dengan melakukan perhitungan cadangan. Metode yang digunakan adalah metode *Decline Curve Analysis* dan metode Log WC vs Np. Perhitungan akan dikelompokkan menjadi 2 yaitu seluruh lapangan RTD dengan menggunakan kedua metode dan yang kedua yaitu menggunakan metode Log WC vs Np pada masing-masing lapisan. Metode penelitian yang digunakan adalah study literatur yang berhubungan dengan perhitungan cadangan pada lapangan RTD yaitu dengan mengumpulkan informasi data sekunder mengenai data – data untuk *forecasting* dalam bentuk buku – buku literatur, jurnal, dan tugas akhir yang berkaitan dengan judul peneliti. Lapangan RTD memiliki total STOOIP 319 MMSTB dari 3 reservoir dan masing-masing reservoir memiliki *water cut* 56% - 82%. Perhitungan cadangan Lapangan RTD mendapatkan hasil RR 8,71 MMSTB dengan EUR 67,52 MMSTB, dan memperoleh hasil RR 8,25 MMSTB dengan EUR 67,05 MMSTB. Hasil masing-masing lapisan di lapangan RTD bila ditotal mendapatkan hasil RR 6,62 MMSTB dengan EUR 65,43 MMSTB.

**Kata Kunci:** *Decline curve analysis, Estimated ultimated recovery, Log WC vs NP, Remaining reserve*

### I. PENDAHULUAN

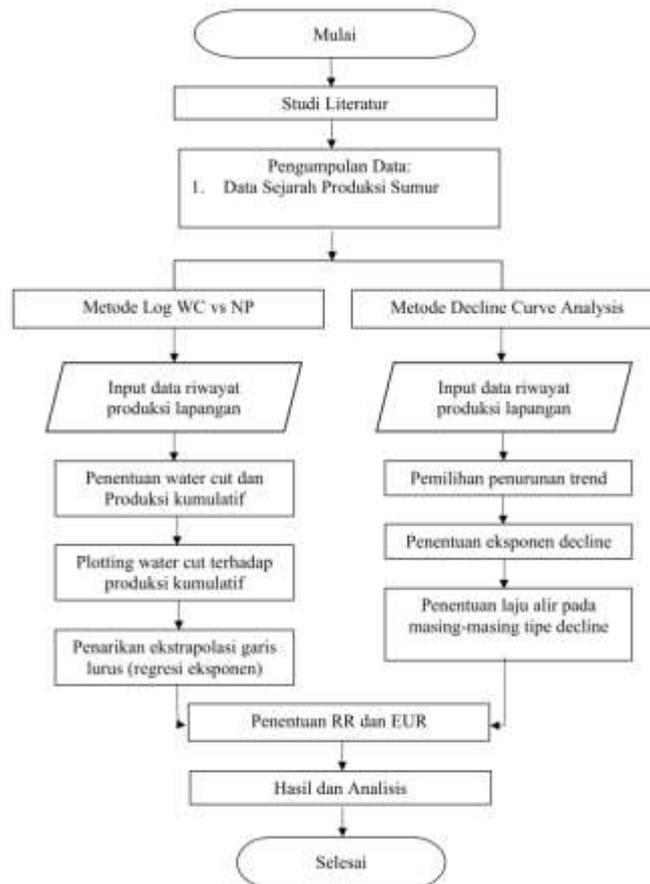
Lapangan RTD dibor pada tahun 1984 dengan sumur RTD-1 dan terus berproduksi sejak saat itu. Hingga tahun 2020, total sumur yang dibor di lapangan sebanyak 20 sumur, 13 diantaranya masih berproduksi dan 6 sumur digunakan untuk injeksi air. Lapangan RTD terdiri dari 3 reservoir yang letaknya satu di atas yang lain. Dari atas ke bawah terdapat Holland Greensand, De Lier Sand stone, dan Ijsselmonde Sand stone. Ketiga Reservoir menghasilkan minyak, air dan sejumlah kecil gas. Reservoir Batupasir Ijsselmonde telah berproduksi sejak tahun 1984, Reservoir Batupasir De Lier telah berproduksi sejak tahun 1986 dan Reservoir Holland Greensand telah berproduksi sejak tahun 1988.

Dari fakta di atas muncul pertanyaan berapa cadangan pada Lapangan RTD. Dalam dunia perminyakan perhitungan cadangan merupakan hal penting yang harus dilakukan untuk merencanakan pengembangan lapangan. Metode yang digunakan dalam perhitungan cadangan dapat ditentukan dengan meninjau tahap yang sedang dilakukan seperti tahap eksplorasi, tahap produksi dan tahap *abandonment* yang tentu saja akan berbeda dalam memilih metode perhitungan cadangan. Metode perhitungan ada beberapa macam diantaranya analogi, *volumetric, material balance, decline curve*, dan simulasi reservoir.

Penelitian ini membahas tentang perhitungan cadangan reservoir dengan metode *Decline Curve Analysis* dan log WC vs NP. Metode Log WC akan digunakan dengan menarik garis ekstrapolasi *straigh line*-nya untuk kemudian akan memunculkan hasil EUR sehingga didapatkan juga nilai RR, pada metode Log WC vs Np akan dilakukan analisis pada lapangan dan setiap reservoir untuk mengetahui detail cadangan pada masing-masing lapisan. Metode *Decline Curve Analysis* akan digunakan dengan peramalan produksi sampai pada limit untuk mendapatkan nilai EUR dan RR. Hasil yang diperoleh dari kedua metode akan dibandingkan untuk mendapatkan hasil yang mendekati kondisi lapangan RTD.

## II. METODE

Penelitian diawali dengan studi literatur kemudian dilakukan analisis metode dari literatur-literatur yang telah dikaji. Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan Metode *Decline Curve Analysis* dan Metode *Log WC vs Np*. Data yang digunakan didapatkan dari NLOG.NL. Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan diagram alir sebagaimana Gambar 1 berikut.

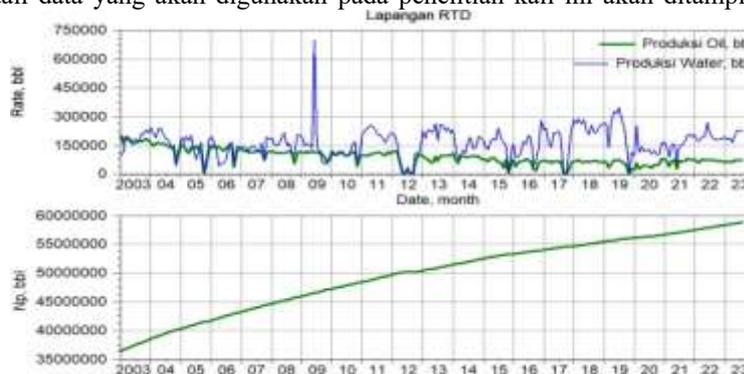


**Gambar 1. Diagram alir penelitian**

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Overview Lapangan RTD

Diketahui bahwa Lapangan RTD memiliki 19 sumur aktif yang terdiri dari 13 sumur produksi dan 6 sumur injeksi, setiap reservoir memiliki presentase *water cut* diatas 50%, dengan kumulatif produksi *oil* yang berbeda, disajikan pada tabel 1. Secara detail data yang akan digunakan pada penelitian kali ini akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada



**Gambar 2. Produksi Lapangan RTD**



Gambar 2. Data pada grafik merupakan data produksi *oil*, *water* dan *cumulative* produksi *oil* pada lapangan RTD pada periode januari 2003 sampai dengan periode agustus 2023, data tersebut akan digunakan untuk menghitung cadangan dengan menggunakan metode *Decline Curve Analysis* dan *Log WC vs Np*.

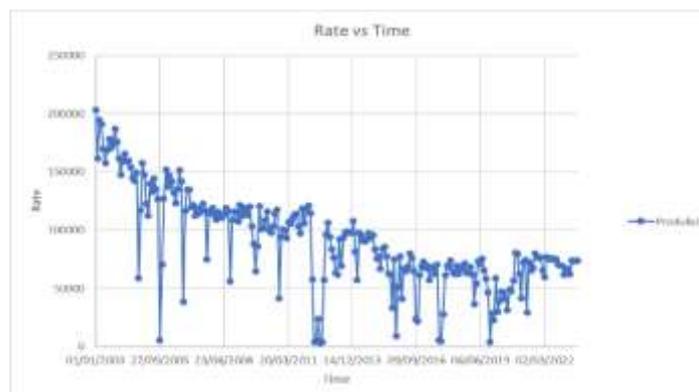
Tabel 1. Data Lapangan RTD

Reservoir	Production Well	Injection Well	Np	Water Cut
Holland Greensand	3	4	18879	71,8
De Lier	6	1	12767	56,2
Ijsselmonde	4	1	27162	82,4

### 3.2 Perhitungan DCA

Metode *Decline Curve Analysis* dilakukan untuk mengevaluasi potensi produksi sumur minyak dan gas di masa mendatang dengan memperpanjang kecenderungan profil data produksi tersebut sampai waktu ke depan yang diinginkan (masa kontrak/*economic limit rate*-nya). Metode ini hanya dapat digunakan pada lapangan dengan reservoir *pseudo steady state* atau tekanannya sudah mencapai batas reservoir sehingga telah mengalami penurunan produksi secara terus-menerus. Metode *Decline Curve Analysis* ini sudah dapat diaplikasikan karena pada Lapangan RTD sudah mencapai periode *decline*-nya sehingga dapat dilakukan peramalan produksi ke depan dengan menggunakan *trend* penurunan pada produksinya. *Time series plot* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 digunakan untuk melihat periode tertinggi, terendah, dan kecenderungan pergerakan pola data laju produksi minyak pada Lapangan RTD. Berdasarkan plot grafik  $t$  (M) vs laju alir produksi minyak (STB/m), diketahui bahwa produksi minyak tertinggi terjadi pada Tahun 2003 dimana mencapai hingga kurang lebih 203000 STB/m, laju produksi minyaknya mengalami penurunan secara terus menerus. Oleh karena itu, data laju produksi minyak dapat diramalkan menggunakan metode peramalan DCA.

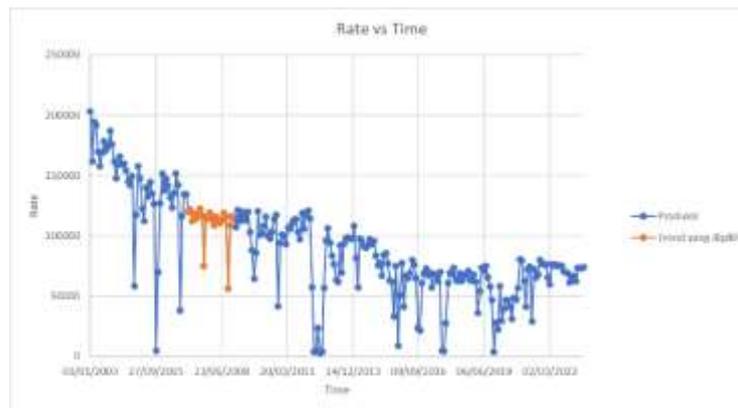
Penurunan laju produksi minyak ini memiliki pola *trend decline* yang signifikan pada tahun 2003 dan mulai stabil pada tahun 2004 dimana *water* injeksi mulai diaplikasikan. Berdasarkan plot, terlihat bahwa pada akhir Tahun 2012 terjadi penurunan laju produksi dari fluida. Hal tersebut dikarenakan adanya penutupan sumur sementara dikarenakan adanya perawatan sumur dan lapisan oleh operator tepatnya pada 1 Juni 2012. Metode ini terbagi menjadi tiga tipe *decline* yang direpresentasikan dengan parameter  $b$  yakni eksponensial dengan  $b=0$ , *harmonic* dengan  $b=1$  dan hiperbolik dengan  $0 < b < 1$ .



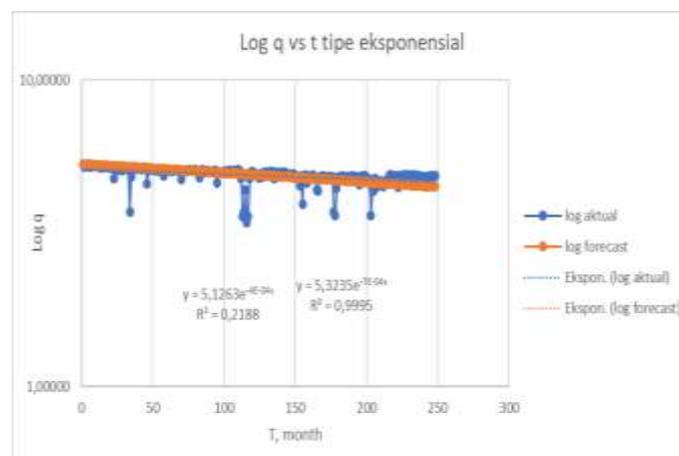
Gambar 3. Rate Produksi Oil

#### 3.2.1 Penentuan Trend Decline

Penentuan dilakukan dengan memilih periode dimana laju produksi minyak relatif konstan dengan minim adanya gangguan atau perubahan reservoir yang tidak terlalu signifikan. Trend penurunan dipilih sebagai salah satu data yang baik untuk digunakan dalam pemilihan kurva penurunan produksi (*decline curve*) dikarenakan nilai produksi rata-rata perbulannya mengalami penurunan yang relatif berulang. Trend penurunan produksi yang dipilih pada bulan Februari 2007- Desember 2008 dikarenakan periode ini merupakan periode dimana sudah dilakukan *water* injeksi pada lapangan RTD yang dilakukan pada 2004. Periode ini juga tidak terjadi penurunan rate yang terlalu signifikan, dan tanpa adanya penutupan sumur pada keseluruhan lapangan. Penentuan trend ini juga menentukan tipe *decline* apa yang akan digunakan pada metode *Decline Curve Analysis*, hal ini dengan melakukan plot  $\log q$  vs  $t$  atau plot  $\log q$  vs  $\log t$  sesuai dengan masing-masing tipe *decline*, hal ini bisa dilihat pada Gambar 5 dimana tipe yang terpilih adalah eksponensial.



**Gambar 4. Pemilihan Trend Laju Penurunan Produksi**



**Gambar 5. Log q vs t Time Decline Eksponensial**

### 3.2.2 Penentuan Exponen Decline b

Setelah pemilihan *trend* penurunan produksi selanjutnya dilakukan perhitungan nilai b menggunakan metode *trial error* berdasarkan *trend* yang telah dipilih sebelumnya untuk menentukan nilai b, Di dan tipe kurva *decline* yang akan digunakan. Metode *trial error* dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik untuk menentukan nilai b dibandingkan dengan metode lost ratio. Metode ini mengasumsikan nilai b dari 0 sampai dengan 1 dimana  $b = 0$  (eksponensial),  $b = 0,1-0,9$  (*hyperbolic*) dan  $b = 1$  (*harmonic*) untuk kemudian dihitung nilai Di dengan masing-masing nilai b, setelah itu membuat forecast rate dari masing-masing Di untuk kemudian dihitung menggunakan persamaan 1. Dari perhitungan didapatkan hasil yang tertera pada Tabel 2. Pada tabel 2 dapat ditentukan tipe *decline* yang paling akan dipilih yaitu *exponensial decline*.

**Tabel 2. Perolehan Nilai Error Pada Masing-Masing Eksponen b**

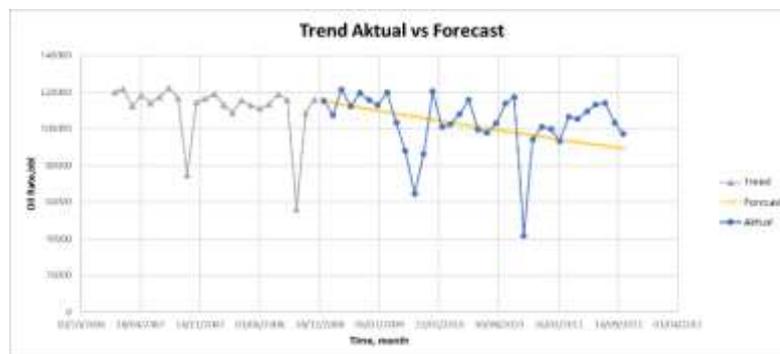
<b>Tipe Decline</b>	<b>b</b>	<b>Error</b>
<i>Exponensial</i>	0	0,0035
<i>Hyperbolic</i>	0,1	0,0380
	0,2	0,0375
	0,3	0,0371
	0,4	0,0367
	0,5	0,0362
	0,6	0,0358
	0,7	0,0354



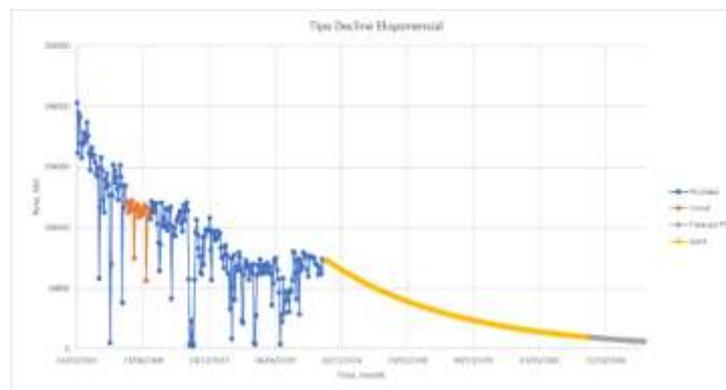
<b>Tipe Decline</b>	<b>b</b>	<b>Error</b>
	0,8	0,0350
	0,9	0,0380
<i>Harmonic</i>	1	0,0341

### 3.2.3 Tipe Decline Eksponensial

Dengan menggunakan beberapa parameter, dilakukan perhitungan laju alir dengan menggunakan persamaan *decline* Eksponensial. Berdasarkan perhitungan tersebut maka diperoleh nilai *decline rate* dari persamaan regresinya adalah sebesar 0,000236 per hari. Hasil perhitungan laju alir menggunakan persamaan tersebut kemudian di *forecast* dan dibandingkan dengan laju alir aktual sehingga dapat hasil seperti pada Gambar 6.



**Gambar 6. Penarikan Laju Alir Eksponensial dan Laju Alir Aktual**



**Gambar 7. Penarikan DCA Tipe Eksponensial**

Pada Tabel 3 keterangan akhir dari kontrak dibagi menjadi 2 yang pertama PSC atau berdasarkan kontrak yang tertera pada hasil POD yaitu 1 Januari 2050, kemudian yang kedua adalah *Abandon* yang berdasarkan limit ekonomis 10 MSTB. Hasil analisa *decline curve* menggunakan tipe *decline* eksponensial hingga mencapai laju produksi ekonomisnya (*economic limit rate*) ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan tabel hasil DCA, dapat diketahui bahwa lapangan RTD mencapai nilai ekonomisnya sebesar 10 MSTB pada 01/03/2045. Hasil EUR diperoleh nilai 67,05 MMSTB. Data hasil peramalan laju produksi dengan menggunakan tipe *decline* eksponensial disajikan dalam bentuk Tabel 4 berikut.

**Tabel 3. Hasil DCA Eksponensial**

	<b>PSC</b>	<b>Abandon</b>	<b>Satuan</b>
<b>RR</b>	8,71	8,25	MMSTB
<b>Np</b>	58,81	58,81	MMSTB
<b>EUR</b>	67,52	67,05	MMSTB



Date	01/01/2050	01/03/2045
------	------------	------------

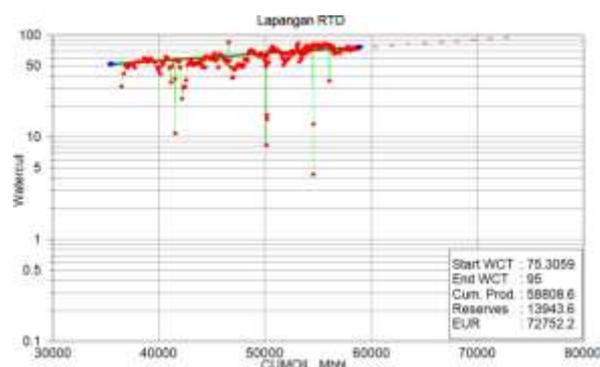
Tabel 4. Hasil Peramalan Laju Produksi Tipe Eksponensial

Date	Rate (STB/m)	EUR (STB)
01/01/2024	71187	59170655
01/01/2034	28147	64714935
01/01/2044	11129	66907416
01/02/2045	10065	67044538
01/03/2045	9987	67054526

### 3.3 perhitungan Cadangan Lapangan Menggunakan Metode Log WC vs Np

Logaritma *water cut* (fw) yang diplot terhadap produksi minyak kumulatif (Np) merupakan metode yang biasa digunakan untuk evaluasi dan prediksi kinerja injeksi air. Data *water cut* (fw) merupakan metode kinerja berbasis *trend* produksi masa mendatang dengan tujuan peramalan produksi minyak dan menentukan EUR. Hubungan garis lurus dilakukan dengan melakukan plot logaritma *water cut* (fw) terhadap produksi kumulatif (Np) pada lapangan RTD. Berdasarkan Gambar 8, dapat dikatakan bahwa metode log WC vs NP pada lapangan RTD memiliki tingkat akurasi yang baik dikarenakan nilai *water cut* pada lapangan RTD dalam kisaran 75%, yang mana jika mengikuti literatur metode log WC vs NP maka syarat yang dibutuhkan sudah memenuhi syarat dimana lapangan harus dalam kondisi *water cut* 50%. Pada gambar garis hijau merupakan plot antara *water cut* dengan *cummulative* produksi, garis biru merupakan *trend* yang dipilih, dan bintang panah merupakan *forecast* (penarikan garis lurus) untuk mendapatkan nilai EUR. Berdasarkan penarikan garis lapangan RTD memiliki *water cut* 75% dengan Np 58 MMSTB ditarik garis lurus sampai kondisi *water cut* 95% mendapatkan hasil EUR sebesar 72 MMSTB dengan reserve sebesar 13,94 MMSTB.

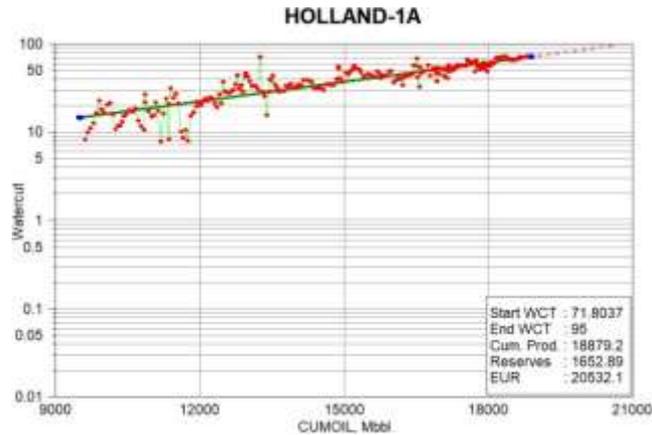
Pembatasan *water cut* 95% dikarenakan secara umum kebanyakan lapangan yang dieksplotasi memiliki *water cut* dalam persentase tersebut akan segera ditinggalkan, dan pada persentase *water cut* 98% lapangan sudah tidak layak diproduksi dan mencapai limit ekonomis. Pembatasan *water cut* dalam persentase 95% diharapkan *engineer* dapat menghitung ulang cadangan dengan data terbaru dari lapangan RTD sehingga nantinya dapat menyesuaikan dengan pengembangan yang akan dilakukan untuk lapangan RTD dimasa depan.



Gambar 8. Log WC vs NP Lapangan RTD

#### 3.3.1 Lapisan Holland Greensand

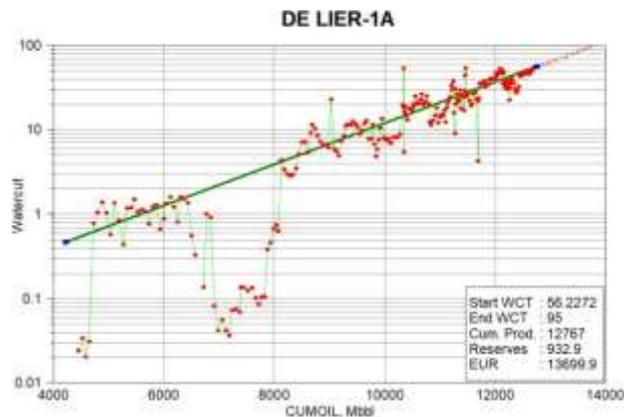
Pada Gambar 9 merupakan plot log WC vs NP berdasarkan lapisan Holland. Lapisan Holland memiliki *water cut* 71% dengan Np 18 MMSTB, sehingga dapat dilakukan plot dengan menggunakan Log WC vs NP. Pada lapisan Holland dilakukan penarikan garis sampai kondisi *water cut* 95% , hasil penarikan garis didapatkan EUR sebesar 20,53 MMSTB dengan Reserve 1,65 MSTB.



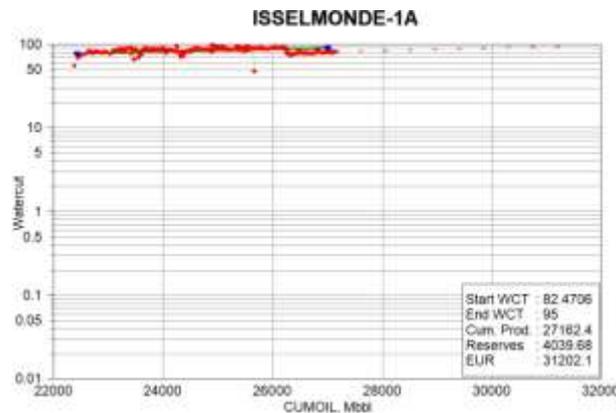
Gambar 9. Log WC vs NP Lapisan Holland Greensand

### 3.3.2 Lapisan De Lier

Gambar 10 merupakan plot log WC vs NP berdasarkan lapisan De Lier. Lapisan De Lier memiliki *water cut* 56% dengan Np 12 MMSTB, sehingga dapat dilakukan plot dengan menggunakan Log WC vs NP. Hasil dari penarikan garis sampai kondisi *water cut* 95% didapatkan EUR sebesar 13,69 MMSTB dengan Reserve 932 MSTB.



Gambar 10. Log WC vs Np Lapisan De Lier



Gambar 11. Log WC vs Np Lapisan Ijsselmonde

### 3.3.3 Lapisan Ijsselmonde

Gambar 11 merupakan plot log WC vs NP berdasarkan lapisan Ijsselmonde. Lapisan Ijsselmonde memiliki *water cut* 82% dengan Np 27 MMSTB, sehingga dapat dilakukan plot dengan menggunakan Log WC vs NP. Pada



lapisan Holland dilakukan penarikan garis sampai kondisi *water cut* 95% , hasil penarikan garis didapatkan EUR sebesar 31,2 MMSTB dengan Reserve 4,04 MMSTB.

### 3.4 Komparasi Hasil Cadangan Lapangan RTD dengan Metode DCA dan Log WC vs NP

Estimasi cadangan lapangan RTD dengan menggunakan metode *Decline Curve Analysis* dan Log WC vs NP telah selesai dilakukan. Setelah perhitungan untuk lapangan selesai, kemudian menggunakan metode Log WC vs NP untuk menghitung cadangan pada masing-masing lapisan. Hasil estimasi cadangan akan disajikan dalam bentuk tabel. Berdasarkan perhitungan dengan kedua metode didapatkan nilai EUR yang berbeda pada lapangan RTD.

Tabel 9 merupakan hasil perhitungan cadangan lapangan RTD dengan menggunakan DCA dan Log WC vs Np. Metode DCA menggunakan tipe *decline* eksponensial dikarenakan perhitungan *error* paling kecil dibandingkan dengan tipe *decline* yang lain, ada 2 hasil yang didapatkan yang pertama berdasarkan limit kontrak yang tertera pada POD lapangan RTD dimana kontrak produksi berakhir pada tahun 2050, dan limit produksi dimana limit penelitian ini sebesar 10000 STBM. Perhitungan cadangan Lapangan RTD dengan limit kontrak mendapatkan hasil RR sebesar 8,71 MMSTB dengan EUR 67,52 MMSTB, sedangkan perhitungan cadangan dengan limit produksi 10000 STB/m mendapatkan hasil 8,25 MMSTB dengan EUR 67,05 MMSTB.

Hasil metode DCA dapat dibandingkan dengan perhitungan menggunakan Metode log WC vs NP dimana perhitungan ditetapkan limit *water cut* sebesar 95%, hasil perhitungan cadangan lapangan RTD menggunakan metode log WC vs NP mendapatkan hasil RR sebesar 13,94 MMSTB dengan EUR 72,57 MMSTB. Kedua perhitungan menghasilkan hasil yang berbeda dimana perbedaan RR terpaut kurang lebih 5 MMSTB dari limit kontrak dan limit *water cut*.

Dalam perbandingan kedua metode tentu ada kekurangan dan kelebihan pada masing-masing metode. Metode DCA memiliki kelebihan dalam pemilihan *trend* yang akan digunakan baik periode awal maupun akhir produksi, dan hasil yang didapatkan dapat disesuaikan dengan pemilihan tipe *decline* yang akan digunakan menyesuaikan *error* pada masing-masing tipe *decline*. Kekurangan dalam metode ini adalah penetapan limit yang harus disesuaikan dengan kondisi ekonomi apakah masih layak atau tidaknya lapangan tersebut diproduksi. Metode Log WC vs NP memiliki kelebihan dimana limit cukup disesuaikan dengan kondisi *water cut* 95%-98% dimana pada periode ini lapangan sudah mulai ditinggalkan. Kekurangan metode ini adalah pengaplikasian metode ini diharuskan pada kondisi *water cut* lebih dari 50%, sehingga periode ini tidak dapat digunakan pada periode awal produksi.

### 3.5 Ringkasan Hasil Cadangan Lapangan RTD pada Masing- Masing Lapisan

Perhitungan cadangan Lapangan RTD tidak berhenti berdasarkan perhitungan secara umum saja, akan tetapi perhitungan dilakukan juga berdasarkan pada masing- masing lapisan dengan metode Log WC vs Np. Setiap lapisan memiliki *water cut* awal yang berbeda dengan *water cut* tertinggi yaitu lapisan Ijsselmonde yang mencapai 82,47%, setiap lapisan dihitung sampai dengan *water cut* akhir 95%. Hasil dari metode Log WC vs NP mendapatkan hasil seperti tabel 11. Hasil setiap lapisan jika ditotal keseluruhan mendapatkan hasil RR 6,62 MMSTB dengan EUR 65,43. Hasil perhitungan berdasarkan lapisan jika dibandingkan dengan perhitungan lapangan maka hasil yang didapatkan tidak berbeda secara signifikan, akan tetapi pada perhitungan lapisan hasil yang didapat lebih mendetail dengan mengetahui potensi cadangan yang berbeda setiap lapisan.

**Tabel 11. Hasil Perhitungan Log WC vs NP Berdasarkan Lapisan**

Reservoir	RR (MSTB)	EUR (MSTB)	WC Awal (%)
Holland	1652	20532	71,8
De Lier	932	13699	56,22
Ijsselmonde	4039	31202	82,47
Total	6623	65433	



#### **IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian untuk mengetahui Estimasi Cadangan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Evaluasi cadangan lapangan RTD dengan metode *Decline Curve Analysis* tipe yang dipilih adalah eksponensial dengan 2 hasil yang didapatkan yaitu berdasarkan limit kontrak dan limit produksi. Perhitungan cadangan Lapangan RTD dengan limit kontrak mendapatkan hasil RR sebesar 8,71 MMSTB dengan EUR 67,52 MMSTB, perhitungan cadangan dengan limit produksi 10000 STB/m mendapatkan hasil 8,25 MMSTB dengan EUR 67,05. Metode perhitungan cadangan lapangan RTD metode log WC vs NP mendapatkan hasil RR sebesar 13,94 MMSTB dengan EUR 72,57.
2. Lapisan Holland memiliki RR 1,65 MMSTB dengan EUR 20,53 MMSTB, lapisan De Lier memiliki RR 0,93 MMSTB dengan EUR 13,69 MMSTB, dan lapisan Ijsselmonde memiliki RR 4,03 MMSTB dengan EUR 31,20 MMSTB. Hasil setiap lapisan jika ditotal keseluruhan mendapatkan hasil RR 6,62 MMSTB dengan EUR 65,43 MMSTB.

#### **V. SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut :

1. Perhitungan cadangan kali ini menggunakan limit ekonomi berdasarkan asumsi, sebaiknya penelitian selanjutnya melakukan perhitungan dengan limit ekonomi yang sesuai kondisi lapangan RTD.
2. Membahas tentang perhitungan cadangan yang lain seperti simulasi reservoir, dan material balance.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Teknik Perminyakan Universitas Jember yang telah mendukung dan membantu dalam penyelesaian penelitian ini serta kepada pihak yang ikut berperan dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### **REFERENSI**

Abdelkhalek., El-Banbi., and Sayyoub. (2017). Analytical decline curve analysis model for water drive gas reservoirs. *Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology*.

Cronquist, Chapman., and Society of Petroleum Engineers (U.S.). (2019). Estimation and classification of reserves of crude oil, natural gas and condensate. *Society of Petroleum Engineers*.

Elmabrouk, S. K., and Mahmud, W.M. (2018). Calculation of EUR form *Oil and Water Production Data*.

Kulkarni, A., and Rasheed, R., (2016). Reserve estimation using volumetric method. *Internasional Research Journal of Engineering and Technology*.

M. Rahuma., Mohamed., Hissein., and Giama. (2013). Prediction of reservoir performance applying decline curve analysis. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 4(2).

Mattax, C. C. and Daltov, R. L. (1990). Reservoir simulation. Monograph Series, SPE.

Nazarenko M. Y. (2014). Probabilistic production forecasting and reserves estimation in water flooded *oil* reservoirs.

Okotie, S., and Ikporo, B. (2019). Reservoir Engineering Fundamental and Applications.

Prabu, U. A. (2012). Teknik Reservoir Hand book. Palembang: Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.

Smith, C.R., Tracy, G.W., and Farrar, R.L. (1992). Applied Reservoir Engineering Chapter 1, 1(1).

Yiping, M. (2020). Study on determination method of economic limit water cut of water drive *oil*field in ultra-high water cut stage.