

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sekitar setengah cadangan minyak dunia terdapat pada reservoir karbonat dengan 80-90% memiliki sifat oil (Rochl dan Choquette). Peningkatan dalam pengangkatan minyak sering terkendala oleh berbagai faktor seperti lapangan yang sudah tua dan tekanan yang menurun. Metoda *spontaneous imbibition* bertujuan untuk melihat pengaruh *temperature* dan *Salinity* yang merupakan hal yang sangat berpengaruh untuk peningkatan dalam produksi minyak.

Metoda *spontaneous imbibition* dilakukan uji laboratorium untuk melihat pengaruh *temperature*, *salinity* dan *time* dan dibantu dengan menggunakan *software* RSM modde 5. *Spontaneous imbibition* uji laboratorium yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya menyatakan efek kosentrasi salinitas terhadap perolehan minyak sering kali menunjukkan perolehan minyak yang signifikan (Morrow dan Buckley, 2011). Pengaruh temperatur yang tinggi membuat karbonat lebih membasahi oleh air atau tertutup nya pori-pori batuan sehingga minyak yang berada didalam batuan sulit untuk keluar, kenaikan temperatur membuat hasil yang negative (zhang dan austed, 2006). Menurut Mochamad Fajar Sanny (2010) yang telah dilakukan pengujian bahwa waktu pengujian yang lama tidak berpengaruh pada peningkatan perolehan minyak.

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah menentukan faktor perolehan minyak dengan pengujian *spontaneous imbibition*. Permasalahan ini sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari tiga parameter seperti *temperature*, *salinity* dan *time* terhadap *Recovery Factor* (RF). Selain itu permasalahan yang di bahas dalam penelitian ini untuk membandingkan data aktual seperti data penelitian yang telah dilakukan dengan data prediksi dengan menggunakan *software Respond Surface Methode* (RSM) modde 5.

Software RSM mengkorelasikan data yang didapat dari hasil uji dengan data prediksi (Wiley, 2010).

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

- 1) Menentukan *recovery factor* dari *spontaneous imbibition*.
- 2) Menentukan pengaruh *temperature*, *salinity*, dan *time* terhadap *recovery factor*.
- 3) Menentukan kondisi optimum untuk mendapatkan *recovery factor* yang maksimum.
- 4) Menentukan pengaruh batuan karbonat terhadap *recovery factor*

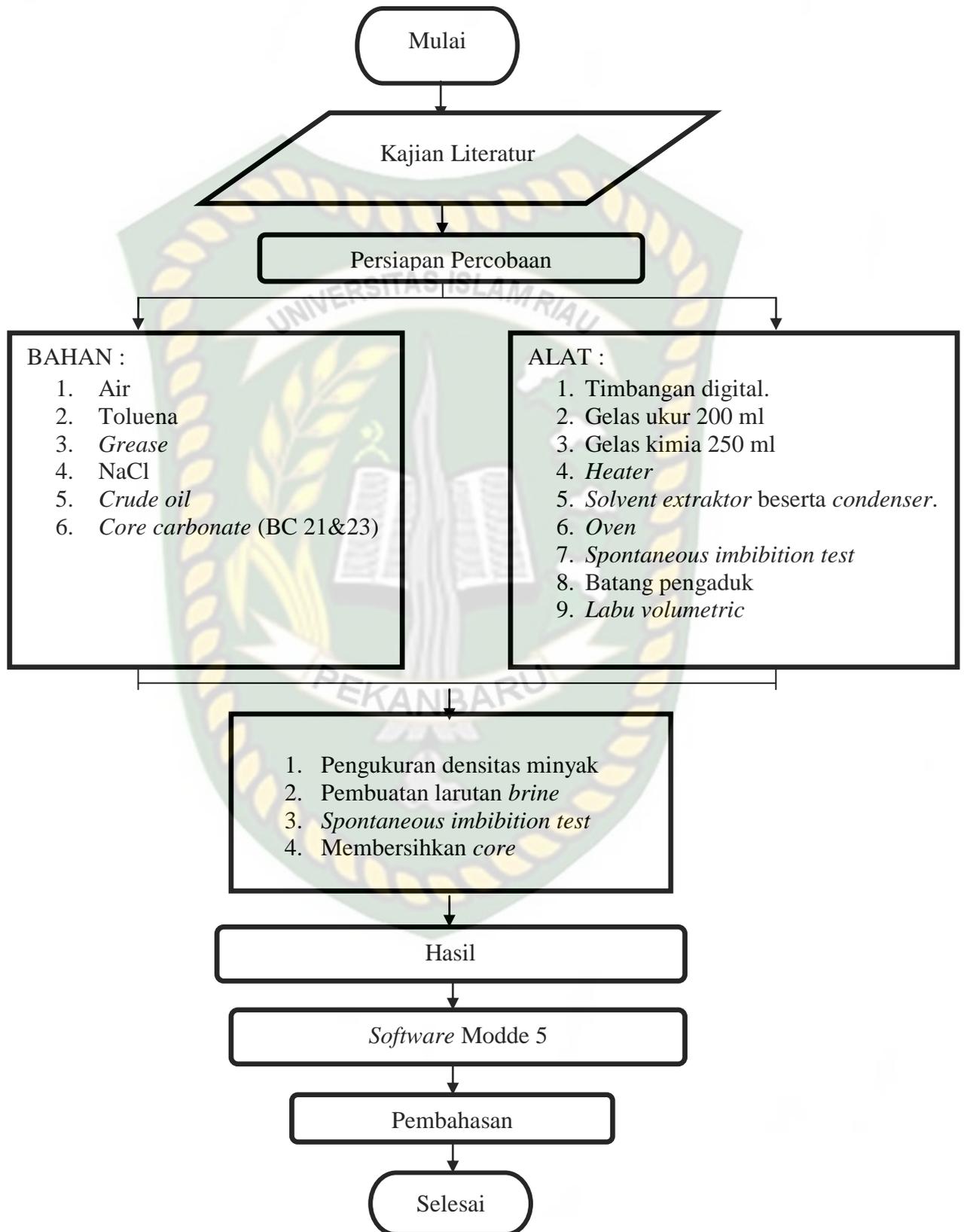
1.3 BATASAN MASALAH

Agar penulisan tugas akhir ini tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang dibahas maka hanya membahas tentang faktor perolehan minyak dengan percobaan *spontaneous imbibition*, dibatasi tentang pengaruh temperatur, salinitas, waktu terhadap *recovery faktor* (RF), dan menggunakan batuan jenis karbonat.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian tugas akhir sebagai berikut :

1. Lokasi : Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau
2. Metodologi penelitian : *exsperiment research*
3. Teknik pengumpulan data : data yang di dapat dari uji laboratorium dan lapangan



Gambar 1.1 Flow chart penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Spontaneous Imbibition*

Spontaneous imbibition berasal dari kata imbibisi yang artinya penggantian fluida yang tidak membasahi (minyak) oleh fluida yang membasahi (air) seperti injeksi air (*water flooding*) ke dalam reservoir minyak. Gambar 2.1 merupakan alat yang digunakan pada pengujian *spontaneous imbibition*. Pengujian *spontaneous imbibition* telah lama digunakan sebagai alat prediksi untuk memperkirakan kinerja *water-wet* di lapangan, serta rekahan batuan reservoir akibat dampak dari *water flood/water drive* (Olafuyi, Cinar, Knacksted, dan Pinczweski, 2007).

Pengukuran *spontaneous imbibition test* memberikan pendekatan alternatif yang lebih sederhana dan lebih murah dari pada *core flooding* di laboratorium. Selain itu, pengujian ini juga memberikan indikasi mengenai variasi tingkat kebasahan yang terkait dengan perubahan salinitas. Pada pengujian *spontaneous imbibition test*, masuknya air ke dalam matriks batuan adalah proses yang sangat kompleks dan bergantung pada banyak faktor seperti permeabilitas, tingkat kebasahan, ukuran matriks, serta tegangan antar muka dan viskositas pada fluida (Morrow dan Mason, 2001).

Mekanisme dari *spontaneous imbibition test* ini yaitu dengan melakukan pembanjiran atau penginjeksian fluida pendesak berupa air yang memiliki kadar salinitas tertentu terhadap sampel batuan yang telah dijenuhi oleh minyak untuk mengetahui pengaruh kadar salinitas yang diinjeksikan terhadap faktor perolehan minyak. Besar kecilnya perolehan minyak yang didapat dari pengujian *spontaneous imbibition* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti:

1. Salinitas
2. Temperatur
3. Waktu pengujian

Metode *spontaneous imbibition* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 *Spontaneous Imbibition*

2.1.1 Salinitas

Salinitas terhadap faktor perolehan minyak sangat berpengaruh karena salinitas dapat melepaskan minyak yang terjebak di dalam penyempitan pori-pori batuan dan dapat menurunkan tegangan antar muka minyak dan air. NaCl akan menyebabkan penurunan tegangan antar muka sehingga tidak efektif lagi. Hal ini disebabkan oleh ikatan kimia yang membentuk NaCl adalah ikatan ion yang mudah terurai menjadi ion Na^+ dan Cl^- .

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air formasi yang rendah berpengaruh terhadap penurunan tegangan antar muka minyak-air dan meningkatkan faktor perolehan minyak (Kilybay, Ghosh dan Thomas, 2017).

Pada konsentrasi garam tertentu, seperti NaCl akan menyebabkan penurunan tegangan antar muka minyak-air sehingga tidak efektif. Hal ini disebabkan oleh ikatan kimia yang membentuk NaCl adalah ikatan ion yang mudah terurai menjadi ion Na^+ dan Cl^- . Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya pengaruh kadar salinitas terhadap perolehan minyak. Pengaruh kadar salinitas terlihat dari peningkatan faktor perolehan minyak dengan menggunakan *low salinity brine* pada batuan *sandstone* (Morrow dan Buckley, 2011).

2.1.2 Temperatur

Temperature terhadap perolehan minyak sangat berpengaruh karena kenaikan *temperature* pada umumnya meningkatkan kemampuan untuk melarutkan *crude oil*. Hal ini merupakan karena *temperature* sangat berpengaruh di dalam melakukan percobaan *spontaneous imbibition* untuk meningkatkan perolehan minyak. Menurut elworthy persentasi *temperature* terhadap kenaikan *temperature* sangat berpengaruh berbanding terbalik pada *temperature* rendah. Kenaikan *temperature* ini terjadi tergantung dari sifat batuan karbonat yang terkandung zat alami. Kenaikan terus terjadi sampai mencapai *temperature cloud point*.

2.1.3 Waktu

Pengukuran laboratorium dari volume cairan imbibisi terhadap waktu sering digunakan dalam prediksi perolehan minyak (Morrow dan Buckley, 2011) (Wickramathilaka, Morrow, dan Howard, 2010) (Tang dan Morrow, 1997). Pada penelitian sebelumnya pengukuran sudut kontak air yang menunjukkan penurunan tren karena air asin diubah dari air formasi ke air laut dan air laut yang dimodifikasi, menunjukkan kecendrungan *water wet* pada bagian permukaan batuan pada uji *spontaneous imbibition* (Uetani, Takabayashi, Kaido, dan Yonebayashi, 2017).

(Uetani et al, 2017) melakukan penelitian dengan merubah salinitas air formasi yang tinggi menjadi air yang mempunyai salinitas rendah.

2.1.4 Karbonat

Karbonat merupakan batuan memiliki porositas yang membuat terkumpulnya minyak dan gas bumi, sehingga banyak perhatian pada geologi minyak bumi, dengan adanya porositas dan permeabilitas batuan karbonat mudah untuk bereaksi untuk berkumpulnya minyak dan gas bumi (Pettijohn, 1975).

2.2 Recovery Faktor (Rf)

Untuk jumlah cadangan yang dapat diperoleh dipermukaan, maka terlebih dahulu perlu diketahui harga *recovery factor* (RF) yaitu perbandingan antara *recoverable reserve* dengan *initial oil in place* (fraksi), atau dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$RF = \frac{\text{recoverable reserve}}{\text{initial oil in place}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$= \frac{\text{volume minyak awal} - \text{volume minyak sisa}}{\text{volume minyak awal}}$$

Pada dasarnya ada tiga faktor fisik (Thakur, 1994) yang menyebabkan saturasi minyak tersisa banyak setelah pemulihan primer (*Primary Recovery*) dan sekunder (*Secondary Recovery*) sehingga memerlukan pengangkatan di antaranya adalah:

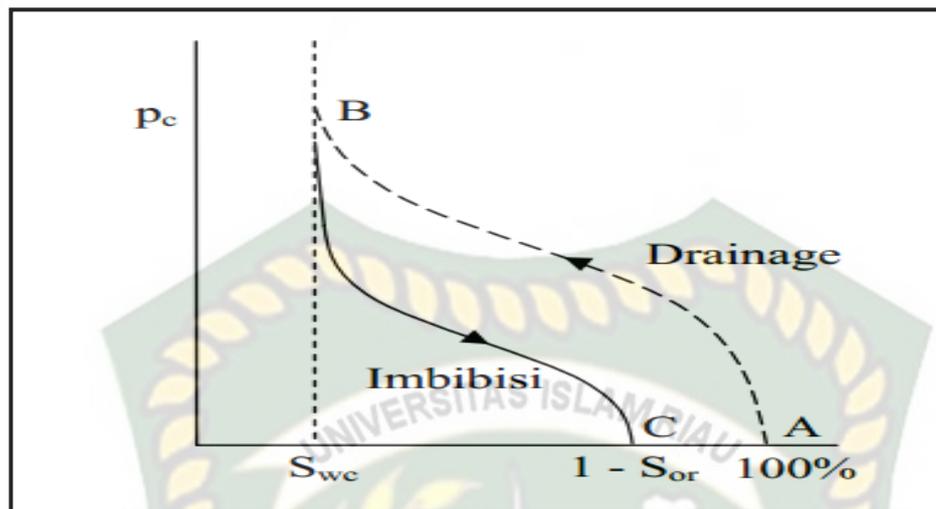
- Viskositas minyak yang tinggi
- Tegangan antar permukaan (*Interfacial forces*)
- Heterogenitas reservoir

2.3 Karakteristik Batuan Reservoir

Pada proses imbibisi terjadi pada pori batuan melibatkan hubungan antara tekanan kapiler (P_c) dengan saturasi air (S_w). Konsep tekanan kapiler berkenaan dengan fenomena berikut ini:

1. Adhesi–kohesi
2. Tegangan permukaan dan tegangan antar muka
3. Sifat kebasahan.

Ketika dua fluida yang tidak saling tercampur, seperti minyak dan air, berada bersama-sama (saling kontak satu sama lain). Hubungan tekanan kapiler terhadap saturasi air ini disebut dengan kurva tekanan kapiler dan umumnya terlihat seperti ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 2.2 Grafik tekanan kapiler terhadap saturasi (Permadi, 2004)

Gambar 2.2 menjelaskan bahwa proses imbibisi dimulai dari titik B batuan yang tersaturasi oleh minyak kemudian didesak keluar oleh air. Hubungan tekanan kapiler (P_c) dengan saturasi air (S_w) yang dihasilkan dari laboratorium tersebut dipengaruhi oleh:

1. Permeabilitas relatif (K_r)
2. Porositas
3. Distribusi ukuran pori

Permeabilitas adalah kemampuan batuan reservoir untuk meloloskan fluida reservoir untuk dapat meloloskan fluida melalui pori batuan yang saling berhubungan tanpa merusak partikel pembentuk batuan. Permeabilitas relatif merupakan perbandingan antara permeabilitas efektif dengan permeabilitas pada harga saturasi tertentu terhadap permeabilitas pada saturasi fluida dengan kejenuhan 100%. Permeabilitas efektif merupakan fungsi dari saturasi fluida semakin besar saturasi fluida maka akan semakin besar harga permeabilitas relatifnya. Permeabilitas batuan yang besar akan memiliki tekanan kapiler yang rendah.

Porositas adalah suatu ukuran yang menunjukkan besarnya rongga dalam batuan (Craft dan Hawkins, 1991). Semakin besar nilai porositas maka kemampuan batuan menampung fluida akan semakin besar. Besarnya tekanan kapiler yang diakibatkan kecilnya porositas batuan sehingga kecenderungan fluida

untuk naik akan semakin kecil. Minyak hanya dapat mengalir pada pori batuan yang saling berhubungan maka hal yang penting dalam percobaan ini adalah porositas batuan efektif. Dengan cara menimbang kita dapat menentukan besaran jumlah minyak yang terdapat pada batuan yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$v_{fluida} = \frac{W_{sat} - W_{dry}}{\rho_{fluida}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : W_{sat} = Berat *core* yang terisi oleh minyak (gram)
 W_{dry} = Berat *core* kering (gram)
 ρ_{fluida} = Densitas minyak (gram/ml)
 v_{fluida} = Volume minyak yang terisi pada pori batuan (ml)

2.4 Karakteristik Fluida Reservoir

Sifat fisik fluida sangat memengaruhi proses pendesakan fluida. Untuk itu perlu diketahui parameter-parameter yang terkait dengan fluida reservoir, seperti densitas dan viskositas .

2.4.1 Densitas Minyak

Densitas minyak (ρ_o) dapat didefinisikan sebagai perbandingan massa minyak dengan volume pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu. *Specific Gravity* minyak adalah perbandingan antara berat jenis minyak pada temperatur standar dengan berat jenis air dengan temperatur yang sama dapat ditulis (Mc. Cain, 1990):

$$SG \text{ minyak} = \frac{\rho_o}{\rho_w} \dots\dots\dots (3)$$

SG minyak umumnya dinyatakan dalam $^{\circ}API$. Hubungan SG minyak dan $^{\circ}API$ adalah:

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{SG} - 131.5 \dots\dots\dots (4)$$

2.4.2 Viskositas Minyak

Viskositas minyak adalah besaran yang menunjukkan hambatan minyak untuk mengalir (Ahmad, 2006). Satuan viskositas biasanya memiliki satuan centipoises (cp). Viskositas dapat juga didefinisikan sebagai tingkat keengganan

suatu fluida untuk mengalir. Viskositas dipengaruhi oleh adanya temperatur, tekanan dan jumlah gas yang terlarut dalam minyak.

1. Kenaikan temperatur akan menurunkan viskositas minyak.
2. Penurunan temperatur akan menaikkan viskositas minyak.

Hubungan keduanya bertolak belakang atau berbanding terbalik. Viskositas menurun dalam keadaan yang rendah, maka °API akan semakin meningkat dan kualitas minyak akan semakin baik. Viskositas minyak juga bisa berkurang oleh penurunan temperatur di titik gelembung. Ini disebabkan oleh adanya pengembangan volume minyak. Tekanan di dasar atau reservoir lebih tinggi dari pada permukaan. Temperatur turun dari pada permukaan sampai pada harga tertentu, maka viskositas minyak akan naik. Pada kondisi tersebut, terjadi pembebasan gas dari larutan.

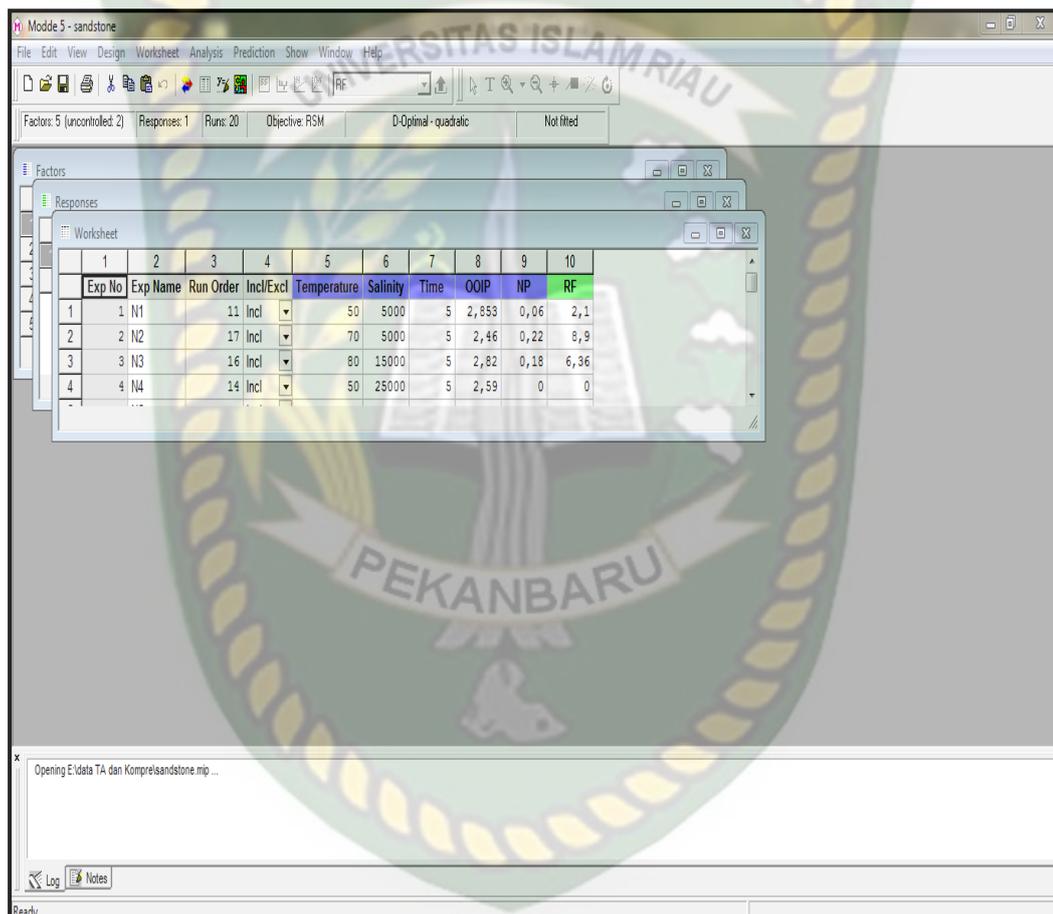
2.5 *Software Response Surface Method (RSM)*

Response Surface Methodology (RSM) merupakan kumpulan statistik dan matematika teknik yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses, respon dipengaruhi oleh beberapa faktor (Radojkovic, Zekovic, Jokic, dan Vidovic, 2012). RSM tidak hanya mendefinisikan pengaruh variabel independen, tetapi juga menghasilkan model matematis yang menjelaskan proses pengaruh beberapa faktor dalam terhadap faktor perolehan minyak.

RSM merancang eksperimen memberikan pengukuran tanggapan yang memadai, mengembangkan model matematis yang paling sesuai dengan data yang diperoleh dari rancangan eksperimen, dan menentukan nilai optimal dari variabel independen yang menghasilkan respon maksimum atau minimum. Kelebihan metode RSM yaitu meminimalkan pengamatan dengan menggunakan rancangan percobaan dan optimasi menggunakan prediksi persamaan respon yang dihasilkan. Selain itu metode ini mampu menghasilkan data yang akurat dan tidak memerlukan data dengan jumlah yang besar, serta tidak membutuhkan waktu yang lama (Iriawan dan Astuti, 2006). Ada tiga tahapan yang dilakukan dalam analisis RSM yaitu:

1. Tahap pembuatan rancangan eksperimen
2. Tahap analisis respon
3. Tahap optimasi

Pada gambar 2.2 adalah langkah awal pengerjaan pada *software* RSM. Setelah data di input maka keluar diagram yang memperlihatkan tingkat kecocokan antara data observasi dan data prediksi yang dilambangkan dengan R^2 dan Q^2 . R^2 adalah fraksi varian yang menjelaskan *respons* dari model yang kita buat. Sedangkan Q^2 adalah fraksi varian yang dapat memprediksi *respons* model yang kita buat.



Gambar 2.3 *Software* RSM modde 5

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode penelitian di laboratorium teknik perminyakan universitas islam riau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari parameter parameter temperatur, salinitas dan waktu terhadap perolehan minyak dengan menggunakan metode *spontaneous imbibition* dan menggunakan *software* RSM modde 5.

Penelitian ini meliputi beberapa persiapan alat dan bahan yang di perlukan di dalam proses melakukan percobaan *spontaneous imbibition test* dan prosedur penelitian.

3.1 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Melakukan persiapan alat dan bahan sangat di perlukan di dalam melakukan uji laboratorium, selanjutnya dilakukan dengan pengujian batuan karbonat yang akan digunakan di dalam uji laboratorium dan setelah itu di lanjutkan cara untuk membersihkan batuan karbonat, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap pengaruh temperatur, salinitas dan waktu terhadap perolehan minyak menggunakan metoda *spontaneous imbibition test* dan pada proses terakhir di lakukan membuat analisa keseluruhan pengujian di dalam suatu laporan penelitian.

Bahan yang digunakan di dalam percobaan *spontaneous imbibition* adalah larutan NaCl, *crude oil* dan toluena. NaCl dan toluena berasal dari laboratorium teknik perminyakan universitas islam riau, dan *crude oil* yang digunakan berasal dari BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu.

3.1.1 ALAT

- a) *Mass Balance*
- b) Gelas Ukur 200 ml
- c) Gelas kimia 250 ml
- d) *Heater*
- e) *Labu dean and stark*
- f) Oven
- g) *Spontaneous imbibition test*
- h) Batang pengaduk
- i) *Labu volumetric*

3.1.2 BAHAN

- a) *Crude Oil*
- b) NaCl
- c) *Core karbonat (BC 22&23)*
- d) Aquadest
- e) Toluena
- f) Lem kaca

3.2. GAMBAR ALAT BAHAN DAN FUNGSI PENELITIAN

1. Timbangan digital berfungsi untuk menimbang larutan NaCl dan *water* yang bertujuan untuk larutan salinitas yang digunakan untuk campuran batuan karbonat setelah di jenuhi *crude oil* di dalam melakukan percobaan *spontaneus imbibition test*.



GAMBAR 3.1 Timbangan Digital
(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

2. *Labu volumetik* berfungsi untuk mengukur densitas fluida non transparant.

Gambar 3.2 LABU VOLUMETRIK



(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3. *Spontaneous imbibition* alat yang digunakan di dalam melakukan analisa pengujian pengaruh temperatur, salinitas dan waktu di dalam perolehan minyak terhadap batuan karbonat



Gambar 3.3. *Spontaneous Imbibition*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

4. heater alat yang digunakan untuk melarutkan *crude oil* agar dapat di lakukanya penjenuhan terhadap batuan karbonat.



Gambar 3.4 *Heater*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

5. NaCl natruim *chloride* biasa kenal dengan garam bertujuan untuk membentuk larutan yang memiliki salinitas.



Gambar 3.5 NaCl

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

6. *crude oil* bertujuan untuk proses penjuhan batuan karbonat melakukan percobaan *spontaneous imbibition test*



Gambar 3.6 *crude oil*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3.3. PROSEDUR PENELITIAN

Prosedure penelitian dari penelitian *spontaneous imbibition* antara lain sebagai berikut:

3.3.1 *Spontaneous Imbibition Test*

1. Cara penggunaannya sama dengan picnometer, tetapi digunakan untuk menghitung fluida *non-transparent*, seperti *crude oil*.
2. Timbang terlebih dahulu labu volumetrik kosong lalu isi fluida hingga garis batas pada leher labu volumetrik.
3. Timbang kembali labu volumetrik beserta fluidanya dan tentukan selisih berat yang merupakan massa dari fluida.
4. Volume labu volumetrik yang digunakan telah tertera pada dinding labu sehingga densitas fluida yang diuji dapat ditentukan.

3.3.2 Pembuatan Larutan *Brine*

Melarutkan NaCl kedalam fluida pelarut berupa air di dalam gelas kimia 250 ml dengan kadar salinitas yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 5000, 10000, 15000 dan 25000 dinyatakan dalam satuan PPM (*Part Per Million*). Jumlah gram zat terlarut pada 1 PPM larutan dapat ditentukan dengan cara berikut (Terrie dan Boguski, 2006)

$$1 \text{ PPM larutan} = (1 \text{ mg zat terlarut} / 1 \text{ L larutan})$$

Pada pembuatan larutan 10000 PPM larutan NaCl dalam 250 ml air, maka jumlah garam NaCl yang dibutuhkan adalah sebesar 2,5 gram.

3.3.3 Menghitung *Recovery Faktor (RF)*

Prosedur perhitungan :

Setelah core didalam alat *spontaneous imbibition* dipanaskan dengan oven pada temperatur dan waktu tertentu. *Recovery factor* dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$RF = \frac{\text{recoverable reserve}}{\text{initial oil in place}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$= \frac{\text{volume minyak awal} - \text{volume minyak sisa}}{\text{volume minyak awal}}$$

3.3.4 Membersihkan Core

Prosedur percobaan :

1. *Core* yang telah kita gunakan sebelumnya, kemudian kita bersihkan dengan cara conventional (menggunakan toluena) yang dipanaskan bersamaan dengan *core* didalamnya menggunakan alat labu and stark (Shariatpahani,2010).
2. Lakukan langkah-langkah tersebut sampai *core* benar-benar bersih.
3. Mengeringkan sampel di dalam oven selama 1 jam dengan temperatur 100 sampai *core* benar benar kering, kemudian mendinginkan pada temperatur ruang

3.4. *Software* Modde 5.

Software RSM modde 5 merupakan *software* yang di keluarkan oleh umertrics AB (1992), dimana *software* ini berfungsi untuk program hasil dari metode yang digunakan secara statistic dari perancangan eksperimen.

Analisa dari *software* modde 5 terdiri dari langkah langlah sebagai berikut :

1. Input *factor definition* seperti salinitas, temperatur dan waktu beserta satuan yang diggunakan
2. Input *defimition response* yaitu *recovery factor*.
3. Running *factor definition* dan *defimition respons*.
4. Input nilai *recovery factor* peroleh dari pengujian *spontaneous imbibition test*
5. Pengujian hasil analisa masing masing *respons* temperatur, salinitas, dan waktu terhadap *recovery factor*.
6. Pengujian pada plot *analysis*.
7. Mengetahui kondisi maksimum

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Bab ini menyampaikan hasil penelitian tentang analisis pengaruh temperatur, salinitas dan waktu terhadap faktor perolehan minyak menggunakan metode *spontaneous imbibition test*, serta mengetahui kondisi optimum dari pengaruh temperatur, salinitas dan waktu terhadap faktor perolehan minyak. Pada bab ini menggunakan aplikasi *response surface methodology* (RSM). Penggunaan *software* pendukung Modde 5 bertujuan untuk mendapatkan grafik hubungan pengaruh temperatur, salinitas dan waktu terhadap faktor perolehan minyak hasil pengujian *spontaneous imbibition*, serta mengetahui kondisi optimum dari pengaruh temperatur, salinitas dan waktu terhadap faktor perolehan minyak.

Spontaneous imbibition merupakan proses pendesakan *non wetting phase* oleh *wetting phase*. *Spontaneous imbibition test* merupakan metode yang sangat berguna untuk faktor perolehan minyak. Peneliti menggunakan 2 buah core yaitu: *carbonate core* (BC 22&23). Nilai porositas dari *carbonate core* rata-rata 10% dan mempunyai nilai permeabilitas sebesar 100 md. *Crude oil* yang digunakan berasal dari BOB PT Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu. Properties dari *crude oil* dimana: desintas *crude oil* 0.799 gr/cc (diukur dengan labu volumetric), 45.6 API (light oil), dan viscositas minyak sebesar 4.9 μ (Lampiran).

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk melihat 3 pengaruh parameter seperti: salinitas (5000 ppm, 10000 ppm, 15000 ppm, dan 25000 ppm), waktu (5 jam, 10 jam, 20 jam, dan 24 jam) dan temperatur (50°C, 60°C, 70°C, dan 80°C) terhadap faktor perolehan minyak (RF), serta melihat keselarasan data *actual* dengan data prediksi (menggunakan *software* RSM modde 5).

Total jumlah *experiment* yang dilakukan untuk *carbonate core* berjumlah 20 *experiment*, dimana *core* disaturasi dengan *crude oil* 100% ($So_i = 100\%$). *Core* dibersihkan dengan cara conventional (Menggunakan toluena). Setelah

didapatkan beberapa data *actual* dari *experiment*, kemudian di *prediction* menggunakan *software* RSM. Langkah-langkah yang kami lakukan dalam pengujian ini dengan mempersiapkan *core*, *core* yang di pakai di dalam pengujian ini *carbonate core*. Setelah *core* dirasa siap digunakan lalu *core* di saturasi dengan minyak yang di panaskan selama 2 jam. Setelah *core* disaturasikan dengan minyak, *core* dimasukan ke dalam alat *spontaneous imbibitions test* yang telah berisi air dengan kadar salinitas yang sudah di tentukan

Pada saat percobaan laboratorium telah selesai dilakukan dan di dapatkan nilai *recovery factor* pada alat *spontaneous imbibition* dan setelah itu baru bisa di lakukan menggunakan *software* RSM modde 5 untuk melihat observasi terhadap nilai prediksi dan mengetahui pengaruh dari parameter-parameter *temperature*, *Salinity* dan *time* terhadap *recovery factor*, dan tabel di bawah ini awal mula untuk menggunakan *software* dengan memasukan nilai dari uji laboratorium yang telah dilakukan.

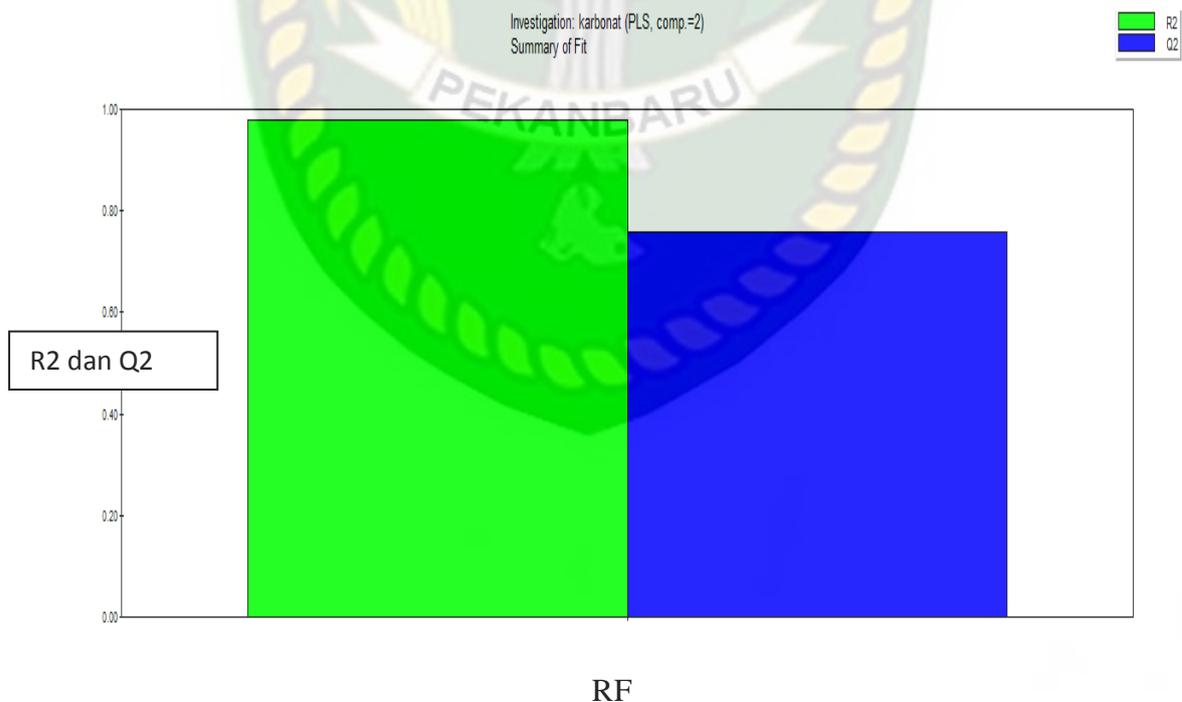
4.1 ANALISIS EFEK PENGARUH *TEMPERATURE*, *SALINITY* DAN *TIME* TERHADAP *RECOVERY FACTOR* (RF) MENGGUNAKAN *RESPONS SURFACE METHODOLOGY* (RSM)

4.1 Table hasil penelitian *spontaneous imbibition test* pada *carbonate core*

| Temperature | Salinity | time | OOIP | NP | RF |
|-------------|----------|------|------|------|-------|
| 50 | 5000 | 5 | 9.83 | 0.01 | 1.22 |
| 70 | 5000 | 5 | 5.81 | 0.04 | 4.81 |
| 80 | 15000 | 5 | 5.81 | 0.02 | 2.75 |
| 50 | 25000 | 5 | 5.81 | 2 | 37.00 |
| 80 | 25000 | 5 | 9.83 | 0.02 | 9.69 |
| 80 | 5000 | 10 | 5.81 | 0.05 | 5.50 |
| 60 | 25000 | 10 | 5.81 | 2.8 | 29.00 |
| 80 | 10000 | 20 | 9.83 | 0.5 | 5.08 |
| 50 | 15000 | 20 | 5.81 | 0.04 | 6.13 |
| 70 | 25000 | 20 | 9.83 | 0.03 | 13.00 |

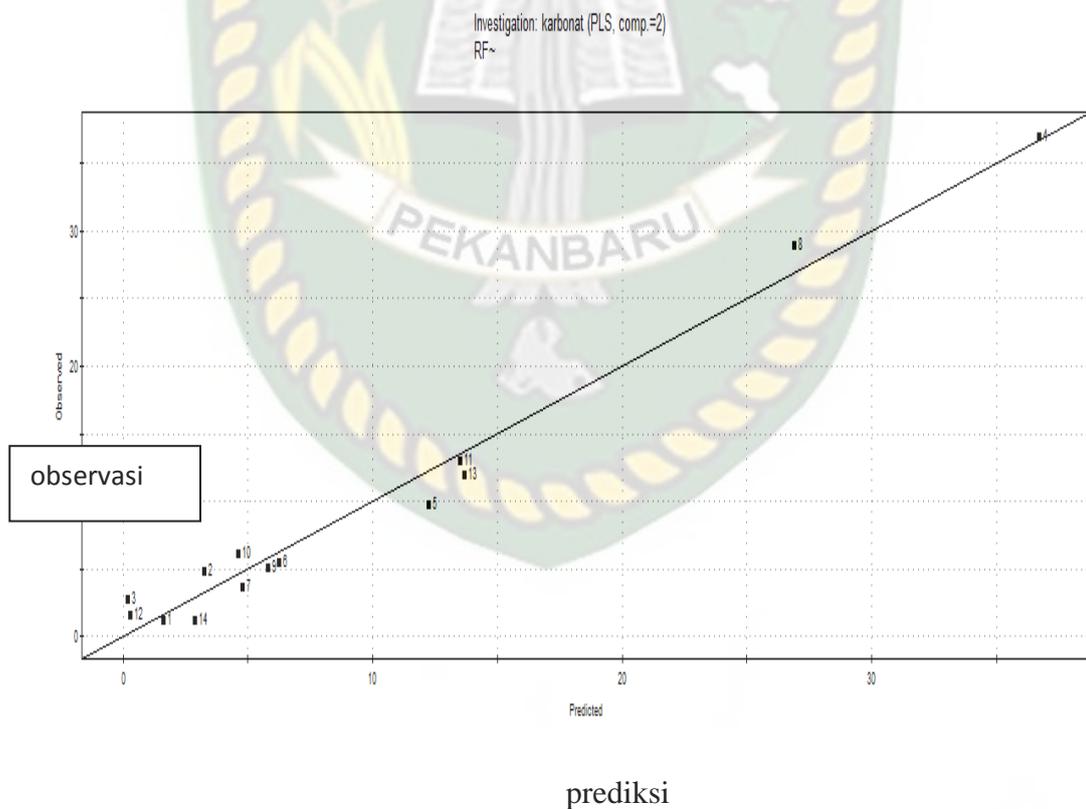
| | | | | | |
|----|-------|----|------|------|-------|
| 80 | 5000 | 24 | 5.81 | 0.05 | 12.00 |
| 60 | 10000 | 24 | 9.83 | 0.01 | 1.22 |
| 70 | 15000 | 24 | 5.81 | 0.04 | 4.47 |
| 80 | 25000 | 24 | 9.83 | 0.03 | 3.24 |
| 80 | 25000 | 24 | 9.83 | 0.03 | 2.22 |
| 80 | 25000 | 24 | 5.81 | 0.06 | 3.32 |
| 80 | 25000 | 24 | 9.83 | 0.02 | 2.24 |

Setelah dilakukannya semua uji laboratorium maka data data seperti *temperature, salinity, time, OOIP, NP, dan RF* di input kedalam *software RSM* yang terlihat seperti gambar di atas. Kemudian untuk melihat tingkat kecocokan data prediksi dan data actual pada penelitian yang telah dilakukan kita tekan symbol FIT yang terdapat pada menubar. Data-data diatas merupakan data pengujian pada batuan karbonat. Gambar di bawah ini adalah diagram lack of FIT dari data observasi dengan prediksi.



Gambar 4.1 Diagram Lack of FIT dari data observasi dengan prediksi

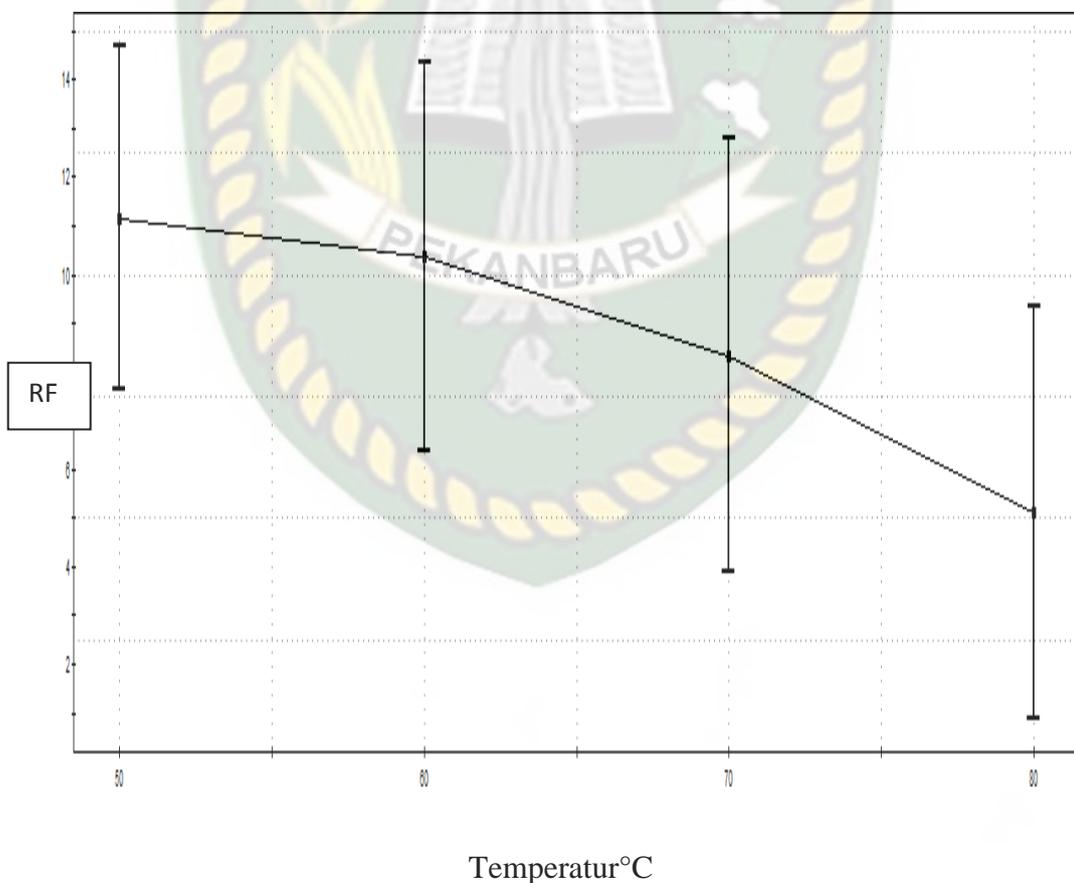
Gambar 4.1 merupakan diagram *summary plot* dari data observasi dan data prediksi yang memperlihatkan perbandingan R^2 dan Q^2 , R^2 adalah plot yang menunjukkan nilai dari hasil penelitian di laboratorium Sedangkan Q^2 adalah plot yang menunjukkan nilai dari hasil prediksi *software*. Dari gambar diatas menunjukkan experiment yang dilakukan bahwa hasil dari eksperimen menunjukkan 80%, untuk nilai Q^2 yang di dapat sebesar 0,80 atau sama dengan 80% sedikit jauh mendekati data model aktual. Lalu untuk melihat plot penyebaran antara data observasi dan data prediksi kita dapat menekan symbol observasi dan prediksi plot pada menubar, untuk menarik garis lurus antara data observasi dengan data prediksi menggunakan garis trend line pada menu bar dan di dapat grafik seperti berikut.



Gambar 4.2 Grafik penyebaran data observasi dengan data prediksi

Grafik di atas menunjukkan bahwa adanya beberapa nilai penyebaran di bandingkan dengan nilai yang lain nya. Nilai penyebaran tersebut di lihat kurang mendekati garis trend line, dan bisa di lihat nilai penyebaran antara lain 3 dan 5. Penyebaran 2 data aktual dengan data prediksi yang sudah dilakukan nya uji laboratorium dengan metode *spontaneous imbibition test* dan menggunakan batuan jenis karbonat, dari nilai grafik di atas dapat di lihat bahwa nilai nilai yang lain sudah hampir mendekati garis trend line yang di harapkan.

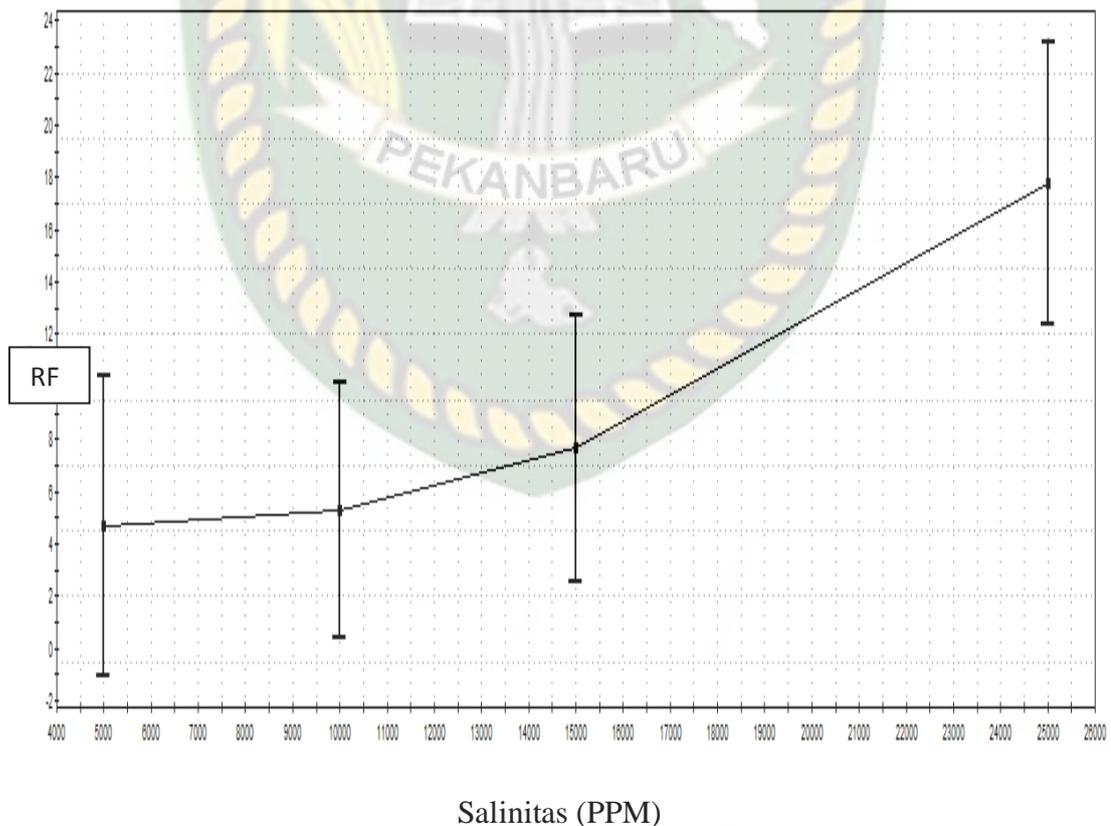
Penjelasan grafik di atas mengenai penyebaran data observasi dengan data prediksi maka adanya penjelasan grafik mengenai *pengaruh temperature, salinity, dan time* terhadap *recovery factor*, dan bisa di lihat di bawah ini sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik analisa pengaruh *Temperature* terhadap *Recovery Factor*

Grafik diatas merupakan grafik yang didapatkan dari *software RSM modde 5*. Grafik di atas bertujuan untuk menunjukkan pengaruh efek temperatur terhadap faktor perolehan minyak, dimana nilai dari 50 ke 60 garis trend line nya mulai naik tetapi tidak terlalu tinggi, dan setelah 60 ke 70 sampai 80 garis trend line turun, jadi efek pengaruh temperatur terhadap perolehan minyak yang telah dilakukan nya uji laboratorium dan di lihat menggunakan *software RSM modde 5* bahwa pengaruh temperatur terhadap perolehan minyak tidak terlalu berpengaruh atau nilai dari perolehan minyak yang di hasilkan kecil.

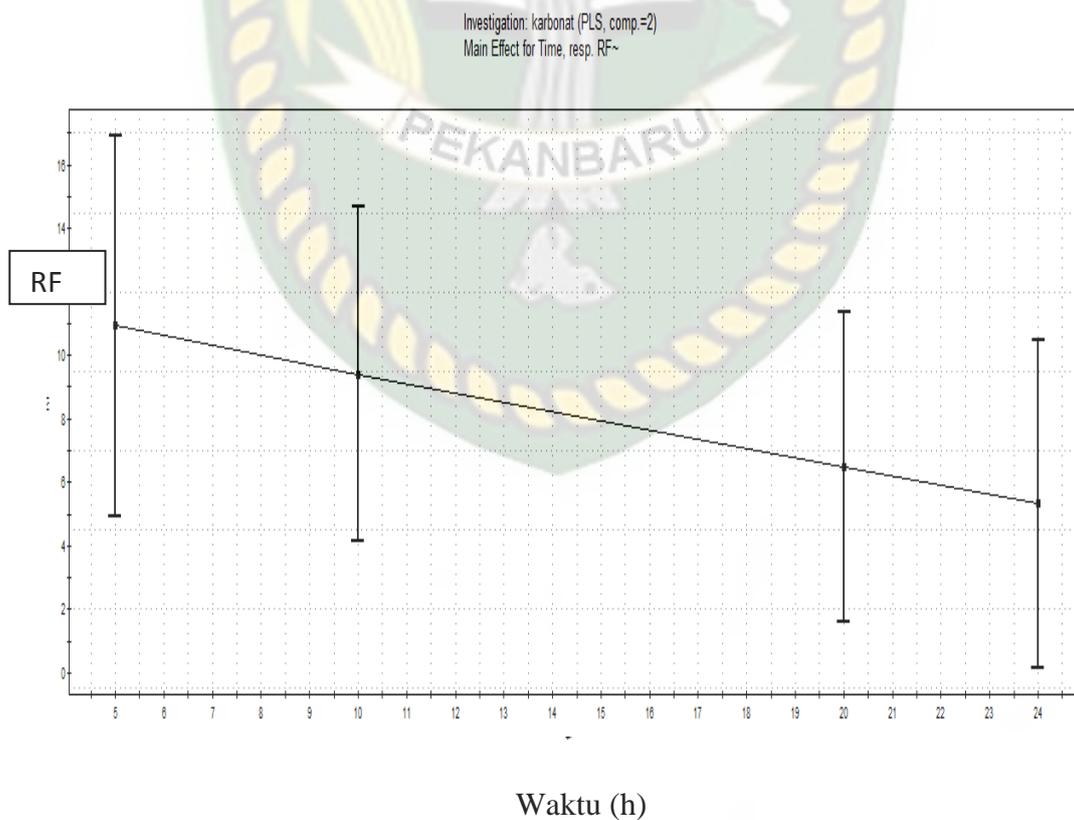
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya peningkatan perolehan minyak dengan temperatur yang rendah, karena kenaikan *temperature* membuat karbonat lebih membasahi oleh air atau tertutup nya pori-pori batuan sehingga minyak yang berada di dalam batuan sulit untuk keluar, kenaikan *temperature* membuat hasil yang negative (zhang dan austed, 2006).



Gambar 4.4 Grafik analisa pengaruh Salinitas terhadap *Recovery Factor*

Gambar 4.4 merupakan grafik yang menunjukkan pengaruh salinitas 5000 PPM, 10000 PPM, 15000 PPM dan 25000 PPM terhadap *recovery factor* dimana semakin tinggi salinitas maka *recovery factor* semakin besar atau tinggi. Gambar diatas merupakan grafik yang didapatkan dari *software* RSM modde 5. Grafik di atas bertujuan untuk melihat pengaruh salinitas terhadap *recovery factor*, dimana di lihat dari nilai awal 4000 dan nilai garis awal nya 5000 sampai 25000 garis trand line naik yang cukup tinggi, jadi grafik salinitas terhadap *recovery factor* menunjukkan bahwa semakin rendah salinitas maka nilai *recovery factor* yang di dapatkan tetap kecil/rendah, dan jika nilai salinitas nya besar maka *recovery factor* yang di dapatkan semakin besar/tinggi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan adanya pengaruh kadar salinitas terhadap *recovery factor*, peningkatan salinitas terhadap *recovery factor* akan meningkatkan *factor* perolehan minyak (Al-Attar, 2013)



Gambar 4.5 Grafik analisa pengaruh *Time* terhadap *Recovery Factor*

Grafik diatas didapatkan dari *software* RSM modde 5. Grafik tersebut menjelaskan bahwa pengaruh waktu terhadap perolehan minyak dari nilai 5 sampai 24 menunjukkan efek pengaruh grafik terhadap garis trand line mengalami penurunan dan tidak ada nya kenaikan garis trand line sampai nilai 24. Hal ini menjelaskan bahwa waktu terhadap nilai perolehan minyak sangat berpengaruh di dalam melakukan uji laboratorium *spontaneous imbibition*, dimana waktu semakin lama akan membuat *factor* perolehan minyak semakin berkurang dan tidak adanya kenaikan.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh mochamad fajar sanny yang mengatakan setelah hasil uji laboratorium bahwa waktu pada 10 hari pertama mendaptkan faktor perolehan minyak yang besar dan di tambahkan sampai waktu 15 jam dan di lihat bahwa faktor perolehan minyak nya berkurang.

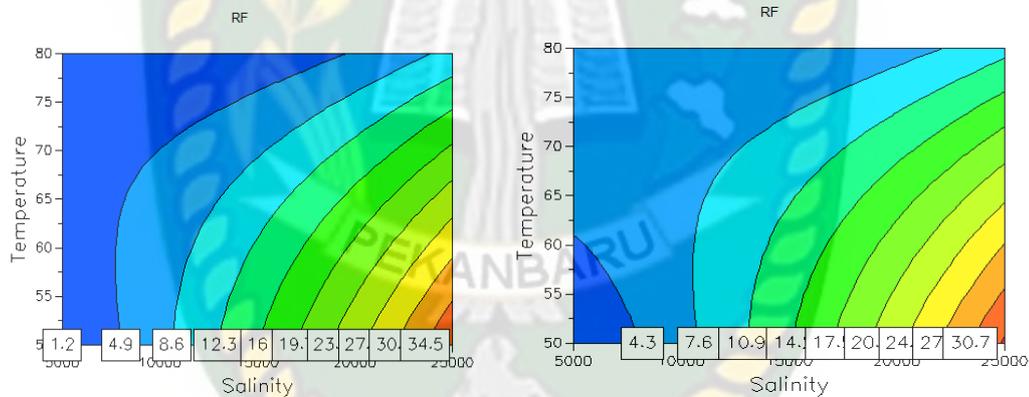
Tabel 4.2 Hasil data actual (observasi) dan prediction menggunakan software

RSM

| NO | Observed | Predicted |
|----|----------|-----------|
| 1 | 1.22 | 0.82 |
| 2 | 4.81 | 2.08 |
| 3 | 2.75 | 2.78 |
| 4 | 37.00 | 36.48 |
| 5 | 9.69 | 12.00 |
| 6 | 5.51 | 3.98 |
| 7 | 3.66 | 4.79 |
| 8 | 29.00 | 24.71 |
| 9 | 5.08 | 7.72 |
| 10 | 6.13 | 3.73 |
| 11 | 13.00 | 10.98 |
| 13 | 12.00 | 14.79 |

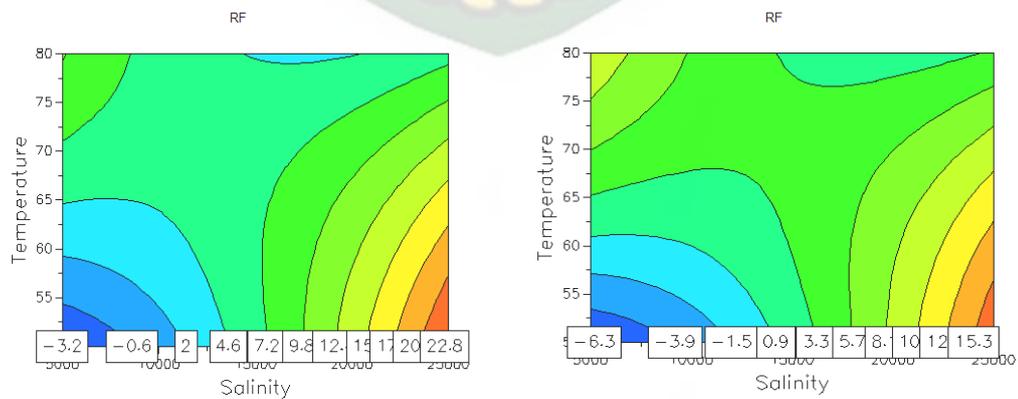
| | | |
|----|------|------|
| 14 | 1.22 | 3.65 |
| 15 | 4.47 | 6.05 |
| 16 | 3.32 | 5.22 |
| 17 | 2.24 | 5.03 |

Dari tabel 4.2 observasi dan prediksi menunjukkan hasil yang kita dapat pada penelitian kali ini hampir mendekati prediksi yang di dapat dari *software* Modde 5. Kedekatan hasil yang di dapat mengindikasikan bahwa penelitian yang telah dilakukan mendekati kata berhasil. Adapun hasil yang kurang mendekati yaitu pada eksperimen 5, 8 dan 11. Hasil yang kurang mendekati ini mungkin diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu seperti kurang tepatnya pembacaan dan panas dari *oven* yang sering berubah-ubah.



(A). Time = 5 hour

(B). Time = 10 hour



(C). Time = 20 hour

(D). Time = 24 hour

Gambar 4.6 Contur plot antara *temperature vs salinity* dengan *Time* yang konstan terhadap RF yang didapat (*carbonate*)

Contur plot yang di dapat dari *software* RSM modde 5 mengetahui pengaruh *temperature vs salinity* dengan *time* yang konstan terhadap RF yang di dapat dari *core carbobate*. Pengaruh parameter seperti temperatur, salinitas, dan waktu menunjukan dan menjelaskan sebagai berikut:

- A. Gambar A menjelaskan bahwa efek pada waktu 5 jam *temperature* 50 dengan *salinity* 25000 menunjukan faktor perolehan minyak yang besar pada pengujian *spontaneous imbibition test* dengan nilai 34,5.
- B. Gambar B dapat kita ketahui bahwa pengaruh waktu 10 jam pada *temperature* 50 *salinity* 25000 dengan faktor perolehan minyak yang tidak terlalu besar dengan 30,7
- C. Gambar C menjelaskan bahwa pada waktu 20 jam *temperature* 80 *salinity* 5000 didapat nilai *recovery factor* 22,8
- D. Gambar D menunjukan pada waktu 24 jam *temperature* 50 *salinity* 25000 di dapatkan nilai *factor* perolehan minyak dengan nilai 15,4 penjelasan gambar contur plot antara *temperature*, *salinity* dan *time* bahwa pengaruh *salinity* sangat besar di bandingkan dengan temperatur dan *time*.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|-------------------|-----------------|----------|---------------------|---------|-------|---------|
| 1 | RF~ | DF | SS | MS | F | p | SD |
| 2 | | | | (variance) | | | |
| 3 | Total | 17 | 2803.29 | 164.9 | | | |
| 4 | Constant | 1 | 1217.9 | 1217.9 | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | Total Corrected | 16 | 1585.39 | 99.0869 | | | 9.95424 |
| 7 | Regression | 9 | 1568.58 | 174.287 | 72.5735 | 0.000 | 13.2018 |
| 8 | Residual | 7 | 16.8106 | 2.40152 | | | 1.54968 |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | Lack of Fit | 5 | 16.1304 | 3.22607 | 9.48472 | 0.098 | 1.79613 |
| 11 | (Model Error) | | | | | | |
| 12 | Pure Error | 2 | 0.680267 | 0.340133 | | | 0.58321 |
| 13 | (Replicate Error) | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | N = 17 | Q2 = 0.799 | | Cond. no. = 13.4233 | | | |
| 16 | DF = 7 | R2 = 0.989 | | Y-miss = 0 | | | |
| 17 | Comp. = 4 | R2 Adj. = 0.976 | | RSD = 1.5497 | | | |

Tabel 4.2 ANOVA (*Analysis Of Variant*)

Tabel 4.2 merupakan tabel ANOVA dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Tabel ANOVA adalah tabel yang menjelaskan variasi data yang telah kita lakukan seperti P adalah *probability* atau kemungkinan kesalahan data yang kita dapat dari penelitian yang telah kita lakukan. Hasil penelitian yang dikatakan baik, apabila nilai P mendekati nilai 0 berdasarkan pembacaan dari teori *software* RSM modde 5. Pada tabel ANOVA menunjukkan nilai 0,098. Jadi hasil yang telah kita uji mendekati data akurat. R^2 *adjusted* merupakan fraksi dari variasi respon yang telah disesuaikan. Nilai dari R^2 *adjusted* pada penelitian ini didapatkan sebesar 0,989 hampir mendekati nilai R^2 . Simbol SD (Standar Deviasi) adalah tingkat penyimpangan data. Pada tabel ANOVA nilai SD sebesar 1,79 jadi tingkat penyimpangannya tidak terlalu cukup besar dan data yang didapat termasuk baik.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Hasil dan pembahasan yang didapatkan dari percobaan *spontaneous Imbibition test* dengan mengetahui pengaruh parameter *temperature*, *salinity* dan *time* terhadap *recovery factor* yang disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa nilai dari *recovery factor* yang maksimum dari Penentuan temperatur, salinitas, dan waktu terhadap *recovery factor* adalah dengan nilai 37%.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa pengaruh dari parameter *temperature*, *salinity* dan *time* yang sangat berpengaruh adalah larutan salinity, dimana semakin tinggi nilai larutan tersebut maka nilai dari *recovery factor* semakin besar dengan nilai larutan 25000 PPM.
3. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan nilai kondisi optimum dengan perolehan minyak yang maksimum didapatkan dengan temperature 50, salinity 25000 dan waktu 5 jam dengan nilai *recovery factor* 37%.
4. Berdasarkan hasil penelitian batuan karbonat sangat bagus di dalam melakukan penelitian, karena batuan karbonat tersebut memiliki porositas yang dapat menyimpan dan terkumpulnya minyak yang ada di dalam batuan karbonat dan dapat menghasilkan nilai perolehan minyak yang besar.

5.2 SARAN

Disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk menggunakan jenis minyak yang lain dan tetap pada prosedur yang sama dan *software* yang sama.

DAFTAR PUSTAKA (LITERATURES)

- Ahmed T. (2006) “*Reservoir Engineering Handbook Second Edition*”. Gulf Professional Publishing. Texas, United States.
- Alibi Kilybay, Bisweswar Ghosh, dan Nithin Chacko Thomas. (2017). “*A Review on the Progress of Ion-Engineered Water Flooding*”, Journal of Petroleum Engineering.
- Khuri AI, Mukhopadhyay S.M. (2010). “*Multiresponse Surface Methodology*”. In: John Wiley & Sons, In eds. Handbook of Statistics, vol. 2.
- Siluni, Wickramathilaka dan Morrow N.R. (2010). “*Effect Of Salinity On Oil Recovery By Spontaneous Imbibition*”. International Symposium of the Society of Core Analysts held in Halifax, Nova Scotia, Canada, 4-7.
- Olafuyi, O.A. Cinar, Y., Knacksted, M.A dan Pinczewski W.V. (2007): “*Spontaneous Imbibition In Small Core*”. SPE 109724 presented at the SPE Asian Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition held in Jakarta. Indonesia, 30 October-1 November
- Craft, B.C. dan Hawkins, M.F (1991). “*Applied Petroleum Reservoir Engineering*”. Revised by Terry, R.E Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Uetani, T., Takabayashi, K., Kaido, H., dan Yonebayashi, H. (2017). *Laboratory Investigation of Low Waterflooding Using Carbonate Core Reservoir Rock Sample*. Paper Presented at the 2017 EAGE European Symposium on Improved Oil Recovery Heavy, Stavanger, Norway
- Morrow, N.R. dan Buckley, J. (2011). “*Improved Oil Recovery by Low-Salinity Waterflooding*” Journal of Petroleum Technology, 63(5), 106–112
- Radojkovic, M., Zekovic, Z., Jokic, S., and Vidovic, S. (2012). *Determination of optimal extraction parameters of mulberry leaves using Response Surface Methodology (RSM)*. Romanian Biotechnological Letters.17(3): 7295–7308
- Morrow, N.R. dan Mason, G. (2001) “*Recovery of Oil by Spontaneous imbibition*” Colloid and interface Science 6: 322-337.
- Morrow, N.R. dan Buckley, J. (2011) “*Improved Oil Recovery by Low-Salinity Waterflooding*” Journal of Petroleum Technology, 63(5), 106–112.

Nofrizal, Andry dan Yoga, A.P. (2011). “*Pengaruh Suhu dan Salinity Terhadap Kestabilan Emulsi Minyak Mentah Indonesia*”. Artikel Ilmiah Ilmu Teknik Kimia Universitas Diponegoro .

Viriya, Tommy dan Lestari. (2015). “*Studi Laboratorium Mengenai Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Surfactan Terhadap Peningkatan Produksi Minyak Pada Injeksi Surfactan Dengan Kadar Salinitas Air Formasi yang Bervariasi*”. Seminar Cendikiawan.

Buyon Guo, Phd. William C.Lyons, Phd. Dan Ali Ghalambor, Phd. (2007). “*Petroleum Production Engineering*”. Elsevier Science & Thecnology Book Publication.

