

ANALISA AIR FORMASI DALAM MENENTUKAN KECENDERONGAN PEMBENTUKAN SCALE PADA SUMUR X,Y DAN Z

Nasirudin Mahmud Ahmad, Lestari Said
Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti

Abstrak

Banyak hal yang dapat mempengaruhi penurunan produksi pada reservoir, salah satunya adalah adanya endapan scale yang terdapat dalam formasi maupun peralatan produksi baik di bawah maupun di permukaan yang berasal dari pengaruh air formasi. Maka untuk menguji seberapa besar kecenderungan air formasi tersebut dalam membentuk scale, dilakukan pengujian terhadap air formasi tersebut di laboratorium Analisa Fluida Reservoir dengan dua metode, yaitu Stiff & Davis dan Skillman, Mcdonald, & Stiff. Terdapat tiga air formasi yang digunakan sebagai sampel dalam pengukuran uji kandungan scale CaCO_3 dan CaSO_4 . Dari hasil pengukuran di laboratorium dan perhitungan menggunakan metode Stiff & Davis diperoleh nilai SI pada sampel I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 11,036, 9,6119, dan 10,815. Nilai SI yang positif pada tiap sampel menandakan bahwa pada tiap sampel terbentuk scale CaCO_3 . Selanjutnya dengan metode Skillman, Mcdonald, & Stiff diperoleh nilai S pada sampel I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 35,223 meq/l, 129,8 meq/l, dan 66,99 meq/l. Adapun nilai konsentrasi ion Ca^{+2} pada sampel I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 7,678 meq/l, 38.392 meq/l, dan 15.996 meq/l, serta nilai konsentrasi ion SO_4^{-2} pada sampel I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 2,7736 meq/l, 94,167 meq/l, dan 41,947 meq/l. Perolehan nilai S yang lebih besar dibanding nilai konsentrasi ion Ca^{+2} dan SO_4^{-2} menandakan bahwa pada tiap sampel air formasi tidak terbentuk scale CaSO_4 .

Pendahuluan

Air formasi merupakan fluida yang dapat melarutkan ion-ion yang terdapat dalam reservoir. Pada sumur minyak biasanya akan ditemukan air formasi yang mengandung ion-ion calcium, barium, karbonat, sulfat, magnesium, natrium dan klorida.

Proses produksi minyak bumi memberikan efek perubahan suhu dan tekanan sehingga anion-kation yang semula larut dalam air formasi terganggu kesetimbangannya sehingga menghasilkan padatan-padatan. Padatan ini akan menjadi masalah bila yang dihasilkan dalam jumlah besar. Padatan ini akan mengendap pada jalur yang dilewati air terproduksi seperti perforasi, gravel pack, pompa, tubing, choke dan valve, hingga separator. Mengendapnya padatan-padatan yang terbawa air formasi pada rangkaian produksi di sebut scale, akibat dari scale tersebut dapat menurunkan produksi yang merugikan secara ekonomi.

Pentingnya mengetahui kandungan ion-ion yang terdapat pada air formasi untuk melakukan pencegahan sebelum terbentuknya scale. Pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan scale inhibitor. Adapun jenis scale yang terbentuk pada sumur tersebut harus di ketahui dahulu jenis apa saja scale yang terbentuk seperti CaCO_3 , CaSO_4 dan BaSO_4 . Dari analisa air formasi yang dilakukan di laboratorium, komposisi ion-ion yang terkandung didalamnya dapat digunakan untuk menentukan potensi terbentuknya scale. Potensi terbentuknya scale dapat diketahui dengan menghitung scale index (SI). Perhitungan SI dapat dilakukan dengan menggunakan metode Stiff & Davis. Bila harga SI kurang dari nol maka air tidak ada kecenderungan terbentuknya scale, sedangkan SI sama dengan nol maka air berada pada titik jenuh. Dan apabila harga SI diatas nol maka air akan cenderung membentuk scale

Teori Dasar

Air formasi mengandung bermacam-macam bahan kimia dalam bentuk ion-ion yang terlarut. Ion-ion tersebut dapat bergabung satu sama lain membentuk senyawa yang tidak larut dalam air, apabila senyawa tersebut cukup banyak sehingga melampaui batas keterlarutannya pada suatu kondisi, maka senyawa tersebut akan mengendap sebagai padatan yang disebut scale

Scale adalah endapan kimiawi yang dapat terjadi di tanki, water treatment, separator dan lain lain, pada waterflood pencampuran air dari banyak sumber dapat menyebabkan banyak scale di formasinya

2.1 Sifat-sifat kimia

Air formasi yang terproduksi bersama minyak dan gas mengandung senyawa-senyawa kimia dalam bentuk ion-ion, yaitu kation (ion positif) dan anion (ion negatif). Adapun pembagian ion-ion tersebut adalah sebagai berikut:

Kalsium (Ca⁺²)

- **Magnesium (Mg⁺²)**

Jumlah konsentrasi ion magnesium lebih kecil dibandingkan konsentrasi ion kalsium. Permasalahan yang dihasilkan ion magnesium adalah apabila bereaksi dengan karbonat akan membentuk scale MgCO₃ atau jika bereaksi dengan sulfat akan membentuk scale MgSO₄.

- **Besi (Fe⁺²)**

Besi biasanya terkandung dalam air dengan konsentrasi yang relatif rendah (kurang dari 1000 mg/l), yang berupa ferric (Fe⁺³) dan ferro (Fe⁺²) ataupun dalam suatu suspensi yang berupa senyawa besi yang terendapkan. Ion besi dengan konsentrasi yang tinggi biasanya menunjukkan adanya problem korosi. Selain itu adanya pengendapan senyawa besi juga dapat mengakibatkan penyumbatan.

- **Barium (Ba⁺²)**

Konsentrasi ion barium jumlahnya kecil, namun bila bereaksi dengan sulfat maka akan membentuk barium sulfat (BaSO₄) yang sangat sukar untuk larut sehingga bisa menghasilkan permasalahan yang serius.

- **Natrium (Na⁺²)**

Natrium juga merupakan komponen yang dominan dalam air, tetapi keberadaannya tidak menimbulkan masalah yang berhubungan dengan pengendapan scale yang tidak dapat larut, kecuali pengendapan natrium klorida (NaCl) yang bersifat mudah larut, yang biasanya terjadi pada air formasi dengan pH yang tinggi.

- **Stronsium (Sr⁺²)**

Seperti halnya kalsium dan barium, reaksi stronsium dengan ion sulfat akan membentuk scale stronsium sulfat yang juga bersifat tidak larut. Meskipun stronsium sulfat memiliki kadar kelarutan yang lebih besar dari barium sulfat, seringkali kedua jenis scale ini terendapkan secara bersama dan membentuk endapan scale campuran.

- **Klorida (Cl⁻)**

Klorida merupakan jenis anion yang paling dominan dalam air formasi maupun dalam air tawar. Ion klorida pada umumnya membentuk senyawa dengan natrium sehingga dijadikan sebagai indikator harga salinitas dari air.

- **Karbonat (CO₃⁻²) dan Bikarbonat (HCO₃⁻)**

Ion-ion ini dapat membentuk endapan scale yang tidak larut jika bereaksi dengan kalsium, dan membentuk scale yang larut dengan magnesium. Kandungan ion bikarbonat juga berpengaruh terhadap derajat keasaman (pH) larutan. Konsentrasi ion karbonat dapat dinyatakan dengan Phenolphthalin Alkalinity (PA), sedangkan untuk konsentrasi ion bikarbonat dapat dinyatakan dengan Methyl Orange Alkalinity (MA).

- **Sulfat (SO₄²⁻)**

Kandungan ion sulfat dapat menjadi masalah jika bereaksi dengan kalsium, barium ataupun stronsium. Reaksi dari ion ion tersebut akan membentuk endapan scale yang bersifat tidak larut. Selain itu ion sulfat juga merupakan sumber makanan untuk jenis bakteri tertentu

2.2 Mekanisme Pembentukan Scale

Scale adalah endapan kimiawi yang terjadi karena pencampuran senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam air yang incompatible (berlainan sifat) dan tidak larut, sehingga batas kelarutan senyawa yang ada dalam campuran air formasi tersebut terlampaui. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi senyawa-senyawa air yang terkandung di dalamnya, yaitu: Tekanan, Temperatur, Tekanan partial zat CO₃ Dan Kadar garam

Perubahan keempat faktor tersebut dapat terjadi di dalam sumur, mulai dari lubang sumur sampai ke permukaan, ataupun sepanjang pipa salur. Dengan demikian endapan atau scale sering terjadi di separator, water treatment, tanki, daerah perforasi, maupun di formasi pada reservoir water drive. Pembentukan scale biasanya terjadi pada bidang-bidang yang bersentuhan secara langsung dengan air formasi selama proses produksi, seperti pada matrik dan rekahan formasi, lubang sumur, rangkaian pompa dalam sumur (downhole pump), pipa produksi, pipa selubung, pipa alir, serta peralatan produksi **di permukaan (surface facilities)**.

2.3 Jenis-Jenis Scale dan Faktor yang Mempengaruhi Pembentukannya

Ada beberapa macam jenis scale menurut jenis endapan senyawa kimia yang dibentuk. Dengan mengetahui jenis scale yang terjadi, maka dapat dilakukan pencegahan dan penanggulangannya.

Adapun jenis-jenis scale dapat dilihat pada tabel 2.1 yang menjelaskan tentang berbagai macam jenis scale beserta faktor-faktor penting yang mempengaruhi pembentukannya.

Tabel 2.3 Jenis-Jenis Scale

Jenis Scale	Rumus Kimia	Faktor Penting Yang Berpengaruh
Calcium Carbonate (calcite)	CaCO ₃	Tekanan, suhu, total garam terlarut
Calcium Sulfat - Gypsum - Hemihydrate - Anhydrite	CaSO ₄ .2H ₂ O CaSO ₄ . $\frac{1}{2}$ H ₂ O CaSO ₄	Tekanan, suhu, total garam terlarut
Barium Sulfat (barit) Stronsium Sulfat (celestite)	BaSO ₄ SrSO ₄	Tekanan, suhu, total garam terlarut
Senyawa Besi - Ferro Carbonat - Ferro Sulfida - Ferro Hydrixide - Ferro Oxide	FeCO ₃ FeS Fe(OH) ₂ Fe ₂ O ₃	Hasil korosi, gas-gas terlarut, dan pH

Dari beberapa scale yang terdapat pada tabel 2.1 biasanya hanya dijumpai tiga jenis, yaitu Calcium Carbonat (CaCO₃), Calcium Sulfat (CaSO₄), dan Barium Sulfat (BaSO₄). Jenis scale yang lain seperti Gypsum (CaSO₄.2H₂O), Stronsium Sulfat (SrSO₄), dan Ferro Carbonat (FeCO₃) jarang ditemukan di Indonesia.

Scale BaSO₄ dan CaSO₄ hanya mungkin terjadi jika produksi *dicommingle* dari dua zona atau lebih. Untuk scale CaSO₄ biasanya tidak terjadi di sumur melainkan di boiler atau heater

teater, sedangkan CaCO_3 akan larut di asam karena scale ini cepat diendapkan dan mudah dihilangkan dengan asam. BaSO_4 tidak akan larut di asam karena scale jenis ini sangat padat dan keras

Hasil Analisa

Disini dibahas tentang hasil perhitungan dari analisa air formasi pada sumur x,y dan z, analisa air formasi dari ketiga sampel air formasi dengan menentukan PH, kation dan anion yang terdapat di dalam air formasi, kandungan kation di dalam air formasi meliputi Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Na^+ serta kandungan anion di dalam air formasi meliputi HCO_3^- , SO_4^{2-} dan Cl^-

Dalam analisa air formasi diperiksa sifat-sifat fisik kimia air formasi yang dapat memberikan kontribusi yang cukup besar dalam proses peningkatan produksi minyak. Ada beberapa hal yang akan di periksa, yaitu beberapa nilai konsentrasi ion,

3.1 Hasil pengujian air formasi

Setelah melakukan keseluruhan percobaan analisa air formasi dari tiga sampel yang berbeda-beda dari setiap sumur maka dapat dilihat hasil yang di dapat melihat nilai spesifik grafiti, derajat keasaman, total padatan dan kandungan anion dan kation dari setiap sampel yang sudah di analisis

Di bawa ini adalah tabel hasil uji laboratorium air formasi di sumur x,y dan z yang di lakukan di laboratorium analisa air formasi resevoir adalah sebagai berikut

Tabel 3.1 Hasil Uji Laboratorium

PARAMETER	SAMPEL 1	SAMPEL 2	SAMPEL 3
Spesifik grafiti (sg)	1,037	1,037	1,037
Derajat keasaman (ph)	8	8	8
Total padatan	0.008 gr	0.0072 gr	0.0058 gr
Kandungan zat organik	3.476	4.74	3.79
ANION	meq/l	meq/l	meq/l
HCO_3^-	3.9	6.66	6.327
SO_4^{2-}	69,341	94,167	41,947
Cl^-	14,8163	16,017	13,414
KATION	meq/l	meq/l	meq/l
Mg^{+2}	13.170	27.158	18.499
Ca^{+2}	7.678	38.392	15.996
Fe^{+2}	-	-	-
Na^+	67,233	51,296	27,193

3.2 Perhitungan Pembentukan Scale

Kecenderungan pembentukan scale pada sampel I, II, dan III dapat diramalkan dan ditentukan dengan melakukan analisa air formasi dengan menggunakan metode perhitungan Stiff & Davis dan metode Skillman, McDonald, & Stiff.

3.2.1 Perhitungan dengan Menggunakan Metode Stiff & Davis

Metode ini menggunakan parameter ionic strength (μ) sebagai koreksi terhadap total konsentrasi garam dan temperatur. Berikut ini adalah tabel kandungan ion-ion dalam sampel air formasi dalam menentukan nilai total ionic strength.

Tabel 3.2 Kandungan Ion-Ion Air Formasi Sampel I

Ion	Konsentrasi (ppm)	Faktor Konversi	Ionic Strength
Na ⁺	2,924	$2,2 \times 10^{-5}$	$6,4328 \times 10^{-5}$
Ca ⁺²	153,6	$5,0 \times 10^{-5}$	$7,68 \times 10^{-3}$
Cl ⁻	525,4	$1,4 \times 10^{-5}$	$7,3556 \times 10^{-3}$
SO ₄ ⁻²	133,348	$2,1 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-3}$
HCO ₃ ⁻	120	$3,3 \times 10^{-5}$	$3,96 \times 10^{-3}$
Total Ionic Strength			0,02185

Tabel 3.3. Kandungan Ion-Ion Air Formasi Sampel II

Ion	Konsentrasi (ppm)	Faktor Konversi	Ionic Strength
Na ⁺	2427,829	$2,2 \times 10^{-5}$	0,0533
Ca ⁺²	768	$5,0 \times 10^{-5}$	0,0384
Cl ⁻	568	$1,4 \times 10^{-5}$	$7,952 \times 10^{-3}$
SO ₄ ⁻²	4527,27	$2,1 \times 10^{-5}$	0,095
HCO ₃ ⁻	200	$3,3 \times 10^{-5}$	$6,6 \times 10^{-3}$
Total Ionic Strength			0,20

Tabel 3.4 Kandungan Ion-Ion Air Formasi Sampel III

Ion	Konsentrasi (ppm)	Faktor Konversi	Ionic Strength
Na ⁺	625,126	$2,2 \times 10^{-5}$	0,0137
Ca ⁺²	320	$5,0 \times 10^{-5}$	0,016
Cl ⁻	475,7	$1,4 \times 10^{-5}$	$6,6598 \times 10^{-3}$
SO ₄ ⁻²	2016,693	$2,1 \times 10^{-5}$	0,0423
HCO ₃ ⁻	190	$3,3 \times 10^{-5}$	$6,27 \times 10^{-3}$
Total Ionic Strength			0,084

Setelah ditentukan nilai total *ionic strength* pada masing-masing air formasi, maka perhitungan stability indeks dapat dilakukan. Perhitungan memakai data dalam bentuk ppm. Berikut ini adalah perhitungan stability Indeks pada masing-masing air formasi:

a) Air Formasi Sampel I

$$\text{pH} = 8$$

$$\text{Ca}^{+2} = 153,6 \text{ ppm}$$

$$\text{HCO}^{-3} = 120 \text{ ppm}$$

$$\text{Ionic Strength} = 0,0218$$

Dari gambar 2.14 mengenai grafik hubungan antara *ionic strength* vs K, maka diperoleh nilai K pada suhu 30 °C adalah sebesar 2,10

Maka dapat dihitung:

$$\text{pCa} = 4,5977 - 0,4337 \text{ Ion } [\text{Ca}^{+2}]$$

$$= 4,5977 - 0,4337 \text{ Ion } [153,6]$$

$$= 2,416$$

$$\text{pAlk} = 4,8139 - 0,4375 \text{ Ion } [\text{HCO}^{-3}]$$

$$= 4,8139 - 0,4375 \text{ Ion [120]}$$

$$= 2,72$$

$$\text{SI} = \text{pHw} - \text{K} - \text{pCa} - \text{pAlk}$$

$$= 8 - (2,10 - 2,416 - 2,72)$$

$$= 11,036 \rightarrow \text{SI positif, maka}$$

terbentuk scale CaCO_3

Dengan cara perhitungan yang sama pada air formasi sampel I, diperoleh hasil perhitungan scale dengan metode Stiff & Davis yang disajikan dalam tabel 4.7. Untuk lebih jelasnya mengenai hasil perhitungan sampel II dan sampel III dapat dilihat pada lampiran B

Tabel 3.5. Harga SI pada Tiap Sampel

Temperatur	Stiff & Davis CaCO_3 (SI)		
30°C	Sampel I	Sampel II	Sampel III
	11,036	9,6119	10,815

Dari tabel di atas maka dapat dikatakan bahwa sampel air formasi ke satu ke dua dan ke tiga nilai SI bernilai positif maka ketiga sampel tersebut akan cenderung terbentuk scale CaCO_3 .

4.2.2 Metode Skillman, McDonald, & Stiff

Metode perkiraan pembentukan scale CaSO_4 dikembangkan oleh Skillman, McDonald, dan Stiff, yang berlaku sampai temperatur 80°C. Berikut ini adalah hasil perhitungan air formasi sampel I dengan metode Skillman, McDonald, & Stiff :

Sampel I

$$\text{a. } [\text{Ca}^{+2}] = 153.6 \text{ ppm (7,678 meq/l)}$$

$$= 153.6 \text{ ppm} \times 5,0 \times 10^{-5}$$

$$= 7,68 \times 10^{-3} \text{ mole/l}$$

$$\text{b. } [\text{SO}_4^{-2}] = 133,348 \text{ ppm (69,341 meq/l)}$$

$$= 133,348 \text{ ppm} \times 2,1 \times 10^{-5}$$

$$= 2,8 \times 10^{-3} \text{ mole/l}$$

$$\text{c. Ionic Strength} = 0,0218$$

$$\text{d. Ksp (dari gambar 2.15)} = 1 \times 10^{-4}$$

$$\text{e. } X (\text{Ca}^{+2} + \text{SO}_4^{-2})$$

$$= (7,68 \times 10^{-3} - 2,8 \times 10^{-3}) \text{ mol/}$$

$$= 48,8 \times 10^{-3}$$

$$\text{f. S} = 1000 [(X^2 + 4\text{Ksp})^{0,5} - X]$$

$$= 1000 [((48,8 \times 10^{-3})^2 + 4(1,4 \times$$

$$10^{-4}))^{0,5} - (48,8 \times 10^{-3})]$$

$$= 35,223 \text{ meq/l}$$

g. Kesimpulan = $S > [Ca^{+2}]$ dan $[SO_4^{-2}] \rightarrow$ Endapan scale $CaSO_4$ tidak terbentuk

Dengan cara perhitungan yang sama pada air formasi sampel I, diperoleh hasil perhitungan scale dengan metode McDonald & Stiff yang disajikan dalam tabel 3.6 Untuk lebih jelasnya mengenai hasil perhitungan sampel II dan sampel III dapat dilihat pada lampiran C

Tabel 3.6 Harga S pada Masing-Masing Sampel

Sampel	Nilai S (meq/l)	Nilai Ca^{+2} (meq/l)	Nilai SO_4^{-2} (meq/l)
I	35,223	7,678	2,7736
II	129,8	38.392	94,167
III	66,99	15.996	41,947

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi endapan $CaSO_4$, karena nilai S di setiap sampel bernilai lebih besar dari nilai Ca^{+2} dan SO_4^{-2} itu sendiri.

Pembahasan

Pengujian air formasi dilakukan dengan mengambil tiga sampel air formasi dari sumur produksi yang berbeda. Pengujian yang pertama dilakukan adalah penentuan nilai spesifik gravity (SG) dan nilai derajat keasaman (pH) dari masing-masing sampel. Penentuan nilai SG dilakukan dengan menggunakan hidrometer dan penentuan nilai pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Perolehan nilai SG dan pH dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1

Analisa SG dan pH Masing-Masing Sampel Air Formasi

Parameter	SG	pH
Sampel I	1,037	8
Sampel II	1,037	8
Sampel III	1.037	8

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa nilai pH dari ketiga masing-masing sampel air formasi semuanya di bawah 8,1. Hal ini berpengaruh dalam perhitungan penentuan nilai alkalinity; dimana jika nilai pH di atas 8,1 digunakan indikator Phenolphthalin dan Methyl Orange, namun jika nilai pH di bawah 8,1 cukup digunakan indikator Methyl Orange saja. Sehingga dalam proses perhitungan alkalinity nantinya yang akan ditentukan hanyalah nilai kandungan ion HCO_3^- .

Selain penentuan nilai alkalinity, dilakukan juga pengujian kandungan-kandungan ion pada masing-masing sampel air formasi untuk menentukan seberapa besar konsentrasi yang terdapat di dalamnya. Adapun ion-ion yang akan ditentukan nilai konsentrasinya adalah ion Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , Fe^- , SO_4^{-2} , dan Na^+ . Berikut ini pada tabel 5.2 disajikan nilai alkalinity dan nilai konsentrasi ion yang diperoleh yang telah dikonversi dari ppm ke meq/liter dengan cara mengalikan hasil yang diperoleh dengan konstanta konversi.

Tabel 4.2

Hasil Analisis Ion Air Formasi

Ion-Ion	SI	SII	SIII
Na+	167,233	51,296	27,193
Ca+	7,678	38.392	15.996
Mg+2	13,170	27.158	18.499
Fe+2	0	0	0
HCO ₃ -	3,9	6.66	6.327
SO ₄ -2	69,341	94,167	41,947
Cl-	16,8163	16,017	13,414

Harga nilai konsentrasi Ca+2 dan Mg+2 diperoleh dengan cara penitrasi larutan EDTA. Untuk nilai konsentrasi Fe+2 diperoleh dengan menggunakan alat elektrik spektrofotometer yang sebelum digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu.

Konsentrasi ion Cl- diperoleh dengan menitrasi AgNO₄. Selanjutnya untuk menentukan konsentrasi ion SO₄-2 diperoleh dengan pengukuran berat kertas saring yang ditimbang pada cawan setelah dilakukan titrasi dan pembakaran terhadap hasil dari titrasi Methyl Orange dan HCl. Apabila konsentrasi anion dan kation telah didapat, maka dapat dilakukan penentuan konsentrasi ion Na dengan cara menjumlahkan semua ion yang telah diperoleh tersebut.

Kesimpulan

Berdasarkan perolehan dari penelitian dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai pH sampel I, II, dan III berturut-turut adalah sama yaitu 8, serta nilai SI yang diperoleh dengan metode Stiff & Davis pada sampel I, II, dan III berturut-turut adalah 11,036, 9,6119, dan 10,815. Dari hasil pengukuran ini dapat disimpulkan bahwa pada sampel I, II dan III terbentuk endapan, karena nilai SI dari masing-masing sampel bernilai positif, dan endapan scale yang terbentuk adalah scale CaCO₃ pada masing-masing sampel air formasi tersebut.
2. Pada perhitungan scale CaSO₄ dengan menggunakan metode Skillman, McDonald, dan Stiff diperoleh nilai S yang lebih besar dibanding nilai konsentrasi ion Ca+2 dan ion SO₄-2 pada ketiga sampel air formasi. Adapun nilai S pada sampel I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 35,223 meq/l, 129,8 meq/l, dan 66,99 meq/l, Perolehan nilai S yang lebih besar dibanding nilai konsentrasi ion Ca+2 dan SO₄-2 menandakan bahwa pada tiap sampel air formasi tidak terbentuk scale CaSO₄.

Daftar Pustaka

Allan, Thomas. O dan Roberts, Allan. P., Production Operation (Vol 2), Oil and Gas Consultant Inc, Tulsa, 1979.

Crabtree, Mike., Eslinger, David., dkk, Fighting Scale, Removal, and Prevention, Schlumberger, Texas, 1999

Economides, Michael J., & Nolte, Kenneth G., Reservoir Stimulation (2nd Ed), Schlumberger Educational Services, Texas, 1989

James W., Amyx & Bass. Jr., Daniel., Petroleum Reservoir Engineering : Physical Properties,

Daftar Simbol

C = Konsentrasi ion
(mol/1000 gr air)
K = Konstanta fungsi kadar
garam, konsentrasi dan
temperatur
Ksp = Konstanta kelarutan
pAlk = Negatif logaritma dari
konsentrasi total alkalinity
pCa = Negatif logaritma dari
konsentrasi Ca⁺²
pH = Derajat keasaman
SI = Stabiliti Indeks
S = Kelarutan dari
CaSO₄ (meq/l)
X = Selisih konsentrasi dari
Ca⁺² dan SO₄⁻² (ppm)
Z = Valensi ion
μ = Kekuatan ion