

**MONITORING SURFACTANT TERHADAP ALKALINE,
SURFACTANT, POLYMER (ASP) FLOODING
MENGUNAKAN METODE STREAMING POTENTIAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Penyusunan Tugas Akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

BELLA KARTIKA PUTRI

NPM 153210175



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

**MONITORING SURFACTANT TERHADAP ALKALINE,
SURFACTANT, POLYMER (ASP) FLOODING
MENGUNAKAN METODE STREAMING POTENTIAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

BELLA KARTIKA PUTRI

NPM 153210175



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Bella Kartika Putri
NPM : 153210175
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Tugas Akhir : *Monitoring Surfactant Terhadap Alkaline, Surfactant, Polymer (ASP) Flooding Menggunakan Metode Streaming Potential*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., MBA (.....)
Penguji I : Fiki Hidayat, S.T., M.Eng. (.....)
Penguji II : Idham Khalid, S.T., M.T. (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 30 Agustus 2021

Disahkan oleh:

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN



Novia Rita, S.T., M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 30 Agustus 2021

Bella Kartika Putri

153210175



KATA PENGANTAR

Rasa syukur saya ucapkan kepada Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan syarat terakhir untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik, Program Studi Perminyakan, Universitas Islam Riau. Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam bentuk pengetahuan, materil maupun moral penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., MBA selaku dosen pembimbing dalam penulisan tugas akhir ini yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga dan fikiran sehingga tugas akhir ini bisa selesai.
2. Bapak H.Ali Musnal, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberi arahan dan nasihat selama perkuliahan di Program Studi Teknik Perminyakan.
3. Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Perminyakan serta dosen-dosen lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih telah banyak membantu terkait perkuliahan dan ilmu pengetahuan.
4. Laboratorium Teknik Perminyakan, terkhususnya laboratorium simulasi reservoir Teknik Perminyakan.
5. Abah saya tercinta Jon Hendri dan Mama saya Yusma serta abang saya Abel dan adik saya Abbas dan Abbib yang tidak pernah berhenti mendoakan saya dan memberikan dukungan penuh baik secara material maupun moral.
6. Sahabat terbaik saya Atika, Dessy, Lianna, Rati, bang Rofiq dan keluarga PETRONASS yang senantiasa membantu saya tanpa kenal lelah.

Teriring do'a semoga Allah SWT memberi balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 30 Agustus 2021

Bella Kartika Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR SINGKATAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Alkali, Surfactant, Polymer (ASP) Flooding</i>	5
2.2 <i>Alkali Flooding</i>	7
2.3 <i>Surfaktan Flooding</i>	9
2.4 <i>Polimer Flooding</i>	9
2.5 <i>Sinergy Alkali, Surfaktan dan Polimer</i>	10
2.6 <i>Zeta Potensial</i>	11
2.7 <i>Self Potensial</i>	13
2.8 <i>Streaming Potensial</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Metodologi Penelitian	17
3.2 Karakteristik Reservoir	19
3.3 Model Simulasi Reservoir.....	21
3.4 Tempat dan Jadwal Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Konsumsi minyak di seluruh dunia (Mandal, 2015)	1
Gambar 2.1	Diagram skematik interaksi asam alkali-minyak bumi (Mandal, 2015).....	7
Gambar 2.2	Model Sederhana dari EDL and Zeta Potential (Mohd et al., 2017)	12
Gambar 2.3	Representasi Skematik dari Zeta Potensial (Carlson & Kawatra, 2013) ..	12
Gambar 2.4	EDL pada Batas Antara Biji Mineral dan Fluida (Kim et al., 2004).	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2	Model Konseptual reservoir Lapangan X.....	21
Gambar 3.3	Kurva Permeabilitas relatif.....	22
Gambar 3.4	Distribusi permeabilitas vertikal pada Lapangan X.....	22
Gambar 3.5	Distribusi permeabilitas horizontal pada Lapangan X.....	23
Gambar 3.6	Distribusi porositas pada Lapangan X.....	23
Gambar 4.1	Aktivitas dari Surfaktan.....	28
Gambar 4.2	Aqueous Component Moles SCTR (Na^+).....	29
Gambar 4.3	Aqueous Component Moles SCTR (SO_4^{2-}).....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Skema Injeksi Proyek ASP di Dunia.....	7
Tabel 3.1	Tabel Karakteristik Fluida	19
Tabel 3.2	Tabel Karakteristik Reservoir.....	19
Tabel 3.3	Komponen Fluida Injeksi	19
Tabel 3.5	Jadwal Penelitian.....	24



DAFTAR SINGKATAN

ASP	Alkaline, Surfaktan, Polimer
IFT	<i>Interfacial Tension</i>
CMG	<i>Computer Modelling Group</i>
NaOH	<i>Natrium Hidroksida</i>
HABS	<i>Heavy Alkylbenzene Sulfonate</i>
HPAM	<i>Hydrolized Polyacrylamide</i>
Ppm	<i>Part Per Million</i>
EOR	<i>Enchanted Oil Recovery</i>
EDL	<i>Electrical Double Layer</i>



MONITORING SURFACTANT TERHADAP ALKALINE, SURFACTANT, POLYMER (ASP) FLOODING MENGUNAKAN METODE STREAMING POTENTIAL

BELLA KARTIKA PUTRI
NPM 153210175

ABSTRAK

Tingginya permintaan minyak dari hari ke hari terutama di negara maju dan berkembang mengakibatkan mengharuskan untuk meningkatkan produktivitas sumur. Namun disisi lain, penemuan ladang minyak baru sangat terbatas, sebagian besar reservoir dalam keadaan matang dan memiliki tingkat produksi yang rendah. Metode Alkali, Surfaktan, Polimer (ASP) dianggap sebagai metode yang menjanjikan untuk meningkatkan perolehan minyak sejak tahun 1990, tingkat pemulihan ASP mampu mencapai 45,3% yang mana jika dibandingkan dengan injeksi surfaktan, injeksi polimer dan injeksi alkali yang hanya masing-masing mencapai 15%, 11,6% dan 10%. Namun adapun permasalahan yang sering terjadi pada penerapan injeksi ASP seperti adsorpsi yang dapat mengurangi kinerja dari ASP, sehingga diperlukan pemantauan untuk mengetahui arah aliran ASP yang mengalir sesuai dengan di dalam reservoir menuju sumur produksi. Untuk melakukan pemantauan reservoir dilakukan dengan metode *streaming potential*.

Pada penelitian diawali melakukan pemodelan menggunakan batuan karbonat dan fluida injeksi antara lain yaitu *alkylbenzene sulfonate* (ABS) untuk surfaktan, *natrium hidroksida* (NaOH) untuk alkali dan *hydrolyzed polyacrylamide* (HPAM) untuk polimer. Simulasi reservoir dilakukan untuk mensimulasikan keadaan reservoir, dengan menggunakan simulator CMG GEM 2020 dan menggunakan *tools process wizard* untuk melakukan *setting ion exchange* (pertukaran ion)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapat arah fluida mengalir sesuai dengan arah aliran dari sumur injeksi menuju sumur produksi, yang mana fluida mengalir fluida mengalir dari sumur injeksi dengan memenuhi seluruh grid dengan tekanan yang maksimum hingga akhirnya menuju sumur produksi. Hal itu terbukti dengan grafik ion Na^+ yang meningkat terus hingga tahun 2031, namun berbeda dengan ion SO_4^{2-} yang mengalami penurunan yang disebabkan oleh adsorpsi pada ion SO_4^{2-} tersebut.

Kata Kunci : Alkali-Surfaktan-Polimer (ASP), *Streaming Potential*, Simulasi Reservoir, *Ion Exchange*.

MONITORING SURFACTANT FRONT OF ALKALINE, SURFACTANT, POLYMER (ASP) FLOODING BY STREAMING POTENTIAL METHOD

BELLA KARTIKA PUTRI
NPM 153210175

ABSTRACT

The high demand for oil from day to day, especially in developed and developing countries, has resulted in the need to increase the productivity of wells. But on the other hand, the discovery of new oil fields is very limited, most of the reservoirs are mature and have low production levels. Alkaline, Surfactant, Polymer (ASP) method is considered a promising method to increase oil recovery since 1990, the ASP recovery rate can reach 45.3% which when compared to surfactant injection, polymer injection and alkali injection which only reach 15%, 11.6% and 10%. However, there are problems that often occur in the application of ASP injection such as adsorption which can reduce the performance of ASP, so monitoring is needed to determine the direction of the ASP flow that flows according to the reservoir to the production well.

The research begins with modeling using carbonate rocks and injection fluids, including alkylbenzene sulfonate (ABS) for surfactants, sodium hydroxide (NaOH) for alkali and hydrolyzed polyacrylamide (HPAM) for polymers. Reservoir simulation is carried out to simulate the reservoir state, using the CMG GEM 2020 simulator and using the process wizard tools to set ion exchange (ion exchange).

where the fluid flows the fluid flows from the injection well by filling the entire grid with maximum pressure until finally to the production well. This is evidenced by the graph of Na^+ ions which continue to increase until 2031, but in contrast to SO_4^{2-} ions which decrease due to the adsorption of SO_4^{2-} ions.

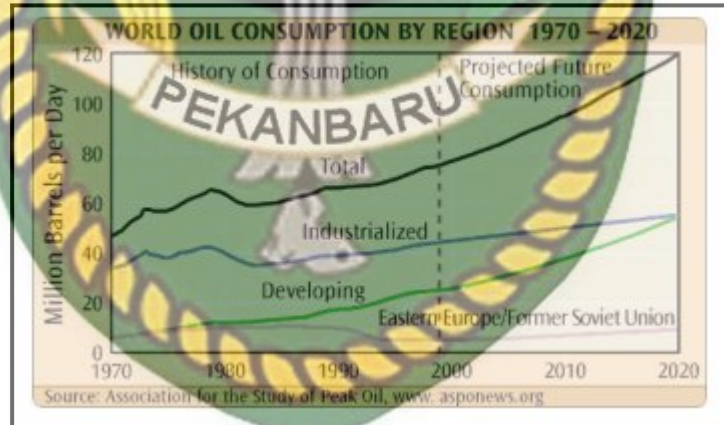
keyword: Alkali-Surfactant-Polymer (ASP), Streaming Potential, Simulation Reservoir, Ion Exchange.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri minyak saat ini menghadapi tantangan yang mendesak untuk meningkatkan produktivitas sumur karena permintaan minyak meningkat dari hari ke hari, terutama di negara maju dan berkembang. Gambaran umum konsumsi minyak di seluruh dunia ditunjukkan pada gambar 1. Dapat ditemukan bahwa tingkat kenaikan konsumsi merupakan masalah utama dalam konteks saat ini. Di sisi lain, penemuan ladang minyak baru sangat terbatas. Sebagian besar reservoir tersebut saat ini dalam keadaan matang dengan tingkat produksi yang rendah (Mandal, 2015). Dengan demikian, besarnya sisa cadangan yang tersisa ketika *primary recovery* dan *secondary recovery* bisa diproduksi menggunakan *Enhanced oil recovery* (EOR) sebagai metode terbaik untuk meningkatkan perolehan minyak. (Abdurrahman et al., 2017)



Gambar 1.1 Konsumsi minyak di seluruh dunia (Mandal, 2015)

Adapun EOR atau produksi minyak tahap lanjut merupakan tenaga buatan yang diinjeksikan ke dalam *reservoir* melalui sumur injeksi dengan tujuan untuk mendorong minyak atau gas yang tersisa menuju sumur produksi dengan harapan nilai *recovery factor* dapat meningkat. Pada metode EOR, terdapat beberapa teknik EOR yang banyak dikenal hingga saat ini yaitu seperti injeksi gas, injeksi uap panas

dan injeksi kimia (Damanik et al., 2018). Metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) injeksi alkali, surfaktan, polimer (ASP) *flooding* telah terbukti efektif menurunkan saturasi minyak tersisa dalam skala percobaan di laboratorium maupun skala di lapangan (Sheng, 2013). ASP *flooding* dianggap sebagai metode yang menjanjikan untuk meningkatkan perolehan minyak sejak tahun 1980-an. Metode ini mampu meningkatkan *oil recovery* dengan *water cut* yang rendah dibandingkan dengan *waterflood* (Dang et al., 2012). ASP *flooding* adalah teknik yang dikembangkan atas dasar penggabungan mekanisme alkali *flooding*, surfactant *flooding* dan polimer *flooding* dan mekanismenya meliputi pengurangan *interfacial tension* (IFT), perubahan keterbasahan, peningkatan rasio mobilitas (James J. Sheng, 2011) dan yang dapat meningkatkan efisiensi sapuan, dimana surfaktan yang memiliki kemampuan untuk menurunkan IFT, serta mengubah keadaan *wettability* suatu permukaan batuan menuju keadaan yang lebih *water wet* (Mohd et al., 2017), alkali yang bereaksi dengan komponen asam minyak mentah sehingga menghasilkan sabun dan polimer yang mampu meningkatkan efisiensi penyapuan dengan mampu menurunkan viskositas *fingering* (Mandal, 2015).

ASP memberikan sinergi alkali, surfaktan dan polimer (Sheng, 2013). Sinergi dari setiap komponen ASP saling mempengaruhi antara satu dan dua lainnya, dimana alkali mampu mengurangi adsorpsi surfaktan dan akan bereaksi dengan minyak mentah untuk menghasilkan sabun. Sabun dan surfaktan akan menghasilkan emulsi yang disebabkan menurunnya IFT. Sedangkan polimer mampu membantu meningkatkan efisiensi sapuan alkali dan surfaktan (James J. Sheng, 2011). Namun keefektifitasan dari sinergi ASP tersebut perlu dilakukan pemantau yang signifikan untuk meminimalisir adsorpsi yang terjadi pada surfaktan, agar surfaktan dapat berkerja dengan efisien untuk meningkatkan *oil recovery*.

Dengan menggunakan sistem pelacak, pemahaman tentang aliran fluida dan efisiensi ASP *flooding* telah ditingkatkan. Pelacak paling baik digambarkan sebagai spesies yang kompatibel dengan *reservoir* unik yang asing bagi sistem. Setelah *reservoir* diinjeksikan oleh fluida apapun, pelacak akan memantau fluida yang diinjeksikan dan memungkinkan informasi penting untuk diambil. Pelacak dapat

dibagi menjadi tiga kategori yaitu radioaktif, kimia dan fluoresen (Abdullah et al., 2011). Namun, dengan menggunakan pelacak, proses ini membutuhkan waktu lama untuk diselesaikan karena kita harus menunggu sampai pelacak keluar dari sumur produksi. Untuk menghemat waktu dan biaya, diusulkan metode alternatif untuk memantau proses ASP *flooding*, yaitu sinyal *streaming potential*.

Dalam segmen eksplorasi dan produksi industri minyak, potensi *streaming* biasanya ditemui sebagai komponen log spontaneous *potential* (SP). Gaya gerak listrik yang diukur oleh log SP muncul terutama dari dua jenis fenomena, elektrokinetik dan elektrokimia (Doll & Aime, 1948). Meskipun, komponen elektrokimia umumnya dianggap dominan (Wyllie, 1949), komponen potensial elektrokinetik atau aliran terkadang penting. Lapisan ganda listrik dapat berupa pada antarmuka permukaan padat dan gerakan tangensial pada lapisan ganda akan menciptakan potensi *streaming* (Hunter, 1981). Selain itu, selama proses injeksi tersebut berlangsung, terjadi interaksi antar muatan pada permukaan partikel maupun dengan media berpori disekitar partikel yang berada pada bidang permukaan partikel. Hal tersebut akan menciptakan aliran listrik selama proses pengaliran. Yang mana hal tersebut dapat mengidentifikasi / menunjukan arah aliran fluida yang diinjeksikan sesuai dengan pola sumur injeksi *stream line* untuk melakukan efisiensi pendesakan terhadap *residual oil*.

Pada penelitian ini, penulis akan melakukan pemantauan *streaming potential* dengan menginjeksikan ASP ke dalam sumur injeksi untuk mengetahui arah aliran dari surfaktan, serta untuk mengetahui keefisienan surfaktan dalam menurunkan *interfacial tension* (IFT), sehingga diharapkan dapat meningkatkan perolehan minyak pada lapangan minyak. Untuk mendukung penelitian ini, penulis menggunakan *software Computer Modelling Group (CMG) GEM 2020* sebagai media untuk pembuatan model.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui arah aliran fluida yang diinjeksikan yang mengalir di dalam formasi menuju sumur produksi melalui ion-ion pada surfaktan.
2. Mengetahui propagasi dari ion-ion yang ada pada surfaktan.

1.3 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan dapat memberikan berbagai manfaat diantaranya, yaitu:

1. Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi mahasiswa/i Teknik Perminyakan untuk sebagai acuan dalam penelitian khususnya tentang *streaming potensial*.
2. Menjadi publikasi ilmiah dalam bentuk jurnal atau paper yang berkala nasional maupun internasional, sehingga dapat menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya.
3. Menjadi alternative tracer bagi industri migas yang mana memiliki nilai ekonomis dan keefisienan yang tepat dalam penggunaannya.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang dianalisis, maka dalam penulisannya hanya akan membahas mengenai sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan membahas metode *streaming potensial*.
2. Penelitian ini hanya akan menentukan arah aliran 2D horizontal.
3. Penelitian ini akan menggunakan *pair well*.
4. Penelitian ini akan menggunakan jenis batuan karbonat.
5. Model *reservoir* yang digunakan pada penelitian ini adalah *reservoir* heterogen.
6. Penelitian ini tidak mempertimbangkan sisi keekonomian.
7. Penelitian ini tidak mempertimbangkan adsorpsi yang terjadi pada penerapan ASP *flooding*
8. Penelitian ini hanya menggunakan *software* CMG GEM.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

(Allah berfirman), "Inilah kitab (catatan) Kami yang menuturkan kepadamu dengan sebenarnya. Sesungguhnya Kami telah menyuruh mencatat apa yang telah kamu kerjakan" (Al Jatsiyah: 29).

Dalam QS. 45:29 telah dikatakan bahwa manusia diperintahkan untuk mencatat apa yang dikerjakannya, termasuk dalam menuntut ilmu. Disebabkan ilmu itu merupakan buruan, sedangkan tulisan merupakan ikatannya. Seperti hal yang dilakukan dalam penelitian ini, hasil penulisan yang dilakukan merupakan hasil dari buruan (ilmu) yang telah lama didapatkan dan dituangkan kedalam penelitian ini. Sehingga ilmu ini tidak hanya berguna bagi kita tetapi berguna bagi orang lain dan kemajuan untuk umat muslim.

2.1 *Alkali, Surfactant, Polymer (ASP) Flooding*

ASP *flooding* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1984 sebagai alkali yang meningkatkan *co* surfaktan. Uji coba yang paling terkenal dilakukan di lapangan minyak Daqing dimana pemulihan minyak meningkat 20% (Shutang & Qiang, 2010). Departemen Energi AS (DOE) mengumumkan bahwa penggunaan Teknik ASP *flooding* telah berhasil meningkatkan perolehan minyak di ladang Illinois yang berusia 106 tahun lebih dari 300%. Lapangan ini telah mampu meningkatkan produksinya dari 16 barel menjadi 75 barel perhari dengan menggunakan teknik ASP *flooding* yang inovatif. ASP *flooding* melibatkan efek sinergi dari alkali, surfaktan dan polimer untuk memberikan pemulihan yang lebih tinggi dari pada penggunaan tunggal. Pengaruh alkali dalam ASP *flooding* adalah ia bereaksi dengan asam reservoir untuk membentuk *insitu* surfaktan. Ini juga mengubah sifat batuan seperti pH, salinitas dan *wettability* batuan. Alkali juga mengurangi laju penipisan surfaktan. Penurunan IFT larutan surfaktan-polimer dengan adanya alkali mungkin karena mekanisme pelindung muatan dan polimer hidrolisi. Surfaktan mengurangi IFT dan membuat emulsi cairan. Mereka memainkan peran penting

dalam ASP *flooding*. Peningkatan konsentrasi surfaktan memiliki peningkatan pemulihan yang signifikan tetapi permasalahan utamanya adalah terserap dengan cepat ke permukaan batuan. Polimer memiliki pengaruh signifikan dalam ASP *flooding*. Telah diamati bahwa ketika konsentrasi polimer meningkat, tambahan pemulihan hanya sedikit karena setelah konsentrasi tertentu polimer, efisiensi sapuan mendekati nilai pembatasnya dan hanya perolehan tambahan marginal yang diamati. Hal ini juga mengungkapkan bahwa pada solusi ASP viskositas tinggi, mobilitas yang baik dapat dicapai dengan peningkatan konsentrasi alkali yang mengurangi efek viskoelastis dari polimer. Ini menunjukkan dengan jelas bahwa ini tidak semua tentang viskositas larutan ASP tetapi konsentrasi ideal dari setiap proses penggenangan (*flooding*) (Sheng, 2015).

Adapun skema injeksi dan jumlah bahan kimia yang akan diinjeksikan di semua proyek ASP ditunjukkan pada tabel 2.1. Proses injeksi ASP yang memiliki khas 3 slug yaitu *pre slug*, *main slug* dan *post slug*. Namun pada tabel tersebut tidak semua proyek memiliki *preslug*. Rata-rata volume pori (PV) *preslug* yang diinjeksikan adalah 9.7% PV dan dengan konsentrasi polimer nya rata-rata adalah 0.145 wt%. sedangkan *main slug* nya sendiri terdiri dari alkali, surfaktan dan polimer. Konsentrasi injeksinya rata-rata dari bahan kimia tersebut masing-masing adalah 1.25 wt%, 0.27 wt% dan 0.135 wt% dan 30.8% PV yang diinjeksikan. Setelah *main slug* diinjeksikan, jika hanya air yang diinjeksikan maka air akan masuk ke *main slug* ASP, karena mobilitas air jauh lebih tinggi dibandingkan dengan ASP *slug*. Untuk menghindari *fingering*, *post slug* polimer diinjeksikan segera setelah *main slug* ASP (Sheng, 2013)

Tabel 2.1 Skema Injeksi Proyek ASP di Dunia

Case ID	Pre-slug		Main slug				Post-slug		Total chemicals, PV x Conc.		
	PV, %	P, wt. %	PV, %	A, wt. %	S, wt. %	P, wt. %	PV, %	P, wt. %	A	S	P
Daqing Sa-zhong-xi (S-ZX)			32.0000	1.2500	0.3000	0.1200	28.3000	0.0600	40.00	9.60	5.54
Daqing Xing-wu-zhong (X5-Z)			37.0000	1.3100	0.3200	0.1400	30.8000	0.1100	48.47	11.84	8.57
Daqing Xing-2-xi (X2-X)	3.7500	0.1284	45.6000	2.9000	0.4560	0.2074	0.2000	0.0872	132.24	20.79	9.96
Daqing, Sa-bei-1-xi (S-B)			47.5000	1.2000	0.2700	0.1800	20.0000	0.0800	57.60	12.96	10.24
Daqing Xing-bei xing-2-zhong (X2-Z)	12.8000	0.1538	45.4000	1.0200	0.1800	0.1400	20.0000	0.0800	46.31	8.17	9.92
Daqing Sabei-bei-2-dong (SB-B2-D)	4.0000	0.1400	50.0000	1.5400	0.2100	0.1800	20.0000	0.1400	77.00	10.50	12.36
Shengli Gudong	5.0000	0.1000	40.0000	1.5000	0.3800	0.0900	10.0000	0.0500	60.00	15.20	4.60
Shengli Gudao-xi	9.7000	0.2000	30.9000	1.2000	0.3000	0.1700	5.0000	0.1500	37.08	9.27	8.07
Karamay			33.7000	1.4000	0.3000	0.1300	16.6000	0.1000	47.18	10.11	6.04
Jilin Hong-gang			18.0000	0.7500	0.0600	0.1500			13.50	1.08	2.70
Zhong-yuan Hu-zhuang-ji			15.0000	0.5000	1.5800	0.0800		0.1000			
Yumen, Lao-jun-miao	28.0000	0.57 (A)*	17.0000	4.7000	12.6000		52.0000	0.0810	95.86	214.20	4.21
Cambridge			30.7000	1.2500	0.1000	0.1475	29.7000		38.38	3.07	4.53
West Kiehl			25.0000	0.8000	0.1000	0.1050			20.00	2.50	2.63
Tanner			25.1000	1.0000	0.1000	0.1000			25.10	2.51	2.51
Mellot Ranch			30.1000	1.0000	0.1000	0.1300	20.0000		30.10	3.01	3.91
Lawrence			25.0000	1.0000	1.7500	0.2200			25.00	43.75	5.50
Sho-Vel-Tum	10.0000	2.2 (A)*	30.0000	2.2000	0.5000	0.1000	50.0000	0.0276	88.00	15.00	4.38
Lagomar			35.0000	0.5000	0.2000	0.1000	15.0000	0.1000	17.50	7.00	5.00
Viraj			20.0000	1.5000	0.2000	0.0800	30.0000	0.0400	30.00	4.00	2.80
Jhalora			30.0000	2.5000	0.2500	0.1500	30.0000	0.0800	75.00	7.50	6.90
Average (rank and percentile)	9.7000	0.1450	30.8000	1.2500	0.2700	0.1350	24.2000	0.0800	43.16	9.44	5.25

* Alkaline pre-slug.

Sumber: (Sheng, 2013)

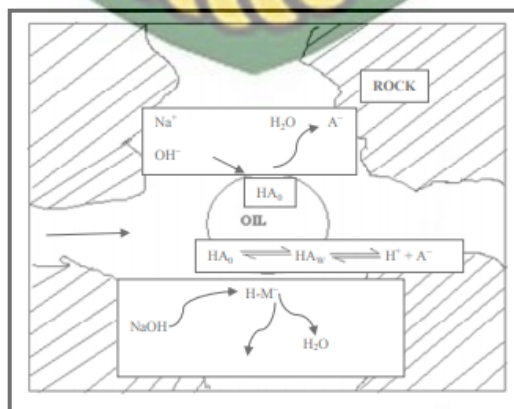
2.2 Alkali Flooding

Beberapa mekanisme diusulkan untuk mekanisme pemulihan dengan menginjeksi alkali (De Zabala et al., 1982; Ramakrishnan dan Wasan, 1983). Ini termasuk emulsifikasi dengan koalesensi, *wettability gradient*, *oil phase swelling* dan IFT rendah. Keberadaan mekanisme yang berbeda harus dikaitkan dengan karakter kimiawi minyak mentah dan batuan *reservoir*. Minyak mentah yang berbeda dalam batuan *reservoir* dapat menyebabkan perilaku yang sangat berbeda ketika mereka kontak di bawah lingkungan yang berbeda seperti suhu, salinitas, konsentrasi dan pH. Namun semua peneliti sepakat pada fakta bahwa komponen asam dalam minyak mentah adalah factor paling penting untuk alkali *flooding*. Alkali *flooding* adalah proses dimana air pada nilai pH 10-12 diinjeksikan untuk *recovery* yang lebih baik (Dokla, 1981). Nilai pH antara 10-12 diperoleh pada konsentrasi NaOH 0.01 hingga 1.0 wt% (Samanta et.al, 2011). Efek larutan alkali pada perolehan kembali minyak sebagian karena reaksi kimia antara alkali dan asam organik yang ada dalam minyak mentah. Reaksi-reaksi ini menghasilkan pembentukan insitu surfaktan (Sheng, 2013; Langnes et.,al.1972) oleh karena itu,

tekanan kapiler antara fase berair dan *oleic* mengurangi IFT minyak dan air. Reaksi tergantung pada jumlah asam minyak bumi dan juga bervariasi dalam komposisi minyak mentah (Mayers et al., 1983). Ion hidroksida harus bereaksi dengan asam minyak bumi dari minyak mentah untuk membentuk surfaktan. Mekanisme ini ditunjukkan pada gambar 2.1. Ketika fase air dan fase minyak berada dalam kontak, alkali dalam fase air dan asam organik, HA dalam fase minyak bermigrasi ke antarmuka, bereaksi dan menghasilkan *surface active species* (*petroleum soap*). Efek kaustik terhadap asam minyak bumi diekspresikan oleh reaksi di bawah ini (Samanta et al., 2011a).



$K = C_A / C_{\text{HA}} C_{\text{OH}^-}$ adalah konstanta kesetimbangan. Karena alkali campuran ini memiliki kemampuan *buffering* CO_3^{2-} adalah konstan. Dengan demikian, rasio asam terionisasi dengan asam yang nonterionisasi mengatur *interfacial tension* (IFT). *Interfacial tension* adalah fungsi dari konsentrasi asam terionisasi antarmuka, yang terutama tergantung pada tingkat produksi dan desorpsi dari antarmuka (Zhang et al., 2004). Selain itu, ketika alkali ditambahkan dengan surfaktan seperti dalam proses ASP, alkali dapat mengurangi adsorpsi pada permukaan butir (Guo, Ma, & Kong, 2017). Ini membuat surfaktan bekerja lebih efisien dan lebih sedikit surfaktan perlu diinjeksikan. Mekanisme lain termasuk emulsifikasi, *entrainment* minyak, *entrapment bubble* dan *wettability reversal* (Johnson, 1976).



Gambar 2.1 Diagram skematik interaksi asam alkali-minyak bumi
(Mandal, 2015)

2.3 Surfaktan Flooding

Surfaktan (*surface active agent*) merupakan komponen organik yang *amphiphilic*. Rantai hidrokarbon terdiri dari kepala dan ekor (*hydrophilic* merupakan bagian kepala, *hydrophobic* merupakan bagian ekor). Oleh karena itu, surfaktan dapat larut pada solven dan air. Penyerapan surfaktan pada permukaan atau antar muka fluida akan mengubah sifat fisik permukaan yang signifikan sehingga dapat mengurangi tegangan permukaan atau *interfacial tension* (IFT) (sheng, 2011) (Ferraris; & Hackley, 1986)

Penggunaan surfaktan sebagai metode *oil recovery* sudah diimplementasikan lebih dari 35 tahun di reservoir, khususnya di United State of America. Injeksi surfaktan ini ditujukan untuk memproduksi *residual oil* yang ditinggalkan oleh *water drive*, dimana minyak yang terjebak oleh tekanan kapiler tersebut tidak dapat bergerak. Minyak tersebut dapat dikeluarkan dengan cara menginjeksikan larutan surfaktan. Surfaktan yang bekerja dengan cara menurunkan *interfacial tension* antara minyak dan batuan, hingga minyak yang terperangkap tersebut dapat terlepas dari batuan. Selain itu, surfaktan juga diharapkan dapat mengubah *wettability* batuan, dari *oil-wet* menjadi *water-wet*, sehingga minyak tersebut dapat lebih mudah untuk terlepas dari batuan. Setelah minyak tersebut dapat bergerak, maka diharapkan tidak ada lagi minyak yang tertinggal (Berger et al., 2002; Lestari, 2015; Rohayati Juita et al., 2016; Sumantri et al., 2015)

2.4 Polimer Flooding

Metode kimia yang paling banyak digunakan adalah polimer *flooding*. Polimer meningkatkan viskositas air yang diinjeksikan dan mengurangi permeabilitas media berpori, memungkinkan untuk peningkatan efisiensi sapuan vertical dan areal dan akibatnya *oil recovery* meningkat. Tujuan utama polimer *flooding* adalah untuk pengendalian mobilitas dengan mengurangi rasio mobilitas antara minyak. Pengurangan rasio mobilitas dicapai dengan meningkatkan viskositas fasa cair. (Manrique, 2017)

Inti dari penginjeksian polimer ini mengontrol mobilitas rasio fluida, semakin tinggi *mobility ratio* semakin baik penggantian minyak oleh air. Sehingga meningkatkan penyapuan *reservoir* yang digunakan untuk meningkatkan *mobility ratio* dari injeksi air. Polimer sendiri sering digunakan untuk meningkatkan *sweep efficiency* dengan menurunkan *mobility ratio* dari minyak dan fasa cair. Hal tersebut membantu mampu membantu mengurangi mobilitas air, sehingga minyak yang tertempel pada batuan dapat terlepas dan mengalir menuju sumur produksi. (Rita, 2018).

$$M = \frac{\text{Water Mobility}}{\text{Oil Mobility}} = \frac{\lambda_w}{\lambda_o} = \frac{\frac{k_{rw}}{\mu_w}}{\frac{k_{ro}}{\mu_o}} = \frac{k_{rw} * \mu_o}{k_{ro} * \mu_w}$$

2

dimana,

$\lambda_w : \lambda_o$ = water mobility: oil mobility

$k_{rw} : k_{ro}$ = permeabilitas air dan minyak

$\mu_o : \mu_w$ = viskositas minyak : viskositas air

2.5 Sinergi Alkali, Surfaktan dan Polimer

(Nelson et,al 1990) mengatakan bahwa beberapa faktor perolehan *oil recovery* akibat *waterflooding* dari *alkali flooding*, *surfaktan flooding*, *polimer flooding* dan *ASP flooding* di laboratorium. Faktor *recovery* dari *surfaktan flooding* tidak tersedia. Faktor-faktor *recovery* dari *alkali flooding* dan *polimer flooding* masing-masing adalah 10% dan 11,6%. Jumlah faktor-faktor ini adalah 21,6%, sedangkan faktor pemulihan dari ASP adalah 45,3%. Bahkan dapat diasumsikan faktor pemulihan dari *surfaktan flooding* bisa 15%, jumlah dari tiga proses akan menjadi 36,6%, masih lebih rendah dari 45,3%. Data ini jelas menunjukkan sinergi ASP.

Mekanisme penting lainnya adalah sinergi antara sabun yang dihasilkan secara *in situ* dan surfaktan sintetis. Secara umum, salinitas optimal untuk sabun adalah sangat rendah, dan salinitas optimal untuk surfaktan tinggi. Ketika mereka berfungsi bersama, rentang salinitas dimana IFT mencapai nilai rendahnya

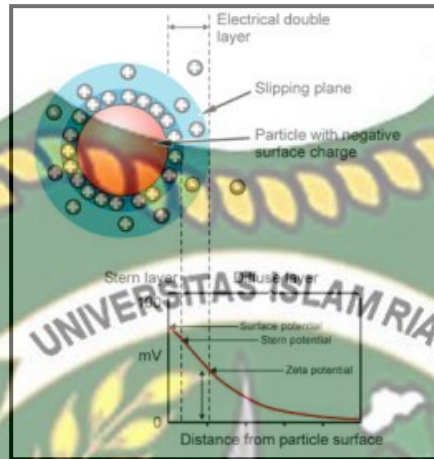
meningkat (Nelson et al., 1984). Daftar sinergi dan interaksi ASP yang dapat diringkas sebagai berikut:

1. Menginjeksi alkali mengurangi adsorpsi surfaktan.
2. Alkali bereaksi dengan minyak mentah untuk menghasilkan sabun. Sabun memiliki salinitas optimal yang rendah, sedangkan surfaktan sintetis memiliki salinitas optimal yang relatif tinggi. Campuran sabun dan surfaktan sintetis memiliki kisaran salinitas yang lebih luas di mana *interfacial tension* (IFT) rendah.
3. Emulsi meningkatkan efisiensi sapuan. Sabun dan surfaktan membuat emulsi stabil karena berkurangnya IFT. Polimer dapat membantu menstabilkan emulsi karena viskositasnya yang tinggi untuk menghambat koalesensi.
4. Ada persaingan adsorpsi *sites* antara polimer dan surfaktan. Oleh karena itu, penambahan polimer mengurangi adsorpsi surfaktan, atau pun sebaliknya.
5. Penambahan polimer meningkatkan efisiensi sapuan alkali dan surfaktan.
6. Dikatakan bahwa penurunan produksi cairan tidak hanya terkait dengan peningkatan viskositas dari *displacing* fluida, tetapi juga terkait dengan emulsifikasi dan *scaling* setelah injeksi ASP *slug* (Sheng, 2013).

2.6 Zeta Potensial

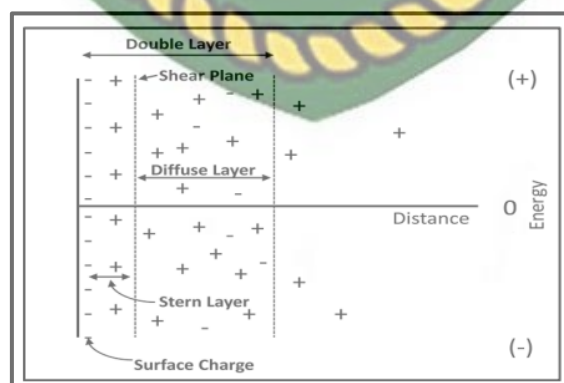
Electrical double layer (EDL) merupakan faktor yang sangat penting dalam fenomena elektrokinetik. EDL yang terbentuk pada antarmuka solid fluida yang merupakan asal aliran potensial dalam media berpori. Dasar pemahaman sifat fisik EDL adalah zeta potensial yang dapat didefinisikan sebagai potensial listrik dalam elektrolit. Model sederhana yang menggambarkan distribusi potensial dalam EDL diilustrasikan pada gambar 2.2. EDL dibagi menjadi stagnan *layer* yang dikenal sebagai *stern layer* dan *diffuse layer*. Bidang atau daerah bergeser (tergelincir) didefinisikan sebagai titik dimana zat cair mulai mengalir dalam jarak kecil dari

permukaan padat. Menurut definisi, potensi zeta (ζ) adalah potensial listrik pada bidang geser ini. (Mohd et al., 2017)



Gambar 2.2 Model Sederhana dari EDL and Zeta Potential (Mohd et al., 2017)

Zeta Potensial yang merupakan potensial listrik pada bidang tergelincir. Bidang disini dimaksud adalah antarmuka yang memisahkan fluida bergerak dan fluida yang tetap menempel di permukaan. EDL mencakup dua lapisan ion larutan yang menetralkan muatan permukaan seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 (Mahmoud & Abdelgawad, 2014; Mohd et al., 2017). *Stern layer* terdiri dari ion terhidrasi yang berkumpul langsung di permukaan partikel. *Diffuse layer* lebih tebal dibanding dengan *stern layer*, dimana merupakan lapisan yang mengandung banyak ion yang bermuatan berlawanan dengan muatan yang ada di permukaan (Mahmoud & Abdelgawad, 2014)



Gambar 2.2 Representasi Skematik dari Zeta Potensial (Carlson & Kawatra, 2013)

Adapun zeta potensial yang memiliki parameter muatan listrik antara partikel koloid. Semakin besar nilai zeta potensial maka akan semakin mencegah terjadinya flokulasi (peristiwa penggabungan koloid dari yang kecil menjadi besar) (Septiyanti, 2016) pengurangan nilai zeta potensial akan memungkinkan partikel untuk saling tarik menarik dan terjadi flokulasi. Oleh karena itu, zeta potensial merupakan fungsi muatan permukaan partikel, setiap lapisan yang teradsorpsi pada antarmuka, sifat dan komposisi alami media suspensi disekitarnya. Dengan kata lain, potensi zeta dapat dipengaruhi oleh perubahan pH, konduktivitas medium (salinitas dan jenis garam) dan konsentrasi zat tambahan tertentu (surfaktan, polimer dan lainnya) (Pratiyush Singh, 2014).

Besarnya zeta potensial memberikan indikasi stabilitas *electrostatic* dari sistem koloid. Jika semua partikel dalam suspensi memiliki potensi negatif (-) atau positif (+) yang besar, maka mereka akan cenderung saling tolak menolak dan tidak ada kecenderungan bagi partikel untuk flokulasi. Jika partikel memiliki nilai zeta potensial yang rendah, maka gaya *electrostatic* tidak cukup untuk mencegah partikel berkumpul. Garis pemisah antara suspensi *electrostatic* yang stabil dan tidak stabil umumnya pada $(\pm) 30\text{mV}$ (Treybig et al., 2016). Pedoman dalam mengklasifikasikan disperse nanopartikel dengan nilai zeta potensial $0-10\text{mV}$, $\pm 10-20\text{mV}$, $\pm 20-30\text{mV}$, dan $>\pm 30\text{mV}$, yaitu berturut-turut sangat tidak stabil, relatif stabil, stabil dan sangat stabil. (Patel, 2015)

2.7 Self Potensial

Metode ini disebut self potensial karena potensial yang dihasilkan oleh sejumlah sumber alami dari bumi tanpa adanya injeksi ke bawah permukaan bumi. Nilai beda potensial yang terukur dipermukaan kurang dari satu milivolt hingga satu volt, serta tanda (negatif atau positif) dari beda potensial merupakan faktor penting untuk interpretasi anomali self potensial. Metode ini biasanya untuk eksplorasi dangkal, sekitar 100 m. Anomali self potensial dapat dihasilkan oleh mekanisme difusi dan membrane, potensial bioelektrik, streaming potensial, dan potensial mineral. Difusi dan potensial *membrane* terkait dengan konsentrasi gradien dan pergerakan ion dibawah permukaan yang menghasilkan beda potensial listrik.

Pemompaan air dan filtrasi ion oleh akar tanaman akan menghasilkan potensial bioelektrik. Potensial streaming (potensial elektrokinetik) berkaitan dengan aliran air tanah dan fluida lainnya yang mengandung elektrolit melalui patahan atau pengeroposan. Potensial alami dari bumi terdiri dari dua komponen, yaitu komponen yang konstan dan tidak berubah dan yang berubah terhadap waktu. Komponen konstan disebabkan proses elektrokimia dan yang berubah terhadap waktu disebabkan variasi perbedaan potensial dari induksi arus bolak-balik (AC) oleh badai listrik serta variasi dari medan magnetik bumi, yang dipengaruhi pula oleh curah hujan. Dalam eksplorasi mineral, masing-masing komponen self potensial disebut potensial mineral dan potensial *background*. Potensial *Background* disebabkan oleh aliran fluida, aktivitas bioelektrik, variasi konsentrasi elektrolit pada air tanah, dan aktivitas geokimia lainnya (Telford., 1990). Nilainya kurang dari 100 mV.

Self potensial merupakan potensi diri yang terbentuk dari dua proses mekanisme, yaitu proses mekanik dan proses elektrokimia. Pada proses mekanik potensial yang dihasilkan adalah potensial elektrokinetik (*streaming potential*) sedangkan pada proses elektrokimia, potensial yang dihasilkan meliputi potensial difusi (*liquid junction*), potensial serpih (*nerts*) dan potensial mineralisasi (Telford., 1990) . Faktor utama yang mempengaruhi potensial diri secara umum ialah tanah. Potensial diproduksi oleh aliran tanah, dengan berperan sebagai elektrolit dan pelarut dari mineral yang berbeda. Ada tiga cara dalam mengkonduksikan listrik melalui batuan yaitu dengan dielektrik, elektrolitik dan konduksi elektronik. Konduktivitas listrik (σ , inversi dari resistivitas) dari batuan berpori bergantung pada porositasnya (bentuk pori-porinya) dan pada pergerakan air (atau cairan lainnya) melewati celah pori-pori (bergantung pada sifat mobilitas *ionic* dan konsentrasi larutan, viskositas (η), temperature serta tekanan).(Pratama, Anggi Arwin, 2017)

2.8 Streaming Potensial

Streaming potential atau potensial elektrokinetik disebabkan oleh gerakan ion dengan aliran cairan. Dalam sistem yang terdiri dari dua fase terpisah seperti media

cair dan padat, harus ada keseimbangan muatan total, yaitu sistem harus *electroneutral*. Ini berarti bahwa muatan bersih dalam zat cair dan muatan pada permukaan media padat harus sama besarnya dan memiliki tanda yang berlawanan. Pada antarmuka kedua fasa terdapat agregasi muatan berlebih (kelebihan ion/elektron) disetiap sisi yang merupakan EDL. EDL yang sangat penting untuk menghasilkan potensi streaming, dapat dijelaskan oleh model.(Fagerlund & Heinson, 2003)

Salah satu sumber potensial yang terbentuk secara alami adalah potensial elektrokinetik atau streaming potential. Potensi ini muncul ketika aliran fluida melewati medium berporos (Fagerlund & Heinson, 2003) yang mana merupakan sekumpulan fenomena fisikokimia yang melibatkan pengangkutan muatan, aksi ion bermuatan, efek potensial listrik yang dapat diterapkan dan pengangkutan fluida media berpori untuk mencapai aliran fluida yang diinginkan (Mohd et al., 2017). Oleh karena itu, metode potensial diri dapat digunakan dalam investigasi air tanah (*groundwater*) dan dalam aplikasi *geotechnical engineering* digunakan untuk studi perembesan air tanah (Syahrudin et al., 2010)

Potensial elektrokinetik atau *streaming potential* merupakan hasil dari aliran elektrolit yang melewati medium berpori atau kapiler yang bernilai kurang dari 10 mV. Potensial ini dapat diamati ketika larutan resistivitas elektrik ρ dan viskositas η terdesak melalui kapiler atau medium berpori. Besarnya resultan beda potensial antara ujung penerimanya adalah (Kim et al., 2004; Telford., 1990)

$$Ek = \frac{\varepsilon \mu C E \delta P}{4 \pi \eta} \quad 3$$

Dimana: ε = konstanta dielektrik

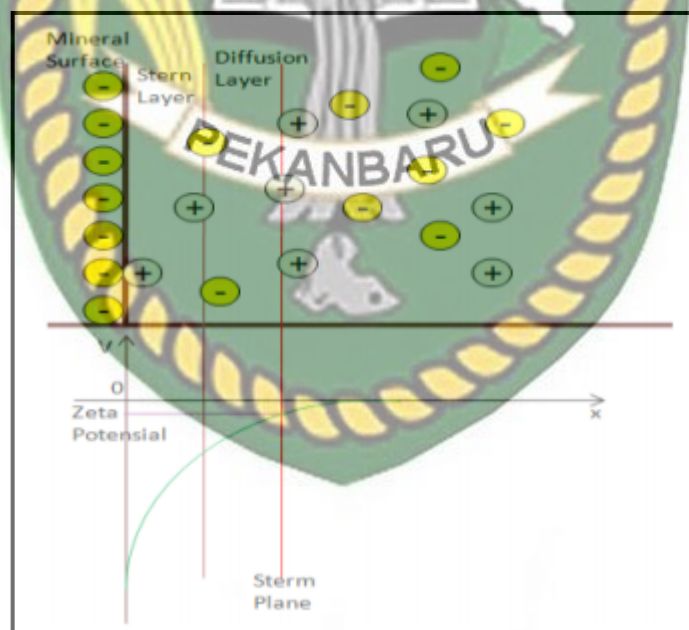
μ = resistivitas elektrolit

η = viskositas dinamis elektrolit

δP = beda tekanan

CE = koefisien kopling elektrofilitasi

Pergerakan fluida yang melewati medium porositas akan menghasilkan *gradient* potensial sepanjang jalur aliran yang diakibatkan oleh interaksi antara gerakan pori fluida dan dua lapisan beresistivitas disebut *streaming potential*. *Streaming potential* terbentuk ketika aliran fluida melewati permukaan biji mineral yang mengandung muatan *negative*. Sehingga muatan positif dari fluida akan berinteraksi dan berakumulasi permukaan biji mineral, membentuk lapisan yang disebut listrik rangkap (*electrical double layer*), yang mana ion-ionnya terikat. Lapisan ini terdiri dari lapisan dalam yang disebut *stern layer* dimana muatan negatif di permukaan biji mineral menarik dan mengikat ion positif dari fluida langsung pada permukaan biji mineral, dan lapisan difusi dimana sisa ion positif dari fluida tertarik tapi tidak langsung menempel ke permukaan biji mineral (Gambar 2.4). (Kim et al., 2004)



Gambar 2.4 EDL pada Batas Antara Biji Mineral dan Fluida (Kim et al., 2004).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode *simulation research*, dimana data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder yang didapat dari sumber terpercaya. Permodelan reservoir menggunakan *software* CMG GEM.

Simulator CMG diimplementasikan oleh beberapa perusahaan di industri perminyakan yang dikenal karena kemampuannya untuk permodelan dalam skala laboratorium dan lapangan, serta memiliki kemampuan untuk menangani perilaku kimia yang rumit. Beberapa karya penelitian berdasarkan permodelan *chemical flooding* menggunakan teknik simulasi yang berbeda telah diterbitkan sejak tahun 1970-an. Pope dan Nelson (1978) mengembangkan simulator *chemical flooding* (satu dimensi dan komposisi) untuk memantau *incremental oil recovery* sebagai fungsi dari *variable* yang berbeda. Paul et al. (1982) menggunakan model sederhana untuk memprediksi *polymer flooding*. Bhuyan et al. (1990) menyajikan model umum untuk *chemical flooding* dengan pH tinggi. Vaskas (1996) mengembangkan model ekonomis untuk evaluasi *chemical flooding*. Han et al. (2007) mengembangkan simulator *compositional chemical flooding* komposisi untuk *surfactant polymer flooding*. Fathi Najafabadi et al. (2009) mengembangkan simulator untuk perilaku fase surfaktan dalam *surfactant flooding*. (Rai et al., 2015)

Pada penelitian ini menggunakan metode streaming potensial dengan memperhatikan pergerakan ion-ion yang terdapat pada surfaktan dengan melakukan simulasi menggunakan model yang dibuat menggunakan *software Computer Modeling Group* (CMG) GEM.

Dalam penelitian ini, proses input data komponen pada CMG GEM menggunakan *tools process wizard* untuk system komponen yaitu, model alkali-surfaktan-polimer. Serangkaian percobaan dilakukan untuk memantau pergerakan ion-ion yang terdapat pada surfaktan. Dengan data-data yang dimiliki, model simulasi akan di *running* dalam skala waktu 20 tahun.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Karakteristik Reservoir

Lapangan X ini merupakan lapangan yang terletak pada provinsi Henan, Cina. Reservoir dari lapangan ini terletak pada kedalaman 1900 ft sampai 2020 ft (Guo et al., 2017).

Tabel 3.1 Tabel Karakteristik Fluida

Properti	Nilai	Satuan
Model	<i>Two phase</i>	-
Densitas Minyak	53.06	lb/ft ³
Densitas Air	63.7	lb/ft ³
Viskositas Air	1	cp

Tabel 3.2 Tabel Karakteristik Reservoir

<i>Component</i>	<i>Value</i>
Permeability (mD)	10-200
Porosity (%)	20-30
Ketebalan (ft)	40
Kedalaman (ft)	1900-2020
WOC (ft)	1960

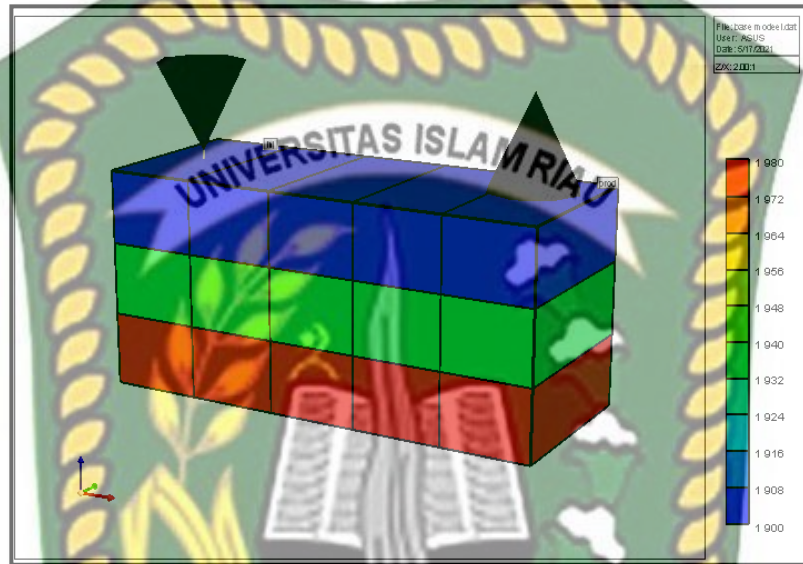
Komponen fluida injeksi yang digunakan pada model ini adalah alkali, surfaktan dan polimer. Adapun *sodium hydroxide* (NaOH) sebagai alkali, *heavy alkylbenzene sulfonate* (HABS) sebagai surfaktan dan *hydrolized polyacrylamide* (HPAM) sebagai polimer.

Tabel 3.3 Komponen Fluida Injeksi

<i>Component</i>	<i>MW (g/mol)</i>	<i>Density (gr/cm³)</i>
NaOH	39.99	2.13
HABS	453	3.79
HPAM	80000	1.302

3.3 Model Simulasi Reservoir

Pembuatan model reservoir pada lapangan X menggunakan simulator CMG GEM 2020. Model reservoir pada lapangan ini terdiri dari 5 grid arah sumbu I, 1 grid arah sumbu J, dan 3 grid arah sumbu K. Model reservoir lapangan X dapat dilihat pada gambar berikut:

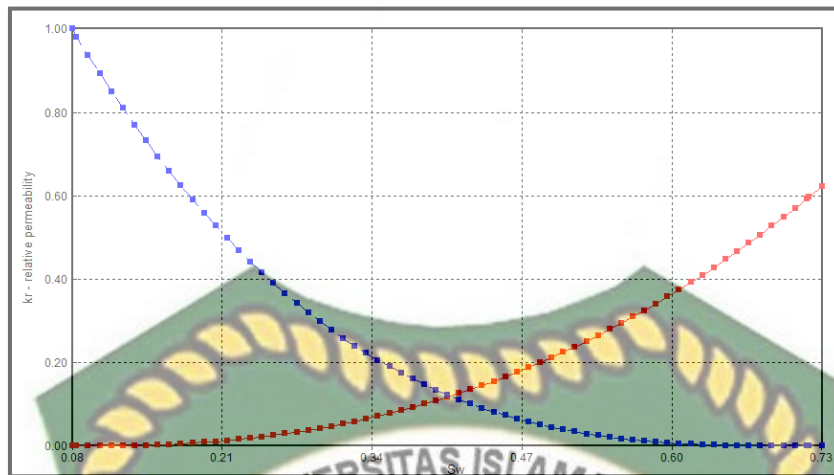


Gambar 3.2 Model Konseptual reservoir Lapangan X

Setelah melakukan *running* pada model, berikut hasil inisialisasi model lapangan X yang tercantum pada tabel 3.1:

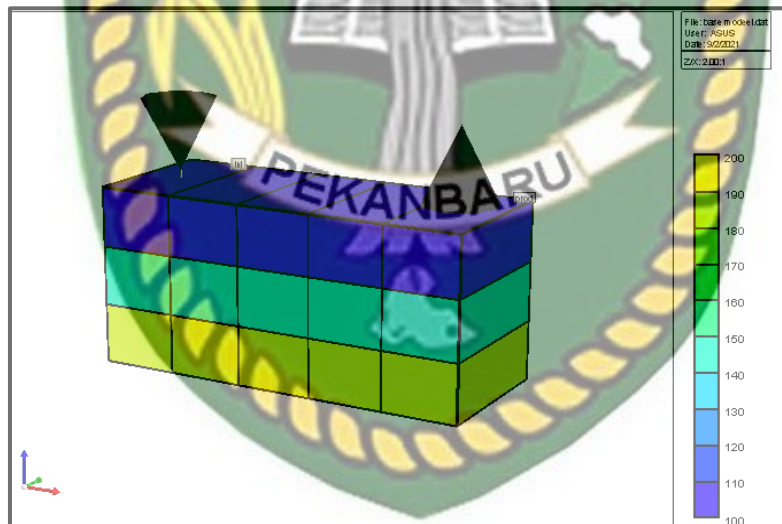
Tabel 3.4 Hasil Inisialisasi dari Simulasi

Parameter	Satuan	Nilai
Total Bulk reservoir	ft ³	12.0000E+06
Total Pure Volume	ft ³	30.0244E+05
Original Oil In Place	Bbl	3.227264E+05

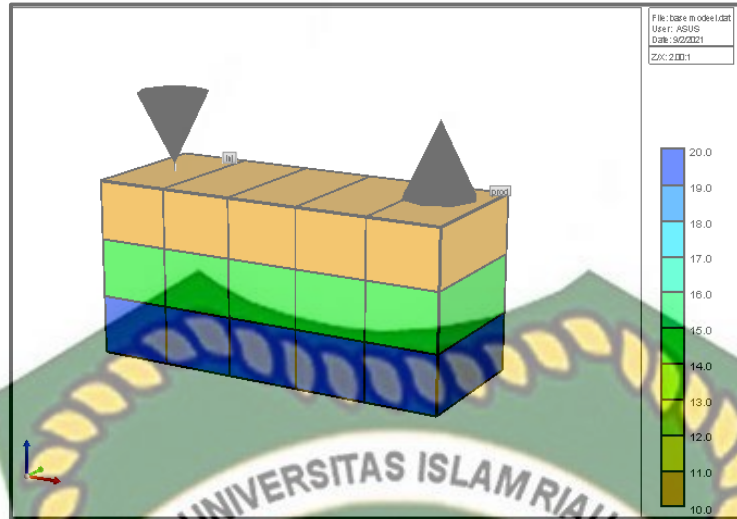


Gambar 3.3 Kurva Permeabilitas relatif

Kurva permeabilitas relatif pada gambar 3.3 menunjukkan wetabilitas yang bersifat *oil wet* karena perpotongan kurva berada pada nilai saturasi air sebesar 0.0404 (Ahmed, 2018). Kurva ini merupakan kondisi initial reservoir sebelum diterapkannya Alkali-Surfaktan-Polimer (ASP).



Gambar 3.4 Distribusi permeabilitas vertikal pada Lapangan X



Gambar 3.5 Distribusi permeabilitas horizontal pada Lapangan X

Permeabilitas merupakan suatu kemampuan batuan reservoir untuk dapat mengalirkan fluida. Pada gambar 3.4 dan gambar 3.5 merupakan distribusi permeabilitas pada lapangan A. Distribusi permeabilitas vertikal memiliki nilai 100 mD hingga 200 mD dan Permeabilitas Horizontal bernilai 10 mD hingga 20 mD.



Gambar 3.6 Distribusi porositas pada Lapangan X

Porositas didefinisikan sebagai ukuran kapasitas ruang pori batuan reservoir untuk dapat ditempati oleh suatu fluida reservoir. Pada gambar 3.6 merupakan distribusi porositas pada lapangan X yang memiliki nilai sebesar 20-30%.

3.4 Tempat dan Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Simulasi Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau, adapun jadwal penelitian ini dilakukan selama 8 bulan, mulai 18 September 2020 hingga bulan Juni 2021 dengan perincian kegiatan seperti pada Tabel berikut ini:

Tabel 3.5 Jadwal Penelitian.

No	Jenis Kegiatan	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	Jan-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	May-21	Jun-21	Jul-21
1	Literature Review											
2	Pembuatan Model											
3	Pengaplikasian Metode Streaming Potential											
4	Hasil dan Pembahasan											

BAB IV

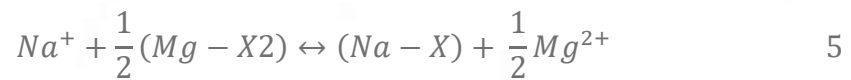
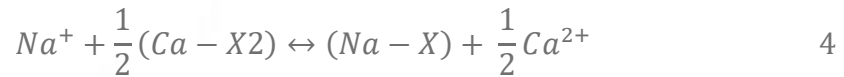
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sulitnya menemukan ladang minyak baru yang menyebabkan produksi dilakukan pada reservoir dalam keadaan matang dan tingkat produksi yang rendah (Mandal, 2015). Yang mana, besarnya sisa cadangan minyak yang tersisa pada saat *primary recovery* dan *secondary recovery* dapat diproduksi menggunakan *Enhanced Oil Recovery* (EOR) sebagai metode terbaik untuk meningkatkan perolehan minyak (Abdurrahman et al., 2017). Adapun salah satu metode EOR adalah metode pencampuran antara alkali, surfaktan dan polimer. Metode ini disebut dengan metode ASP *flooding*. Metode Alkali, Surfaktan dan Polimer (ASP) yang melibatkan sinergi dari ASP dengan mekanisme injeksi ASP yang didasarkan dari pengurangan *interfacial tension* (IFT) dan mengubah *wettability* pada batuan menuju keadaan yang lebih *water wet* (Mohd et al., 2017). Namun adapun permasalahan pada injeksi ASP yaitu adsorpsi yang dapat mengurangi kinerja dari ASP, maka dari itu peneliti melakukan pemantauan menggunakan metode *streaming potensial*. Dimana *streaming potential* itu sendiri merupakan sekumpulan fenomena fisikokimia yang melibatkan muatan, aksi ion bermuatan yang dapat diterapkan dan pengangkutan fluida media berpori untuk mencapai aliran fluida yang diinginkan (Mahmoud & Abdelgawad, 2014).

Pada penelitian ini hal pertama yang dilakukan peneliti adalah melakukan pemodelan simulasi reservoir untuk mensimulasi keadaan reservoir dan sekaligus untuk melihat propagasi dari ion-ion tersebut dengan menggunakan simulator CMG GEM 2020. Adapun pada penelitian ini, peneliti menggunakan jenis batuan karbonat heterogen, dimana karbonat heterogen tersebut bisa dikatakan jika nilai propertiesnya tidak satu, tapi beragam atau bervariasi. Dalam hal ini properties yang memiliki keadaan beragam atau bervariasi tersebut yaitu permeabilitas dan porositas. Namun pada penelitian ini, peneliti melakukan pengabaian terhadap reservoir natural *fracture* yang dimiliki dari karbonat heterogen. Adapun jenis fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah *alkylbenzene sulfonate* (ABS) untuk surfaktan, *sodium hidroksida* (NaOH) untuk alkali dan *hydrolyzed polyacrylamide* (HPAM) untuk polimer. Dimana NaOH adalah zat reaktivitas yang

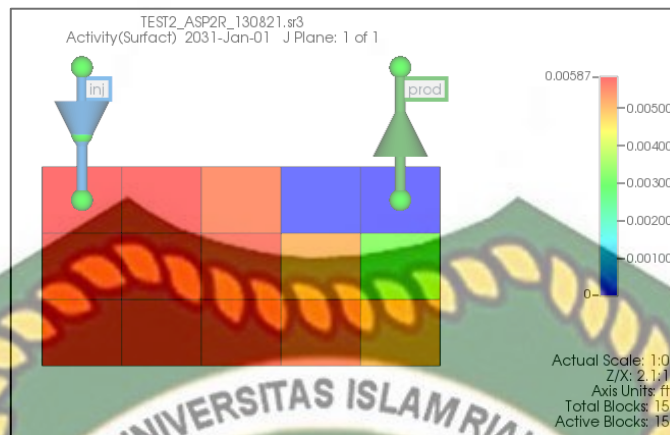
tinggi dan dapat bereaksi terhadap asam karboksilat dalam fasa minyak secara efektif dan menghasilkan nilai IFT yang rendah cocok dilakukan pada penerapan ASP *flooding* (Bortolotti et al., 2009). Diawali dengan pembuatan model *basecase*, dimana model *basecase* tersebut akan diterapkan ASP *flooding* dengan menggunakan konsentrasi masing-masing komponen berdasarkan konsentrasi rata-rata metode ASP yang pernah diterapkan di dunia, yaitu dengan konsentrasi alkali 1.25wt.%, surfaktan 0.27wt.%, 1350 ppm untuk polimer (Sheng, 2013). Pada dasarnya, penerapan ASP *flooding* dapat dilakukan melalui 2 cara yaitu secara manual dan *process wizard*. Pada penelitian ini, digunakan penerapan ASP *flooding* pada *setting* di *process wizard*. Pemilihan *process wizard* ini dikarenakan keunggulan yang ada pada *setting* di *process wizard* terdapatnya fitur dalam memilih reaksi ion *exchange* yang akan digunakan sesuai dengan yang dibutuhkan dengan otomatis nilai *rate constant* nya akan ter *generate* secara langsung tanpa harus menghitungnya.

Ion *exchange* (pertukaran ion) atau yang biasa dikenal dengan kromatografi yang mana suatu proses untuk memisahkan molekul ion-ion senyawa berdasarkan perbedaan nilai muatan permukaan antar senyawa. Biasanya senyawa senyawa yang mengalami kromatografi itu adalah senyawa yang memiliki molekul yang saling berikatan ion. Yang mengikat ion-ion tersebut yaitu adalah resin, dimana resin memiliki butiran-butiran permukaan yang bermuatan positif (kation) dan permukaan yang bermuatan negatif (anion). Dimana resin tersebut memiliki pori-pori kecil untuk mengikat ion-ion sehingga menambah luas permukaan kontak, yang mana R merupakan simbol senyawa resin yang mengikat ion. Sebagai contoh, salah satu jenis resin ion *exchange* berupa molekul ikatan ion hidrokarbon yang sangat kompleks dengan ujung rantai yang mengikat dengan ion H^+ untuk resin kation atau positif dan dengan ion OH^- untuk resin anion atau negatif. Dalam lingkungan reservoir, ada keseimbangan kimia antara ion-ion dalam larutan dan ion yang menyerap pada permukaan mineral. Seperti air dengan konsentrasi ion yang berbeda dari konsentrasi ion air bawaan yang diinjeksikan, maka terjadilah reaksi ion *exchange*, yang mana dua reaksi ion *exchange* yang khas melibatkan natrium (Na), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).



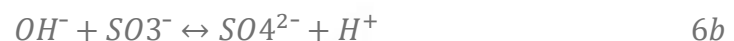
Istilah reaksi kesetimbangan kimia dihilangkan dengan menerapkan matrik pemusnahan tingkat kesetimbangan (Nghiem et al, 2004). Persamaan ini dapat diselesaikan secara simultan dengan persamaan fase, kimia dan ion *exchange* untuk semua mol komponen.

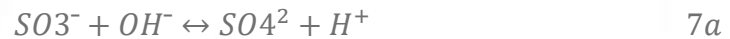
Pada penelitian ini, peneliti melakukan simulasi dengan model yang bersifat konseptual dan hanya menggunakan *linier pattern* yang mana hanya ada 1 sumur injeksi dan 1 sumur produksi. Hal itu mengotomatiskan arah fluidanya bergerak langsung menuju sumur produksi yang disebabkan karena tekanan yang ada pada sumur produksi lebih rendah daripada sumur injeksi. Karena jika sumur produksi memiliki tekanan yang lebih tinggi daripada sumur injeksi dapat mengakibatkan terjadinya *loss circulation* dimana fluida hanya mengalir di *reservoir* tapi tidak mampu memproduksinya. Namun pada Gambar 4.1 dapat dilihat aktivitas dari surfaktan, yang mana surfaktan mengalir memenuhi setiap grid hingga akhirnya menuju sumur produksi. Hal tersebut berhubungan dengan hukum tekanan hidrostatik, dimana surfaktan yang merupakan fluida injeksi mengisi penuh ke seluruh sumur injeksi untuk menghasilkan tekanan yang maksimal ditambah dengan tekanan injeksi sehingga surfaktan mampu mengalir sesuai dengan arah alirannya yaitu hingga ke sumur produksi. Mampunya fluida mengalir mengisi setiap grid disebabkan juga karena *permeabilitas* yang dimiliki setiap *layer* nya berbeda, hal tersebut membuat fluida mengalir menuju *permeabilitas* terbaik yaitu terdapat pada *layer* yang paling bawah.



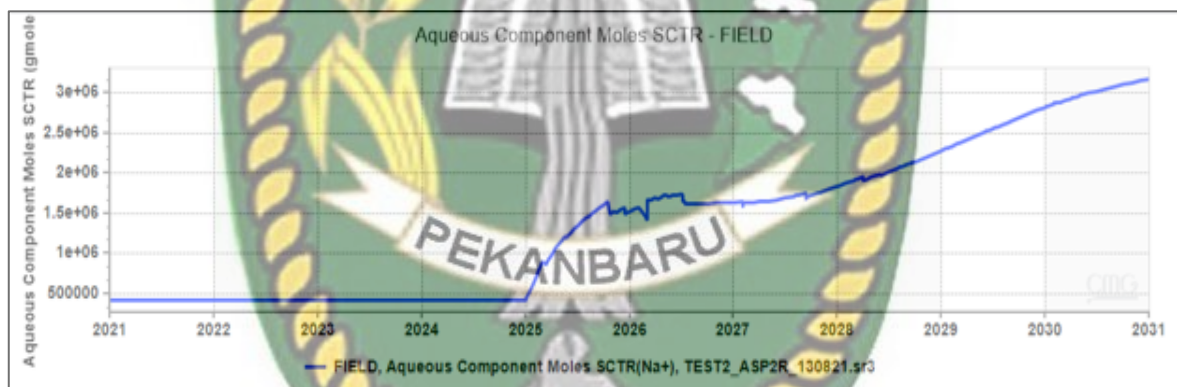
Gambar 4.1 Aktivitas dari Surfaktan

Hal itu dapat dibuktikan pada pergerakan ion yang ada pada fluida surfaktan yaitu *alkylbenzene sulfonate* (ABS). ABS yang memiliki ion Na^+ dan ion SO_4^{2-} . Dapat dilihat pada Gambar 4.2 yang mana nilai *aqueous component moles* Na^+ di reservoir yang telah diinjeksi selama 10 tahun menunjukkan ion Na^+ meningkat tiap tahunnya dari tahun 2025 hingga tahun 2031. Meningkatnya ion Na^+ itu disebabkan karena beberapa faktor yaitu peningkatan volume injeksi ABS dan volume injeksi alkali yaitu NaOH . Hal itu membuat jumlah ion Na^+ yang terdapat pada fluida makin banyak sehingga dapat mengikat ion-ion di *crude oil* membentuk emulsi dan tersapu ke sumur produksi. Sedangkan pada ion SO_4^{2-} yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 menunjukkan nilai *aqueous component moles* SO_4^{2-} di reservoir yang mana telah diinjeksi selama 10 tahun mengalami fluktuasi kenaikan dan penurunan dalam waktu kurun waktu 2026-2028. setelah melewati tahun 2028 terjadi penurunan jumlah SO_4^{2-} , kemungkinan besar penurunan jumlah SO_4^{2-} karena proses adsorpsi terjadi pada batuan. Ion Na^+ bereaksi dengan komponen asam minyak mentah yang menghasilkan emulsi yang dapat mengurangi terjadinya adsorpsi dan menurunkan nilai IFT, sehingga makin banyak minyak mentah yang dihasilkan di sumur produksi. Berikut reaksi kimia dari ion Na^+ alkali yang menghasilkan emulsi.

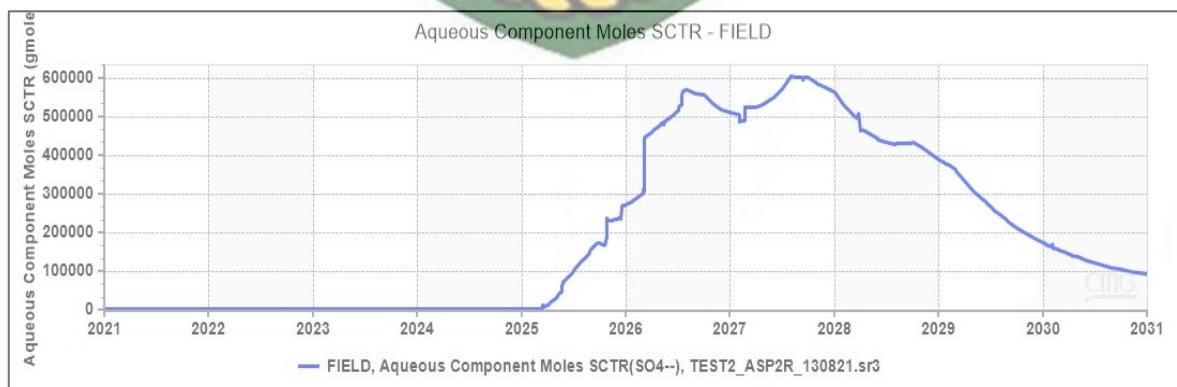




Dimana fluida alkali yaitu NaOH memiliki ion Na^+ dan OH^- . OH^- yang bereaksi terhadap SO_3^- yang menghasilkan SO_4^{2-} dan H^+ dan ion SO_4^{2-} tersebut diadsorpsi oleh komponen karbonat kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Sedangkan HA_o yang dihasilkan dari reaksi ion H^+ dan komponen minyak adalah minyak mentah yang bersifat asam. A_o^- yang merupakan komponen dari minyak mentah yang diikat oleh ion Na^+ menghasilkan emulsi NaA_o . Komponen minyak yang sudah diikat, HA_o dan NaA_o akan mudah tersapu oleh fluida pendorong, dalam hal ini adalah polimer, mengalir ke sumur minyak.



Gambar 4.2 Aqueous Component Moles SCTR (Na^+)



Gambar 4.3 Aqueous Component Moles SCTR (SO_4^{2-})

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Arah aliran fluida mengalir sesuai dengan yang diharapkan, yang mana fluida atau ion pada surfaktan mengalir dari sumur injeksi dengan memenuhi seluruh grid reservoir yang didahului pada *layer* paling bawah, yang disebabkan nilai permeabilitas yang dimiliki pada *layer* tersebut yang paling baik.
2. Propagasi dari ion Na^+ mengalami peningkatan tiap tahunnya, berbeda dengan SO_4^{2-} yang mengalami fluktuasi sebanyak 2kali yang kemungkinan disebabkan terjadinya dominan adsorpsi pada batuan oleh Ca^+ dan Mg^+ .

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Melakukan *scenario* pada konsentrasi surfaktan untuk menghasilkan konsentrasi surfaktan yang terbaik yang dapat digunakan pada monitoring ASP *flooding* pada ion surfaktan.
2. Melakukan perbandingan terhadap monitoring ASP *flooding* dengan SP *flooding* untuk mengetahui pengaruh penggunaan alkali dan pengaruh terhadap tanpa penggunaan alkali.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Z. Z., Zain, Z. M., Anua, N. A., & Bhd, S. (2011). *SPE 143391 Application of Radioactive and Chemical Tracers for Offshore WAG Pilot Project*. 17.
- Abdurrahman, M., Permadi, A. K., Bae, W. S., & Masduki, A. (2017). EOR in Indonesia: past, present, and future. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 16(3), 250.
- Ahmed, T. (2018). Reservoir Engineering Handbook. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Berger, P. D., Technologies, O. C., Lee, C. H., & Technologies, O. C. (2002). *SPE 75186 Ultra-low Concentration Surfactants for Sandstone and Limestone Floods*.
- Bortolotti, V., Gottardi, G., Macini, P., & Srisuriyachai, F. (2009). Intermittent alkali flooding in vertical carbonate reservoirs (SPE-121832). *71st European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition 2009: Balancing Global Resources. Incorporating SPE EUROPEC 2009*, 2(June), 1301–1312.
- Carlson, J. J., & Kawatra, S. K. (2013). Factors affecting zeta potential of iron oxides. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 34(5), 269–303. <https://doi.org/10.1080/08827508.2011.604697>
- Damanik, M., Kasmungin, S., & Sudibjo, R. (2018). *Study Peningkatan Oil Recovery Pada Injeksi Surfaktan-Polimer Pada Batuan Karbonat*. 3(1), 27–33.
- Dang, C. T. Q., Nguyen, N. T. B., Chen, Z., Nguyen, H. X., Bae, W., & Phung, T. H. (2012). A comprehensive evaluation of the performances of alkaline/surfactant/ polymer in conventional and unconventional reservoirs. *Society of Petroleum Engineers - SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2012, APOGCE 2012*, 2, 1547–1557.
- Doll, B. H. G., & Aime, M. (1948). *The S. P. Log : Theoretical Analysis and Principles of Interpretation*. February.
- Fagerlund, F., & Heinson, G. (2003). Detecting subsurface groundwater flow in fractured rock using self-potential (SP) methods. *Environmental Geology*, 43(7), 782–794. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0693-x>
- Ferraris, Ch. F., & Hackley, V. A. (1986). This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible. *Oxford University*, 72.
- Guo, H., Li, Y., Wang, F., Yu, Z., Chen, Z., Wang, Y., & Gao, X. (2017). ASP Flooding: Theory and Practice Progress in China. *Journal of Chemistry*,

2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8509563>

James J. Sheng. (2011). *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery. Theory and Practice*. Gulf Professional Publishing is an imprint of elvisier.

Kim, S., Heinson, G., & Joseph, J. (2004). *Electrokinetic Groundwater Exploration : A New Geophysical Technique*. Overbeek 1952, 181–185.

Lestari, T. V. and. (2015). Studi Laboratorium Mengenai Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Surfaktan Terhadap peningkatan minyak produksi Pada Injeksi Surfaktan Dengan Kadar Salinitas Air Formasi yang Bervariasi. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2460–8686, 550–554.

Mahmoud, M. A., & Abdelgawad, K. Z. (2014). A new chemical EOR for sandstone and carbonate reservoirs. *Society of Petroleum Engineers - SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition*, April, 21–24. <https://doi.org/10.2118/172183-ms>

Mandal, A. (2015). Chemical flood enhanced oil recovery: a review. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 9(3), 241. <http://www.inderscience.com/link.php?id=69001>

Manrique, E. (2017). *Historical and recent observations in polymer floods: An update review*. June. <https://doi.org/10.29047/01225383.72>

Mohd, T. A. T., Jaafar, M. Z., Rasol, A. A. A., & Ali, J. (2017). Review: A new prospect of streaming potential measurement in alkaline-surfactant-polymer flooding. *Chemical Engineering Transactions*, 56(2010), 1183–1188. <https://doi.org/10.3303/CET1756198>

Mohd. Zaidi Jaafar. (2013). *Measurement of Streaming Potential in Reservoir Rock. Downhole Monitoring in Intelligent Wells*. publisher Verlag, 31-83.

Pratama, Anggi Arwin, A. S. B. dan D. D. W. (2017). Pemodelan Pola Aliran Fluida Panas Manifestasi. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 233–236.

Rai, S. K., Bera, A., & Mandal, A. (2015). Modeling of surfactant and surfactant–polymer flooding for enhanced oil recovery using STARS (CMG) software. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13202-014-0112-3>

Rita, N. (2018). Studi Mekanisme Injeksi Surfaktan-Polimer pada Reservoir Berlapis Lapangan NR Menggunakan Simulasi Reservoir. *Jurnal Of Eart, Energy, Engineering*, 2301–8097, 23–36.

Rohayati Juita, Arnelli, & Yusniati. (2016). Telaah Surfaktan untuk Proses Enhanced Oil Recover. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 27 – 31.

Sheng, J. J. (2013). *SPE 165358 A Comprehensive Review of Alkaline-Surfactant-Polymer (ASP) Flooding*. April, 20.

- Sheng, J. J. (2015). Status of surfactant EOR technology. *Petroleum*, 1(2), 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2015.07.003>
- Shutang, G., & Qiang, G. (2010). Recent progress and evaluation of ASP flooding for EOR in Daqing oil field. *SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia 2010, OGWA - EOR Challenges, Experiences and Opportunities in the Middle East*, 48–54. <https://doi.org/10.2523/127714-ms>
- Sumantri, Y., Pamungkas, J., & Satrio, C. (2015). Studi Injeksi Kimia Melalui Simulasi Reservoir : *JIKTekMin*, 1, 6–20.
- Syahrudin, M. H., Si, S., Ketua, M. T., Lantu, D., Sc, M. E., Anggota, D., & Universitas, D. (2010). Studi Penentuan Laju Perembesan Air dalam Media Berpori Menggunakan Metoda Self-Potential. 25, 1–46.
- Telford., L. P. G. R. . S. M. (1990). Applied-geophysics.pdf. In *Applied Geophysics* (p. 760).
- Treybig, D. S., Saini, R., Vigdeman, L., Smith, K., Gray, B., Strobel, J., & Solutions, L. O. (2016). *Consolidating Sand with New Generation Zeta Potential Altering Systems*. 24–26.
- Wyllie, M. R. J. (1949). A Quantitative Analysis of the Electrochemical Component of the S.P. Curve. *Journal of Petroleum Technology*, 1(01), 17–26. <https://doi.org/10.2118/949017-g>

LAMPIRAN

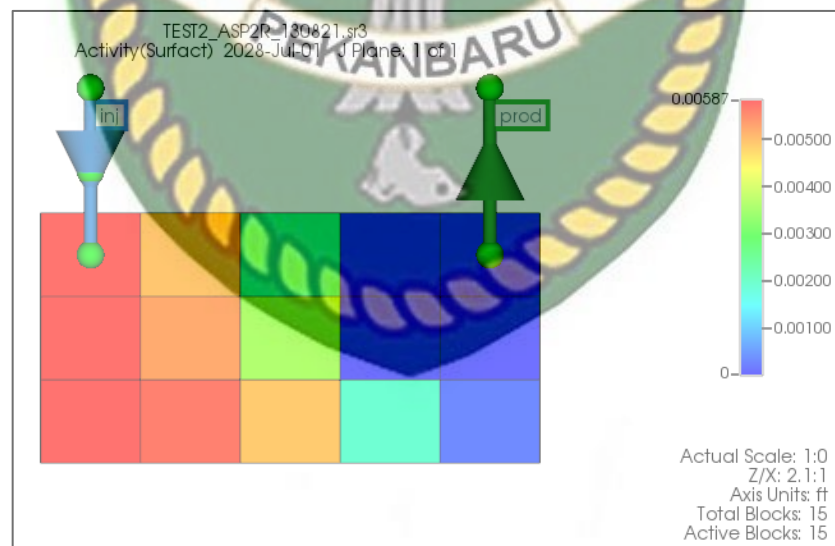
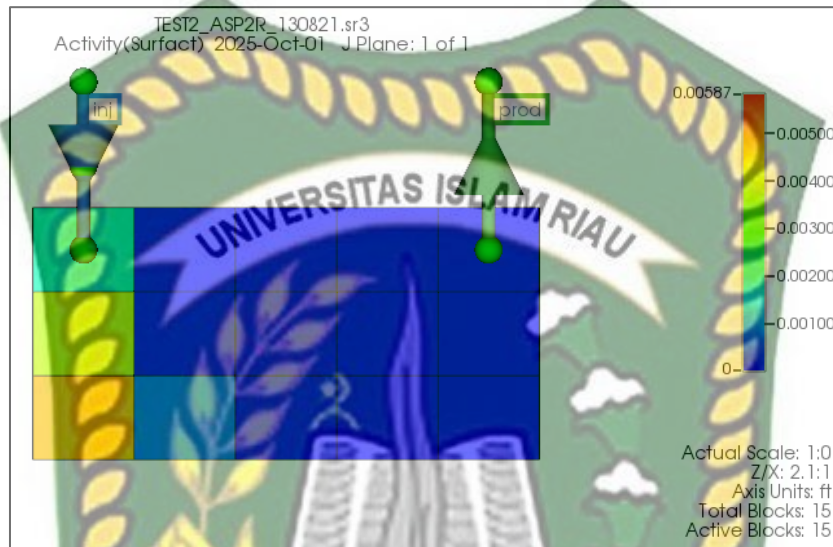
Lampiran I. Data Komponen Fluida Umum

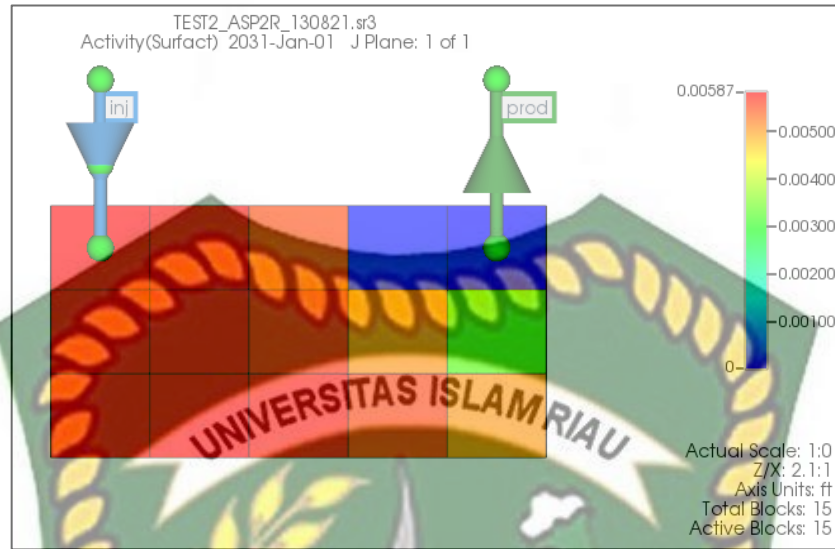
Component	Molecular Weight	Critical Pressure	Critical Temperature	Critical Z-Factor for Visc. Corr.	Acentric Factor	Volume Shift	Parachor	Ω_a	Ω_b
(-)	(-)	(psia)	(°R)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
N ₂	28.014	492.84	227.16	0.29178	0.037	0.16758	59.1	0.457236	0.077796
CO ₂	44.010	1069.51	547.42	0.27433	0.225	0.00191	80	0.457236	0.077796
C ₁	16.043	667.03	343.01	0.2862	0.011	0.14996	71	0.457236	0.077796
C ₂	30.070	706.62	549.58	0.27924	0.099	-0.0628	111	0.457236	0.077796
C _{3N-C₅}	54.089	560.75	730.95	0.27465	0.18452	0.05535	178.97	0.457236	0.077796
C _{6C₈}	96.721	464.54	993.39	0.26498	0.27372	0.00741	267.31	0.457236	0.077796
C _{9C₁₂}	138.160	359.66	1137.99	0.25397	0.40076	0.05238	365.85	0.457236	0.077796
C _{13C₁₇}	207.215	260.83	1300.44	0.24558	0.57898	0.11079	532.32	0.457236	0.077796
C _{18C₂₉}	313.694	192.71	1473.62	0.24563	0.81861	0.14922	787.86	0.457236	0.077796
C ₃₀₊	493.836	145.31	1658.37	0.26023	1.13360	0.13239	1220.21	0.457236	0.077796

BIPS	N ₂	CO ₂	C ₁	C ₂	C _{3N-C₅}	C _{6C₈}	C _{9C₁₂}	C _{13C₁₇}	C _{18C₂₉}	C ₃₀₊
N ₂	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
CO ₂	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
C ₁	0.025	0.105	0	-	-	-	-	-	-	-
C ₂	0.01	0.13	0.00092	0	-	-	-	-	-	-
C _{3N-C₅}	0.0953	0.11921	0.00463	0.00365	0	-	-	-	-	-
C _{6C₈}	0.10979	0.11479	0.01071	0.01274	0.00278	0	-	-	-	-
C _{9C₁₂}	0.10966	0.11466	0.01664	0.02327	0.00866	0.00165	0	-	-	-
C _{13C₁₇}	0.10991	0.11491	0.02507	0.03876	0.01913	0.00746	0.00211	0	-	-
C _{18C₂₉}	0.10985	0.11485	0.03352	0.05547	0.0317	0.01608	0.00752	0.00168	0	-
C ₃₀₊	0.11	0.115	0.10933	0.07108	0.04416	0.02547	0.01438	0.00555	0.00113	0

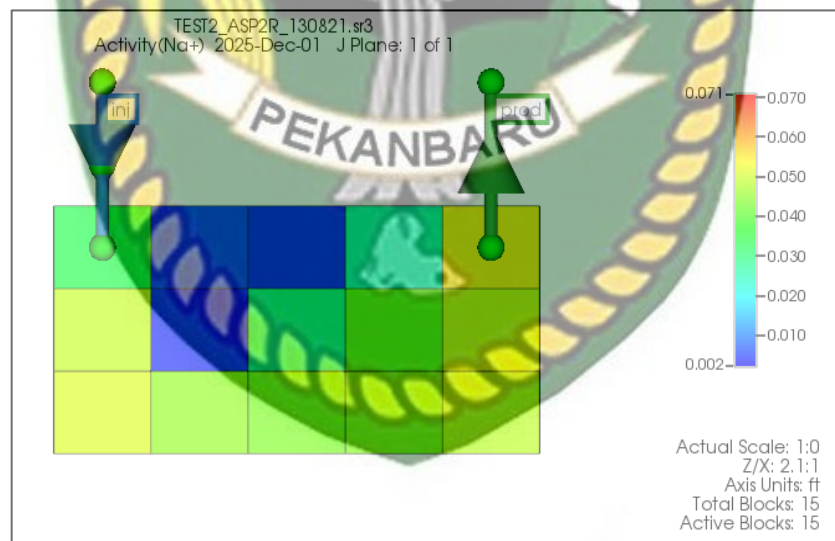
Lampiran II Hasil Run pada model CMG GEM 2020

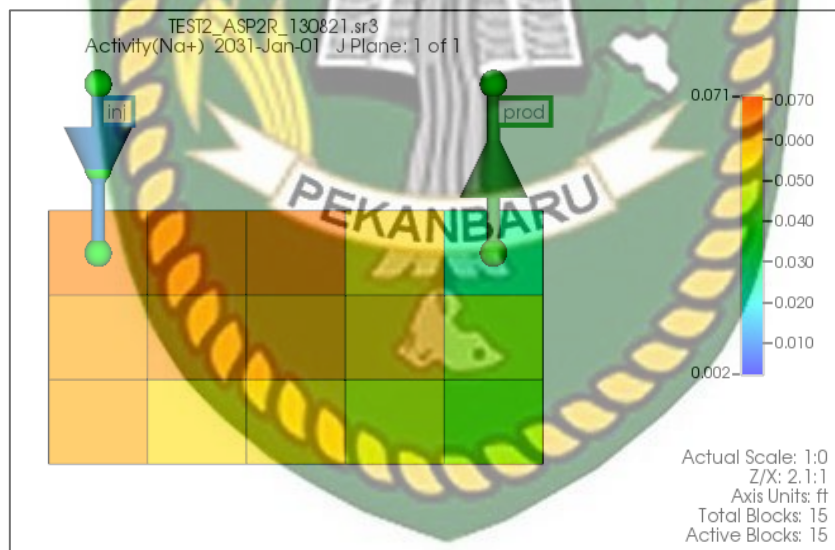
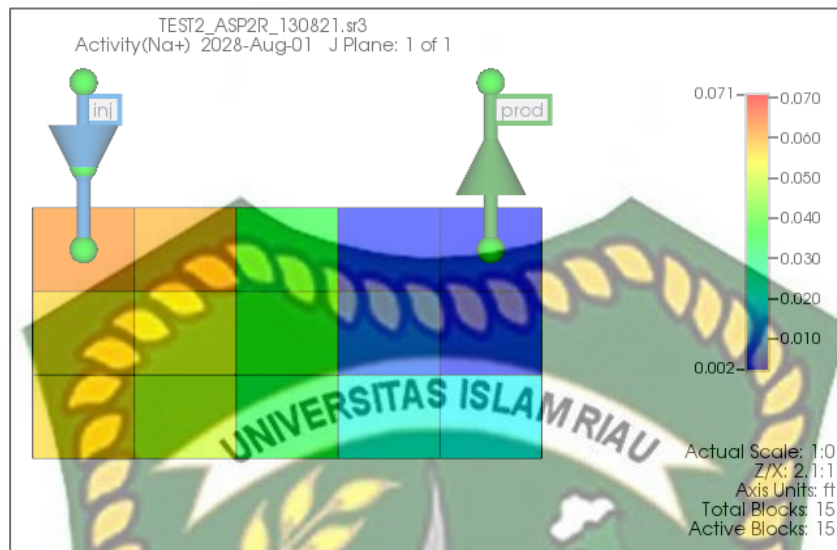
2D Result Aktivitas Surfaktan dari tahun 2025 sampai 2031



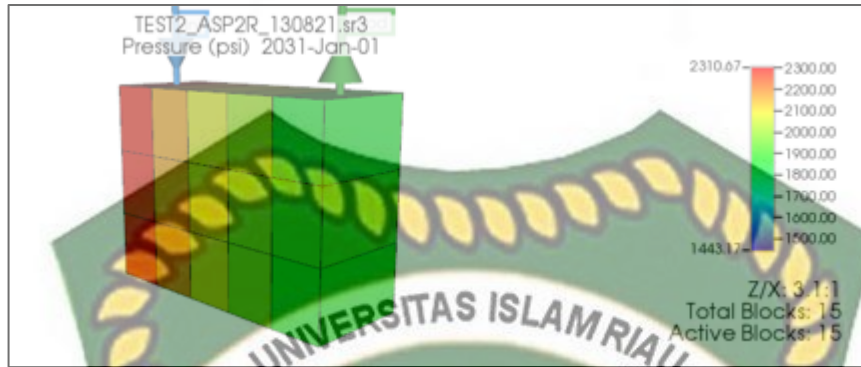


2D Result Aktivitas Na^+ dari tahun 2025 sampai 2031





3D RESULT AKTIVITAS PRESSURE



3D RESULT AKTIVITAS Na⁺





YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284
Telp. +62 761 674674 Website: www.eng.uir.ac.id Email: fakultas_teknik@uir.ac.id

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, tanggal 26 Agustus 2021, Nomor: 0245/KPTS/FT-UIR/2021, maka pada hari Senin, tanggal 30 Agustus 2021, telah dilaksanakan Ujian Skripsi Program Studi Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jenjang Studi S1, Tahun Akademik 2020/2021 berikut ini.

1. Nama : Bella Kartika Putri
2. NPM : 153210175
3. Judul Skripsi : *Monitoring Surfactant terhadap Alkaline, Surfactant, Polymer (ASP) Flooding Menggunakan Metode Streaming Potential*
4. Waktu Ujian : 14.30 – 15.30 WIB
5. Tempat Pelaksanaan Ujian : Online

Dengan keputusan Hasil Ujian Skripsi:

Lulus*/ Lulus dengan Perbaikan*/ Tidak Lulus*

**Coret yang tidak perlu.*

Nilai Ujian:

Nilai Ujian Angka = 88.13; Nilai Huruf = A

Tim Penguji Skripsi.

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., MBA.	Ketua	1.
2	Fiki Hidayat, S.T., M.Eng.	Anggota	2.
3	Idham Khalid, S.T., M.T.	Anggota	3.

Panitia Ujian
Ketua,

Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., MBA.
NIDK. 8820423419

Pekanbaru, 30 Agustus 2021

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Mursyidah, M.Sc.
NIDN. 1013056902

Surat Kuasa Nomor : 2316/A-UIR/5-T/2021

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 688/KPTS/FT-UIR/2021
TENTANG PENGANGKATAN TIM PEMBIMBING PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Membaca : Surat Ketua Program Studi Teknik Perminyakan Nomor : 19/TA/TP/FT/2021 tentang persetujuan dan usulan pengangkatan Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi.
- Menimbang : 1. Bahwa untuk menyelesaikan perkuliahan bagi mahasiswa Fakultas Teknik perlu membuat Skripsi.
2. Untuk itu perlu ditunjuk Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi yang diangkat dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat : 1. Undang - Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2009 Tentang Dosen
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan
5. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 63 Tahun 2009 Tentang Sistem Penjaminan Mutu Pendidikan
6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2014 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
7. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2018
8. Peraturan Universitas Islam Riau Nomor 001 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Akademik Bidang Pendidikan Universitas Islam Riau

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : 1. Mengangkat saudara-saudara yang namanya tersebut dibawah ini sebagai Tim Pembimbing Penelitian & penyusunan Skripsi Mahasiswa Fak. Teknik Program Studi Teknik Perminyakan.

No	Nama	Pangkat	Jabatan
1.	Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., M.BA	Asisten Ahli	Pembimbing

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :

Nama : Bella Kartika Putri

NPM : 153210175

Program Studi : Teknik Perminyakan

Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)

Judul Skripsi : Monitoring Surfactant Terhadap Alkaline, Surfactant, Polymer(ASP) Flooding Menggunakan Metode Streaming Potential

3. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.

Ditetapkan di : Pekanbaru
Pada Tanggal 1 Dzulkaidah 1442 H
11 Juni 2021 M

Dekan,



Dr. Eng. Muslim, ST., MT
NPK : 09 11 02 374

- Tembusan disampaikan :
1. Yth. Bapak Rektor UIR di Pekanbaru.
 2. Yth. Sdr. Ketua Program Studi Teknik Perminyakan FT-UIR
 3. Arsip

**Surat ini ditandatangani secara elektronik*

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 688/KPTS/FT-UIR/2021
TENTANG PENGANGKATAN TIM PEMBIMBING PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Membaca : Surat Ketua Program Studi Teknik Perminyakan Nomor : 19/TA/TP/FT/2021 tentang persetujuan dan usulan pengangkatan Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi.
- Menimbang : 1. Bahwa untuk menyelesaikan perkuliahan bagi mahasiswa Fakultas Teknik perlu membuat Skripsi.
2. Untuk itu perlu ditunjuk Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi yang diangkat dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat : 1. Undang - Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2009 Tentang Dosen
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan
5. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 63 Tahun 2009 Tentang Sistem Penjaminan Mutu Pendidikan
6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2014 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
7. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2018
8. Peraturan Universitas Islam Riau Nomor 001 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Akademik Bidang Pendidikan Universitas Islam Riau

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : 1. Mengangkat saudara-saudara yang namanya tersebut dibawah ini sebagai Tim Pembimbing Penelitian & penyusunan Skripsi Mahasiswa Fak. Teknik Program Studi Teknik Perminyakan.

No	Nama	Pangkat	Jabatan
1.	Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., M.BA	Asisten Ahli	Pembimbing

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :

Nama : Bella Kartika Putri

NPM : 153210175

Program Studi : Teknik Perminyakan

Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)

Judul Skripsi : Monitoring Surfactant Terhadap Alkaline, Surfactant, Polymer(ASP) Flooding Menggunakan Metode Streaming Potential

3. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.

Ditetapkan di : Pekanbaru
Pada Tanggal 1 Dzulkaidah 1442 H
11 Juni 2021 M

Dekan,



Dr. Eng. Muslim, ST., MT
NPK : 09 11 02 374

- Tembusan disampaikan :
1. Yth. Bapak Rektor UIR di Pekanbaru.
 2. Yth. Sdr. Ketua Program Studi Teknik Perminyakan FT-UIR
 3. Arsip

**Surat ini ditandatangani secara elektronik*



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الرَّيَوِيَّةُ

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No.113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia - 28284
Telp. +62 761 674674 Email: fakultas_teknik@uir.ac.id Website: www.eng.uir.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor: 299/A-UIR/5-T/2021

Operator Turnitin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau menerangkan bahwa Mahasiswa/i dengan identitas berikut:

Nama : **BELLA KARTIKA PUTRI**
NPM : 153210175
Program Studi : Teknik Perminyakan
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi TA : MONITORING SURFACTANT TERHADAP ALKALINE, SURFACTANT, POLYMER (ASP) FLOODING MENGGUNAKAN METODE STREAMING POTENTIAL

Dinyatakan **Bebas Plagiat**, berdasarkan hasil pengecekan pada Turnitin menunjukkan angka **Similarity Index < 30%** sesuai dengan peraturan Universitas Islam Riau yang berlaku.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,

Kaprodi. Teknik Perminyakan


Novia Rita, S.T., M.T.

Pekanbaru, 22 Agustus 2021 M

14 Al-Muharrom 1443 H

Operator Turnitin F. Teknik


Ahmad Pandi, S.Kom.



UNIVERSITAS ISLAM RIAU
LEMBAGA DAKWAH ISLAM KAMPUS (LDIK)

SERTIFIKAT

Nomor Registrasi : 10425/LDIK-UIR/2020

Berdasarkan

Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Riau Nomor : 525/UIR/KPTS/2018
tentang Kewajiban Mahasiswa Muslim Universitas Islam Riau Bisa Membaca Al-Qur'an,
Lembaga Dakwah Islam Kampus (LDIK) Universitas Islam Riau menyatakan bahwa:

BELLA KARTIKA PUTRI

Nomor Pokok Mahasiswa : 153210175

Lahir di Batam Tanggal Sembilan Belas April Tahun Seribu Sembilan Ratus Sembilan Puluh Tujuh

Mahasiswa Prodi Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

LULUS Tes Baca Al-Qur'an Dengan Predikat **Baik**



Diuji Pada : 24.07.20

Pekanbaru, 24 Juli 2020

Ketua



H. Suyadi, S.E., M. Si

NPK : 950102221



LANGUAGE CENTRE ISLAMIC UNIVERSITY OF RIAU

TOEFL PREDICTION SCORE REPORT

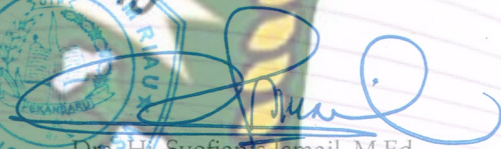
No. 3560/PB/TOEFL-P/7/2021

Name : Bella Kartika Putri
Sex : F
DOB : 4/19/1997
Test Date : July 16, 2021

Scaled Score

Listening Comprehension	46
Structure and Written Expression	46
Reading Comprehension	43
Total Score	450




Dra. Hj. Syofians Ismail, M.Ed.
Director

TOEFL is a registered trade mark of Educational Testing Service (ETS) New Jersey, USA. This program is not approved or endorsed by ETS. This score card is valid for 2 years

Dokumen ini ada
Perpustakaan Univ

