

BAB III GEOLOGI REGIONAL

3.1. Geologi Regional

Daerah Artik Alaska Petroleum membentang sekitar 1.100 km dari perbatasan Kanada di barat hingga perbatasan maritim Russia dan dari 100-600 km ke utara dari Pegunungan Brooks hingga *Beaufort Continental Shelf*. Pada bagian lepas pantai dari lapangan ini menggambarkan bagian timur berupa *Continental Shelf Beaufort* yang relatif terbatas sebesar 100 km sedangkan bagian barat terdapat *Chukchi Shelf* sebesar 600 km. pada bagian selatan lapangan dibatasi oleh Pegunungan Brooks – Lajur Busur Orogenik Herald dan lepas pantai di utara dibatasi *Passive Continental Margin*. Luas lapangan NPRA membentang dari Pegunungan Brooks di selatan berupa perbukitan dan dataran pantai ke Samudera Artik di utara. Pada Daerah NPRA terdapat 11 *play* yang dikonfirmasi sebagai akumulasi adalah *Brookian Topset*, *Brookian Clinoform* (*North*, *Central*, *South-Shallow*, *Beaufortian Cretaceous Topset North*, *Beaufortian Upper Topset* (*NE and NW*), *Beaufortian Lower Jurassic Topset* *Ellesmerian Ivishak*, *Ellesmerian Lisburne North*, *Ellesmerian Endicott South*[10].

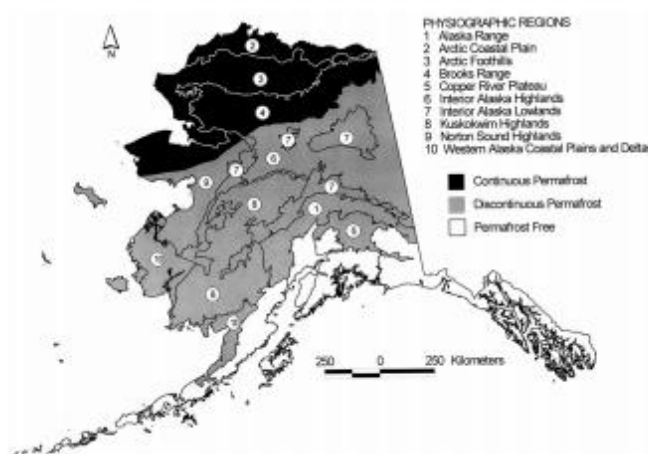


Gambar 3. 1 Peta Lokasi Lapangan Penelitian [13]

3.2. Fisiografi Daerah Penelitian

National Petroleum Reserve Alaska atau NPRA merupakan bagian yang penting dari lapangan minyak bumi di Alaska Utara, daerah yang telah dieksplorasi tersebut diperkirakan memiliki lebih dari sepertiga dari total sumber daya minyak dan gas alam Amerika Serikat yang belum ditemukan berdasarkan perkiraan dari *U.S. Department of the Interior* (USGS dan MMS) [16]. Selain itu, lapangan ini terletak di antara Kutub Utara bagian barat (diidentifikasi oleh tempat seperti Semenanjung Lisburne, Point Lay dan Tanjung Icy), Artik Tengah (diidentifikasi oleh tempat seperti Sungai Colville dan Teluk Prudhoe), batas timur (Sungai Coville, Nuiqsut), utara (Laut Beaufort), dan selatan (Sungai Coville, Umiat). Pada lapangan ini terdapat tiga wilayah fisiografi utama NPRA, yaitu Dataran Pesisir Artik, Brooks Range, dan Artic Foothills [17], yaitu:

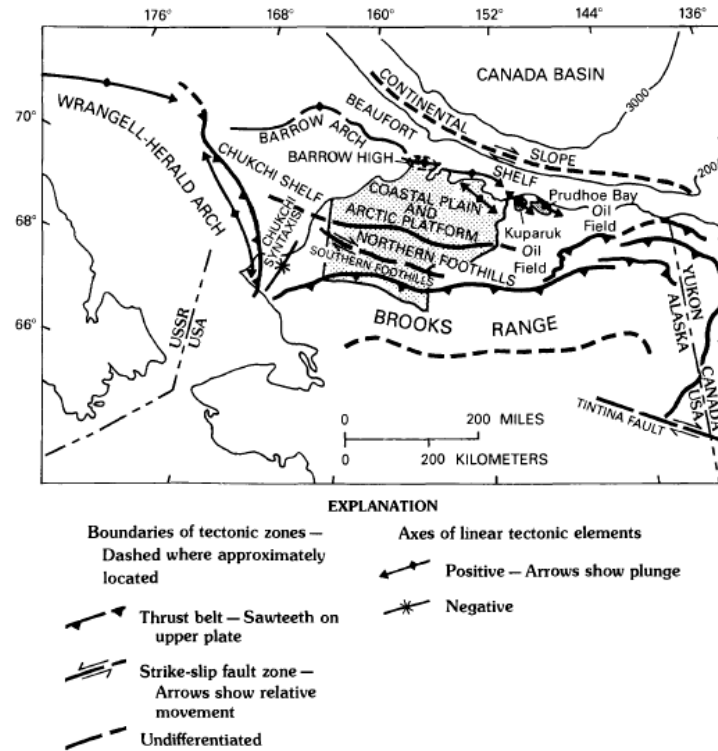
1. Dataran Pesisir Artik (*Artic Coastal Plain*) dibagi menjadi bagian Teshekpuk dan White hills. Bagian Teshekpuk terdiri dari sedimen laut Kuartir yang tidak terkonsolidasi dan bertumpu pada batuan sedimen *Cretaceous* yang hampir datar mengandung batubara. Sedangkan bagian White hills terdiri dari sedimen endapan Tersier yang lebih rendah.
2. Brooks Range, bagian tengah dan timur adalah hutan belantara yang dari pegunungan yang memiliki ketinggian rata-rata 4.000-8.000ft terdiri dari batugamping Paleozoikum, serpih, kuarsit, dan skis. Pada timur laut Sungai Sagavanirktok, batuan Paleozoikum yang mengalami lipatan dan berbelok ke utara.
3. Artic Foothills, bagian utara terdiri dari sedimen *Cretaceous* yang berubah bentuk menjadi long linear fold. Bagian selatan terdiri dari batuan sedimen dari zaman Devonian hingga *Cretaceous* bersama dengan intrusi mafik terlipat bersama dan *overthrust* ke utara.



Gambar 3. 2. Fisiografi Daerah Penelitian [14]

3.3. Kondisi Tektonik Regional

Lapangan NPRA memiliki banyak fitur tektonik utama dari Alaska Utara. Pada Platform Chukchi dan Artik merupakan sisa-sisa dari batas benua Paleozoic akhir hingga Mesozoic awal yang menghadap ke selatan. Fitur-fitur tersebut dipisahkan oleh struktur Sag berarah utara yaitu Palung Hanna, yang ditandai dengan patahan normal ekstension dan akumulasi sedimen tebal yang berkembang pada waktu *Devonian* dan *Mississipan* dan berlanjut hingga waktu *Mesozoic* awal. Letak Arch Barrow dan Zona Patahan *Hinge-Line* yang berdekatan merupakan fitur yang berkembang selama peristiwa rifting yang terjadi pada waktu *Jurassic* dan *Cretaceous* awal. Cekungan Kanada dan *Passive Margin* yang disampingnya terkena dampak dari peristiwa *rifting* tersebut. Pada selatan *Margin Platform* Arktik dan Chukchi terjadi *overlapping* ketika *rifting* ke utara, tabrakan dari busur-benua menghasilkan pegunungan Brooks, Cekungan *Conville Foreland* yang berdekatan, dan kemungkinan juga Lajur Arch Orogenik Herald. Deformasi kompresi pada waktu Tersier menghasilkan *fold* dan *trust-belt* yang memanjang ke utara Range Brooks dan melintasi seluruh bagian selatan Cekungan Foreland.



Gambar 3. 3. Peta Tektonik Sederhana Alaska Utara yang menunjukkan Lokasi National Petroleum Reserve di Alaska. Kontur Batimetri dalam Meter.

3.4. Tatanan Stratigrafi

Stratigrafi dari NPRA terekam hingga sejauh Ordovician dan mungkin hingga Precambrian, akan tetapi batuan yang berpotensi adanya minyak bumi adalah *Misisipan* hingga yang lebih muda [16]. *Sequence Misisipan* hingga *Ellesmerian* dan *Triassic* terdiri dari endapan *marine carbonate* dan *non-marine carbonate* yang kaya kuarsa dan rijang.

1. Batuan Dasar (Basement)

Batuan Dasar atau Basement merupakan batuan dapat dijangkau oleh banyak sumur pada Barrow Arch, yang terdiri dari batuan sedimen seperti batuan beku granit, grillite, siltstone dan *fine grained sandstone*.

2. Endicot dan Lisburne Group (Mississipian ke Lower Pennsylvanian)

Pada grup ini tersusun dari *interbedded limestone*, *siltstone*, dan *shale*. *limestone* berwarna abu-abu gelap hingga abu-abu hitam, *siliceous*, *very*

hard, dandolomitic. siltstone berwarna *medium* abu-abu gelap hingga abu-abu hitam, *pyrite, calcareous*. *Shale* berwarna abu-abu gelap hingga hitam, *slightly carbonaceous, calcareous* dan *siliceous*.

3. Formasi Echooka (Permian)

Formasi Echooka merupakan formasi campuran dari *sandstone* dengan ketebalan 200m, *siltstone*, dan *shale*. Pada *shale* memiliki warna abu-abu *medium*, terdapat glaukonit, *pyritic, shaly*. *Shale* memiliki warna abu-abu gelap hingga hitam, kandungan *carbonaceous, calcareous*, dan *siliceous*. *Sandstone* berwarna abu-abu terang, dengan ukuran butir *fine, siliceous*. Pada bagian bawah formasi ini terdapat *shale* dan *siltstone* yang berkapur.

4. Formasi Ivishak (*Triassic*)

Formasi Ivishak merupakan formasi terdiri dari *sandstone* yang dominan dengan ukuran *very fine* (butiran *siltstone*) hingga konglomerat dan konglomerat dengan campuran rijang yang berfraksi besar. Formasi ini juga ditemukan fosil poraminifera tepat dibawah formasi Echooka.

5. Formasi Shublik (*Triassic*)

Formasi Shublik merupakan campuran dari *sandstone, siltstone*, dan *shale*. Pada formasi ini terdapat batupasir yang sangat berkapur, tipis, dan keras. *Interbedded sandstone* dengan *siltstone* yang berkapur dan lapisan tipis *shale* yang berkapur.

6. *Sag River Sandstone* (*Triassic*)

Sag River Sandstone diambil sampel data dan resin log elektrik menunjukkan lapisan tipis *limestone* yang memiliki porositas yang sangat rendah. *Sandstone* pada *Sag River* berwarna putih sampai kecoklatan, berbutir sangat halus, keras, dan sedikit glaukonit. *Sandstone* memiliki gradasi ke bawah hingga berbutir halus, rapuh dengan noda coklat tua (*dead oil*), *dull orange fluorescence*, dan *immediate bright yellow cut*.

7. *Undifferentiated* (*Jurassic* ke *Triassic*)

Undifferentiated merupakan lapisan yang terdapat diatas *Sag River Sandstone*. *Undifferentiated* memiliki warna coklat muda hingga abu-abu muda, ukuran butir yang halus hingga kasar pada batupasir, serta pada

siltstone berwarna abu-abu sedang dan *claystone* berwarna abu-abu muda hingga gelap. Selain itu terdapat sedikit kandungan karbon dan persebaran dari konsentrasi butiran glaukonit hijau sedang hingga gelap.

8. Formation Kingak (*Jurassic* ke *Lower Cretaceous*)

Litologi dari Formasi Kingak terdiri dari perselingan *shale* dan *claystone*, *siltstone*, dan *sandstone*. Pada perselingan *shale* dan *claystone* berwarna abu-abu muda hingga abu-abu kecoklatan muda, berukuran halus dan *silty*, dengan persebaran butiran pasir dan lapisan *shale* yang mengandung karbon berwarna abu-abu coklat. *Siltstone* berwarna abu-abu muda, abu-abu kecoklatan muda hingga coklat, terdapat sedikit mika, berisi butiran dan mineral glaukonit yang jarang ada. Sedangkan *sandstone* merupakan salah satu litologi yang dominan dari bagian Formasi Lower, memiliki ketebalan kurang dari 4 inci dengan sortasi yang sangat baik, memiliki warna abu-abu muda hingga putih, serta terdapat sedikit glaukonit dengan *clay matrix*.

9. *Upper Barrow Sandstone* (*Lower Cretaceous*)

Sandstone pada *Upper Barrow* berwarna coklat muda sampai coklat abu-abu, ukuran butir yang baik, sortasi yang *medium*, dengan persebaran dari butiran kuarsa, mineral glaukonit, butiran yang mengandung karbon, dan lapisan tipis yang berselingan antara *claystone* dan *siltstone* yang berwarna coklat abu-abu muda dan abu-abu coklat gelap.

10. *Lower Barrow Sandstone* (*Lower Cretaceous*)

Lower Barrow Sandstone merupakan reservoir produksi gas utama dari Lapangan Gas East Barrow karena memiliki pori-pori yang baik. Litologi pada *Lower Barrow Sandstone* berupa perselingan *sandstone*, *siltstone*, dan *shale*. Pada batupasir memiliki warna abu-abu muda hingga coklat muda, ukuran yang sangat halus hingga *medium*, memiliki bentuk subangular hingga *subrounded*, sortasi yang sangat baik, dan terdapat persebaran kuarsa, *glaukonit fragmen* fosil, *gips* serta fragmen dari kayu besar.

11. Formasi Kupaaruk (*Lower Cretaceous*)

Formasi Kupaaruk merupakan campuran dari *sandstone*, *underlying shale* dan *siltstone*. *Sandstone* berasal dari pengendapan *transgressive marine* berwarna putih hingga kecoklatan, *very fine* butirannya dan terdapat galukonit.

12. Kemik *Sandstone*

Kemik *sandstone* campuran dari *sandstone*, kerikil konglomerat, dan sedimen hasil erosi *unconformity* diatas *Triassic*, *Jurassic*, dan *Lower Cretaceous*.

13. Unit *Pebble Shale* (*Jurassic*)

Litologi *Pebble Shale* berwarna abu-abu coklat gelap dan abu-abu kecoklatan yang gelap, memiliki kandungan fosil dan sedikit mika serta *carbonaceous shales* dengan kebundaran “floating” dan sedikit butiran kuarsa serta *chert pebbles* abu-abu kehitaman yang gelap dengan butiran dan penyebaran seperti *pyrite*. Kerikil dan butiran rijang gelap umumnya melimpah di seluruh zona transisi dengan peningkatan ukuran ke bawah secara umum, mencapai ukuran diameter dua inci.

14. Formasi *Fortress Mountain* (*Cretaceous*)

Formasi *Fortress Mountain* merupakan campuran dari *interbedded sandstone* dengan *siltstone* dan terkadang *interbedded siltstone* dengan *shale*. *Sandstone* berukuran *very fine* dan *fine* serta didominasi oleh feldspar. *Mica* muncul pada *shale*, *sandstone*, dan *siltstone*.

15. Formasi Torok (*Cretaceous*)

Formasi Torok merupakan campuran dari *interbedded claystones*, *siltstones*, dan berseling *sandstones*. *Claystones* berwarna abu-abu muda hingga abu-abu kecoklatan muda, berukuran halus, silty, dan mengandung sedikit karbon. Sedangkan *siltstones* berwarna abu-abu muda sampai sedang, berukuran halus, dan *clayey*, dengan serpihan karbon, terdapat jejak pirit dan fragmen fosil, serta *silty limestone stringers* yang langka. Batupasir ini memiliki ketebalan lapisan yang tidak lebih dari 5 inci, berwarna abu-abu muda sampai sedang, berbutir sangat halus, sebagian *silty* dan *clayey* dan mengandung sedikit karbon.

16. Formasi Nanunshuk (*Cretaceous*)

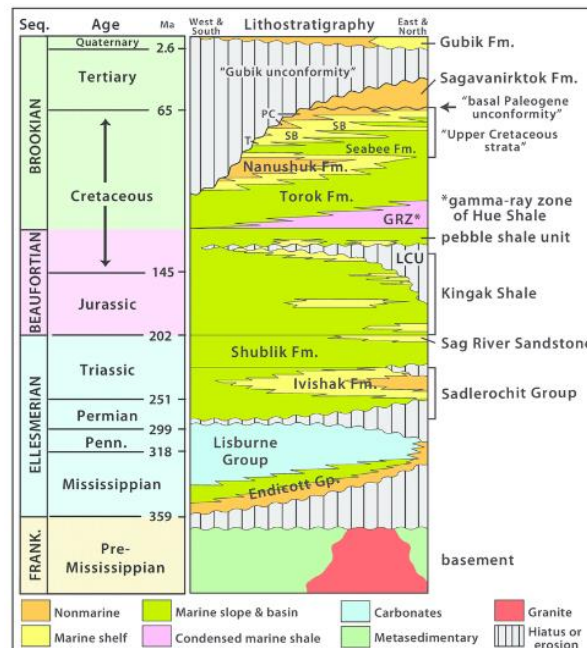
Formasi Nanunshuk merupakan campuran dari *claystone* dengan perselingan *sandstone* dan perselingan *siltstone*. *Claystone* berwarna abu abu gelap terkadang dengan butiran kerikil dengan abu-abu terang, ukuran batupasir klastik dengan ukuran butir *fine*.

17. Formasi Sagavanirktok (*Tertiary*)

Formasi ini memiliki ketebalan 2600 m dengan campuran *sandstone*, konglomerat, batubara, dan *shale* betonit.

18. Formasi Gubik (*Tertiary*)

Formasi gubik campuran dari kerikil laut, *sandstone*, *siltstone*, dan *claystone*.



Gambar 3. 4. Khronostratigrafi dari National Petroleum Reserve Alaska menunjukkan *megasequences* di kiri dan nama *lithostratigraphic* di kanan. Istilah informal yang digunakan dalam teks ditampilkan dalam tanda kutip. Beberapa nama formasi *Upper Cretaceous* disingkat sebagai berikut: PC, Prince Creek; SB, Schrader Bluff; T, Tuluva; LCU, ketidaksesuaian *Lower Cretaceous*; Seq., *Megasequences*; Frank., Frankinian. Kolom stratigrafi dimodifikasi dari Mull and others (2003) dan Houseknecht and Bird (2004); absolute ages dari Walker dan Geissman (2009).

3.5. Sistem Perminyakan Daerah Penelitian

Sistem perminyakan yang terdapat di daerah NPRA berasal dari beberapa sistem batuan sumber, yaitu sistem perminyakan pada sistem Ellesmerian, Hue-Thomson, Torok-Nanushuk, dan Canning-Sagavanirktok.

3.5.1. *Source Rock* (Batuan Sumber)

Source Rock (Batuan Sumber) merupakan batuan yang berpotensi untuk menghasilkan dan mengalirkan hidrokarbon dengan kuantitas yang baik. Pada daerah penelitian terdapat beberapa formasi yang berperan sebagai batuan sumber yaitu, Formasi Canning, Seabee, Torok, Formasi GRZ of Hue Shale, Kingak Shale, Formasi Shublik, Lisburne.

3.5.2. Batuan Reservoir

Batuan reservoir merupakan tempat terakumulasi hidrokarbon, sehingga memiliki porositas dan permeabilitas yang baik. Pada daerah penelitian terdapat beberapa formasi yang berperan sebagai batuan reservoir yaitu, formasi Ivishak, Kingak Shale, unit Pebble Shale dan Hue Shale.

3.5.3. Batuan Penutup (*Seal Rock*)

Batuan penutup adalah batuan berfungsi sebagai penutup pada suatu sistem petroleum yang biasanya batuan yang impermeable dan berbutir halus, sehingga hidrokarbon yang ada dibawah batuan ini tidak dapat bermigrasi ke tempat lain. Batuan penutup yang ada di daerah penelitian sebagian besar berupa lapisan serpih yang tebal berada di atas batuan reservoir.

3.5.4. Jebakan (*Trap*)

Jebakan adalah suatu fitur geologi dimana tempat hidrokarbon terakumulasi setelah bermigrasi. Jenis *trap* yang ada di daerah penelitian berupa *stratigraphy*, *structural*, dan *combination traps*. Pada *trap stratigraphy* terdapat di Beaufortian Shelf Sands (Alpine) dan di reservoir Brookian turbidite (Badami). Pada *trap structural* berupa jebakan antiklin terbentuk dari lipatan dengan *thrust belt* di Cekungan Colville (Umiat) dan jebakan yang terhubung dengan sesar (West Sak Field). Sedangkan *combination stratigraphy* dan *structural trap* berada di sekitar Barrow Arch, (Prudhoe Bay, Kuparuk River, Endicott field). *Structural trap* terbentuk selama peristiwa *rifting* sedangkan *stratigraphy trap* terbentuk akibat perpotongan erosi dari akhir ketidakselarasan (LCU), retakan dan penurunan permukaan tanah.

3.5.5. Migrasi

Migrasi hidrokarbon terbagi menjadi dua, yaitu migrasi primer dan sekunder. Migrasi primer merupakan perpindahan hidrokarbon dari batuan induk kemudian masuk ke dalam reservoir melalui suatu lapisan penyalur atau lapisan yang menghubungkan keduanya. Sedangkan migrasi sekunder merupakan pergerakan fluida dalam batuan penyalur menuju trap. *Deposisi transgressive* dari sekuen Brookian telah mengontrol pembentukan hidrokarbon dan arah migrasi dari selatan ke utara atau dari Cekungan Colvile menuju Arch Barrow.