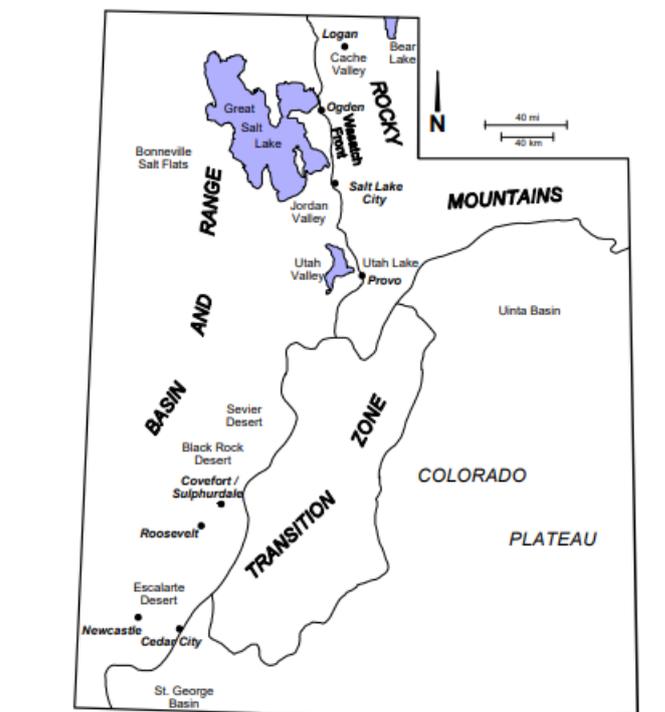


BAB III TINJAUAN GEOLOGI

1.1 Geologi Regional

Pegunungan dan dataran tinggi yang terdapat di daerah Utah secara langsung menggambarkan akumulasi bebatuan selama dua miliar tahun, dan banyak yang telah tertutupi oleh vegetasi. Hal ini dapat menjelaskan bagaimana proses dari erosi, pembentukan dan hilangnya danau, gletser dan terjadinya gempa bumi yang kuat secara berkala. Bentang alam di daerah Utah memperlihatkan berbagai batuan sedimen, beku, dan metamorf yang sampai saat ini telah ditemukan lebih dari 500 jenis mineral dan fosil dari berbagai makhluk hidup dari masa lampau seperti jejak kaki dan tulang dinosaurus. Batuan yang terdapat di daerah Utah memberikan petunjuk bagaimana lingkungan di daerah Utah selama setiap periode waktu geologi. Struktur geologi yang terdapat di daerah Utah berkisar dari yang sederhana hingga ke struktur yang kompleks. Daerah fisiografi Utah terdiri dari tiga bagian fisiografi utama, yaitu Provinsi Range, Provinsi Pegunungan Rocky dan Provinsi dataran tinggi Colorado.



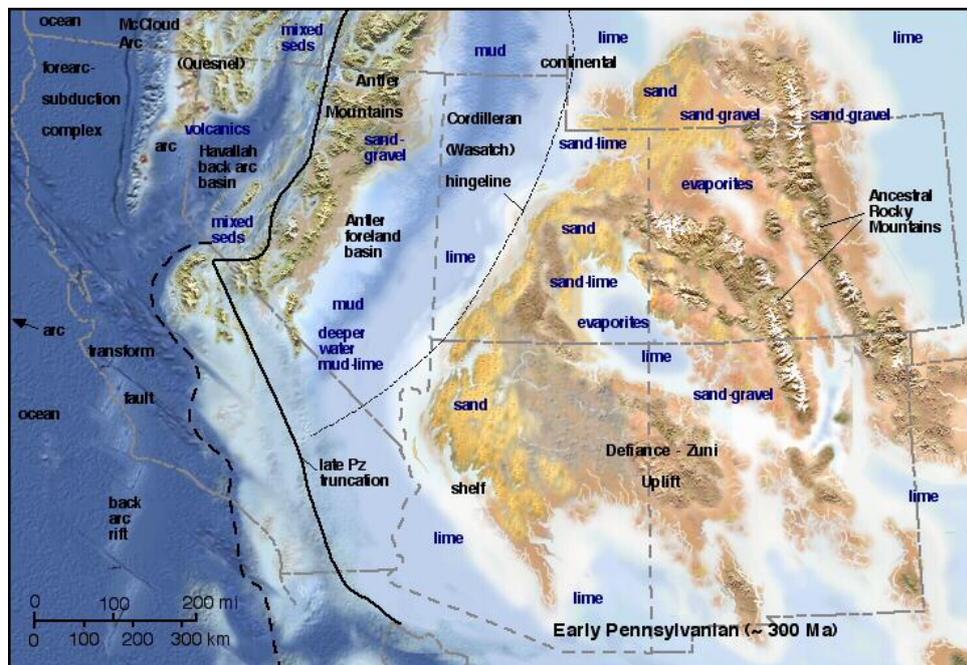
Gambar 3.1 Fisiografi Utah

(Utah Geological Survey, Open File Report 311, 1994).

Provinsi Pegunungan Rocky Tengah di Utah timur laut terdiri dari berbagai bentang alam, seperti pegunungan, sungai, lembah dan cekungan aluvial. Pegunungan Uinta yang berada di barat daya, sebagian besar terdiri dari batuan sedimen dan metamorf prakambrium. Dataran Tinggi Colorado adalah wilayah regional yang luas yang mengalami pengangkatan di bagian tenggara dan selatan-tengah Utah yang dicirikan oleh adanya batuan sedimen yang diperkirakan terbentuk pada zaman Mesozoikum dan Paleozoikum. Batuan vulkanik Tersier dan Kuartar tersebar dibagian barat Dataran Tinggi Colorado di selatan-tengah Utah, dan beberapa badan intrusif Tersier di tenggara Utah.

a) Paleogeografi Pennsylvania (323 – 298 juta lalu)

Pada zaman ini terjadinya perubahan besar dalam paleotektonik dari periode sebelumnya yang mempengaruhi Amerika Utara bagian barat. Pegunungan Ancestral Rockies menjulang tinggi di bagian selatan. Pegunungan Antler telah rusak dikarenakan adanya proses erosi dan di beberapa daerah mulai hilang. Pada zaman ini terbentuk cekungan laut yang menutupi sebagian besar Utah barat dan Nevada timur.



Gambar 3.2 Peta Geologi Utah pada Zaman Paleogeografi Pennsylvania

(Lehi Hintze, *Geologic History of Utah*)

b) Paleogeografi Permian (298 – 251 juta tahun lalu)

Pada zaman ini pegunungan Ancestral Rockies tetap tinggi yang mengakibatkan adanya jatuhnya sedimen dari pegunungan ke cekungan yang berada di sekitar pegunungan. Salah satu cekungan yang dekat dengan pegunungan Ancestral Rockies yaitu cekungan Havallah.

c) Paleogeografi Trias Awal (251 - 201 Juta tahun lalu)

Pada zaman ini terjadi pengendapan fluvial dan laut dangkal yang luas (Formasi Moenkopi) yang meliputi sebagian besar bagian selatan. Disebelah barat fragmen Stikine dan fragmen Quesnell dari cekungan McCloud bertabrakan yang menyebabkan runtuhnya cekungan Havallah.

d) Paleogeografi Jurassic (201 – 145 juta tahun lalu)

Pada zaman ini terbentuk lautan pasir Navajo yang luas, dimana lautan pasir ini telah menyebar luas. pada zaman ini juga terdapat cekungan baru yang berkembang di sepanjang barat daya dan fragmen Stikine dan Quesnell dipisahkan oleh cekungan Interarc Chace Creek.

e) Paleogeografi kapur (145 –72 juta tahun lalu)

Pada zaman ini bagian barat didominasi oleh dataran tinggi dan cekungan transtensional di Arizona selatan dan California sekarang menjadibusur benua klasik. Busur ini terdiri dari parit busur bagian depan, bagian belakang dan busur Andes. Parit busur depan adalah situs dari melange Fransiskan. Great Valley diendapkan di cekungan busur depan dan kompleks batholith Sierra Nevada terbentuk di perut batau tengah busur

f) Paleogeografi kapur terbaru (72 – 66 juta tahun lalu)

Perubahan besar menandai Amerika utara bagian barat dan terjadinya pengangkatan Laramide dari pegunungan Rocky. Terbentuknya pegunungan Rocky di akibatkan oleh subduksi lempeng samudera Farallon

di bawah barat Amerika Utara berubah menjadi sudut yang sangat dangkal, mungkin kurang dari 10 derajat. Ini mendorong subduksi ke arah timur ke wilayah Pegunungan Rocky dan menyebabkan pengangkatan.

g) Paleogeografi Eosen (33,9 – 66 juta tahun lalu)

Saat Pegunungan Rocky diangkat, cekungan terbentuk dan terbentuk dataran rendah di antara pengangkatan utama. Danau besar mengisi cekungan selama Eosen. Meskipun danau berada di cekungan, data paleobotanikal menunjukkan bahwa ketinggian absolutnya mendekati ketinggian endapan saat ini. Fakta ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Pegunungan Rocky dan Dataran Tinggi Colorado terangkat pada zaman Eosen. Pegunungan ada di Nevada, Utah barat, dan Arizona tengah dan selatan. Aliran sungai mengeringkan dataran tinggi ini ke Dataran Tinggi Colorado dan mungkin ke danau.

h) Paleogeografi Oligosen (23 – 33,9 juta tahun lalu)

Pada zaman ini sebagian besar drainase di wilayah pegunungan Rocky dan dataran tinggi Colorado tidak berfungsi dengan baik, namun ada beberapa aliran yang menemukan jalan keluar ke daerah yang lebih rendah di pinggiran dataran tinggi Colorado. Vulkanisme tersebar luas dan ekstrem di sebagian besar Pedalaman Barat. Tahap pertama dari Rio Grande Rift berkembang sebagai bagian dari Amerika Utara bagian barat yang berevolusi dari tektonik kompresi menjadi tektonik ekstensional.

i) Paleogeografi Miosen (5,3 – 23 juta tahun lalu)

Pada zaman ini sistem drainase di bagian barat masih belum terintegrasi dengan baik, dimana tidak adanya aliran sungai yang mengalir di dataran tinggi Colorado. Pada zaman ini vulkanisme ekstensif terus berlanjut. Di pantai barat, subduksi normal tetap berlangsung tetapi hanya di bagian utara dimana East Pacific Rise telah bertabrakan dengan Amerika Utara. Karena Lempeng Pasifik dan Lempeng Amerika Utara memiliki komponen gerak ke arah barat, rezim tegangan baru dibentuk.

Perluasan mendominasi wilayah timur tempat Amerika Utara bersinggungan dengan Lempeng Pasifik. Akibat dari subduksi ini, menyebabkan terbentuknya sesar San Andreas.

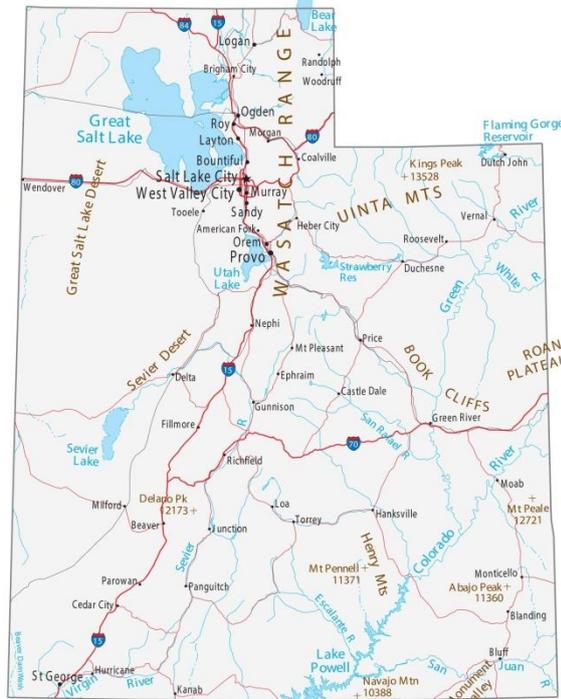
j) Paleogeografi Plietosen (0,01 – 2,5 juta tahun lalu)

Zaman Plietosen atau biasa disebut sebagai zaman es adalah zaman geologis yang berlangsung sekitar 2.580.000 hingga 11.700 tahun yang lalu, yang mencakup periode glasiasi berulang yang paling baru di dunia. Akhir zaman Pleistosen berhubungan dengan akhir periode glasial terakhir dan juga dengan akhir zaman Paleolitik yang digunakan dalam arkeologi. Pleistosen adalah zaman pertama dari Periode Kuartar atau zaman keenam dari Era Kenozoikum. Pada zaman ini, keadaan geologi Utah tidak jauh berbeda dengan masa sekarang, dimana wilayah Utah relatif ditutupi oleh endapan aluvium berlapis yang relatif di isi oleh batupasir dan kerikil.



Gambar 3.2 Peta Geologi Utah pada Zaman Paleogeografi Plietosen (Lehi Hintze, *Geologic History of Utah*)

Pada saat ini, di Utah terdapat satu danau utama yaitu Great Salt Lake. Dan danau-danau yang berukuran relatif lebih kecil, seperti Utah Lake dan Scipio Lake.



Gambar 3.3 Peta Geologi Utah saat ini(GIS Geography, 2020).

1.2 Geomorfologi

Geomorfologi Utah sangat berhubungan erat dengan sebaran sumber panas yang terdapat di permukaan. Sistem panas bumi di Utah oleh Gilbert (1890), menggambarkan Fumarol dan Sumber Air Panas Kawah (Abraham) di dekatnya. Stearns dan others (1937) dan Waring (1965) meringkas data tentang 60 lokasi fumarole maupun sumber panas yang diketahui.

Mabey (1987) dan Budding (1994) menyusun secara rinci informasi geologi, geokimia, dan geofisika, termasuk data yang sebelumnya tidak dipublikasikan pada tujuh individu sistem dalam "area termal Sevier," sebuah area pusat dan barat daya Utah yang berisi semua sistem panas bumi bertemperatur tinggi yang diketahui di Utah. Budding dan Sommer (1986) mengumpulkan data lapangan dan menerbitkan sebuah studi tentang sumber daya panas bumi bersuhu rendah di daerah St. George barat daya Utah. Wright dan lain-lain (1990) meringkas sumber daya panas bumi dan perkembangan di Utah hingga 1980-an,

dan membahas bagaimana faktor-faktor seperti rendahnya daerah biaya energi mengakibatkan pertumbuhan panas bumi yang relatif memiliki energi yang lebih rendah di negara bagian.

Blackett dan Ross (1992) menerbitkan hasil studi geokimia dan geofisika untuk sistem panas bumi di Gurun Escalante di barat daya Utah. Lima puluh atau lebih mata air di area Warm Springs terjadi di sepanjang sesar normal aktif. Patahan Warm Springs dan Hobo yang terdapat di zona sesar Wasatch, yang membentuk batas antara lembah Salt Lake dan Pegunungan Wasatch. Wasatch Warm Springs berada paling selatan dari empat mata air panas utama, terletak di sepanjang tiga mil (5 Km) dari zona sesar Warm Springs. Dari selatan ke utara, mata air utama adalah Wasatch, Clark, Hobo dan Beck. Ada juga dua sumur air hangat dangkal yang digunakan oleh operator tambang lokal. Secara kolektif daerah ini dikenal sebagai Area panas bumi patahan Warm Springs. Mata air panas terjadi di persimpangan sesar Wasatch dan lainnya memiliki struktur yang tegak lurus dengan zona sesar (Murphy dan Gwynn, 1979). Temperatur berkisar dari 81°F (27°C) di Clark Warm Springs, 131°F (55°C) di Mata Air Panas Beck's (Klauck dan Davis, 1984; Blackett dan Wakefield, 2002).

Suhu air di Wasatch Warm Springs berfluktuasi secara musiman antara 100 dan 108°F (38 dan 42°C). Dengan asumsi gradien termal 93°F per mil kedalaman (32°C per km) dan suhu luar tahunan rata-rata di Wasatch Range 40EF (4.5°C), air harus mencapai kedalaman sekitar 0,75 mil (1,2 km) untuk mendapatkan hasil maksimal suhu 108°F (42°C) (Milligan, 2003). Namun, perkiraan minimum dari kedalaman sirkulasi karena air panas bumi yang naik ke atas permukaan kemungkinan bercampur air tanah yang lebih dingin dalam perjalanan ke permukaan. Sehingga perbedaan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan menurunnya suhu dari air panasnya. Dengan tingginya temperatur dari panas bumi di wilayah Utah, sebagian dari sumber dayanya digunakan sebagai sumber pembangkit listrik. Salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan panas bumi ini yaitu Pembangkit Listrik Blundell yang terletak di Roosevelt Area Panas Bumi Sumber Air Panas (KGRA) di tepi timur Cekungan dan Pegunungan dekat Dataran Tinggi Colorado. Daerah itu, dengan intens dipelajari sejak awal 1970-an, telah digunakan sebagai bahan alami laboratorium

untuk pengembangan dan pengujian panas bumi metode eksplorasi dan evaluasi. Ratusan makalah geosains dan artikel muncul dalam literatur tentang Area Mata Air Panas Roosevelt. Situs Forge Utah didominasi oleh aluvium yang landai yang terbentuk sekitar pertengahan antara Pegunungan mineral di bagian timur dan tengah lembah Milford utara di barat.

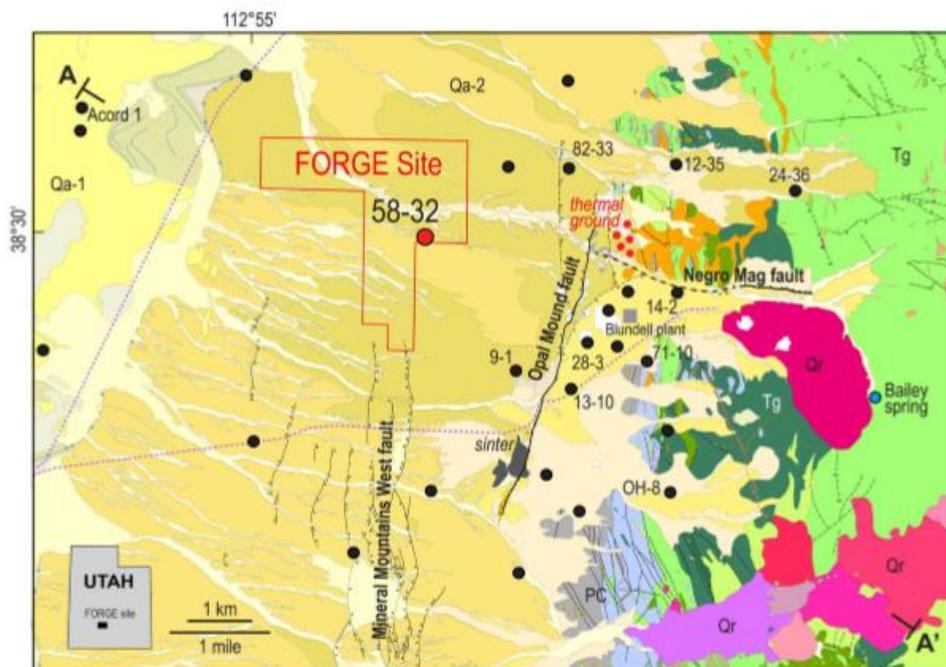
1.3 Struktur Geologi

Sesar Opal Mound memanjang hingga 5 km ke arah utara-timur laut, dan terdapat percabangan di bagian paling utara. Banyak penelitian menyatakan bahwa sesar memiliki kemiringan yang curam ke timur (misalnya Nielson et al., 1986). Di masa lalu, mata air dikeluarkan dari ujung selatan dan utara *Mound* sesar Opal, tetapi akibat aktivitas permukaan saat ini terbatas pada tanah yang mengepul dengan air panas uap asam di ujung utaranya. Sebelum tahun 1980, air yang muncul ke permukaan memiliki pH mendekati netral, menyerupai komposisi reservoir, yang muncul ke permukaan (Capuano dan Cole, 1982). Sekitar 1600-1900 tahun yang lalu, pelepasan air panas ber-pH hampir netral terlokalisasi di sekitar ujung selatan patahan, lalu mengendapkan lapisan tebal endapan silika yang menandai Mound Opal (Lynne et al., 2005).

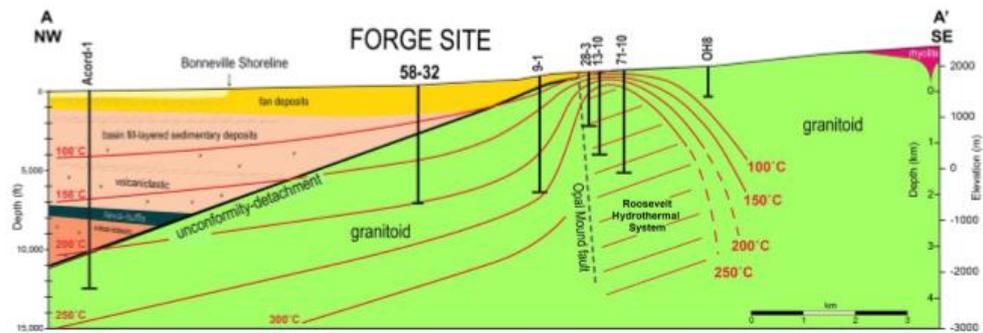
Sesar Negro Mag adalah struktur di bagian timur-barat yang memanjang beberapa kilometer ke arah timur dan tegak lurus dengan sesar Opal Mound. Sesar Negro Mag dapat ditelusuri di permukaan dalam jarak ~ 1 Km di mana sesar ini terendapkan oleh aluvial lama, menciptakan punggung timur-barat di tengah sesar Negro Mag. Dilihat dari orientasi sejumlah sambungan dan rekahan berarah timur-barat di Pegunungan Mineral, sesar tersebut kemungkinan vertikal, dengan offset <10 m ke utara.

Sistem sesar Mineral Mountains West merepresentasikan koridor scarps sesar berarah utara-selatan yang dapat dipetakan dalam endapan fan di selatan lokasi FORGE. Sistem ini memiliki lebar hingga 3 Km, dan panjangnya sekitar 30 Km, di sebelah barat dan sejajar dengan barisan di sepanjang bagian selatan Pegunungan Mineral. Untaian individu ditandai dengan scarps, memiliki ketinggian <5m, yang membentang terus menerus selama beberapa Km. (Smith dan Bruhn, 1984. Smith et al. 1989).

Struktur sesar yang paling signifikan juga membentuk kontak yang tidak selaras antara cekungan atasnya dan batuan dasar kristal di bawahnya. Struktur ini telah ditembus di sumur sebelah barat sesar Opal Mound, termasuk sumur 9-1, 58-32 dan Acord 1. Data sumur ini dan reflektor yang sangat kuat dalam profil pantulan seismik membentuk lereng miring, yang turun $\sim 20^\circ$ BB dan memotong permukaan dekat sesar Opal Mound. Kasus perpindahan kemiringan ke bawah skala besar > 10 Km dalam bentuk satu atau lebih struktur pelepasan subparalel disimpulkan dari profil refleksi seismik, pola singkapan regional, kemiringan seragam ke arah timur dari batuan bertingkat di Pegunungan Mineral, seragam ke arah barat penurunan tanggul Miosen akhir di Pegunungan Mineral, data paleomagnetik, dan pola pendinginan ditafsirkan dari termokronologi (Smith dan Bruhn, 1984; Nielson et al., 1986; Smith et al., 1989; Coleman dan Walker, 1992, 1994; Coleman et al., al., 1997, 2001). Dari penelitian ini, tampak bahwa sebagian besar perluasan skala besar terjadi selama perpindahan pada Miosen akhir, dan ini menyebabkan pengangkatan dan kemiringan Pegunungan Mineral (Coleman dan Walker, 1994; Coleman et al. 2001).



Gambar 3.4 Struktur geologi FORGE Utah (Smith dan Bruhn, 1984; Nielson et al., 1986; Smith et al., 1989 ; Sibbet dan Nielson, 2017)



Gambar 3.5 Penampang dari hasil sumur dengan menggunakan profil refleksi seismik, dan interpretasi data gravitasi (Smith dan Bruhn, 1984; Nielson et al., 1986; Smith et al., 1989 ; Sibbet dan Nielson, 2017)

Berdasarkan peta geologi pada gambar 5.2 terdapat lima satuan batuan. Yang pertama adalah QA-1 yaitu lembah Bonneville yang di dominasi oleh lumpur dan pasir. QA-2 yaitu lembah Aluvial, QR yaitu Lava riolit Kuartar dan endapan Piroklastik, Tg yaitu Granitoid tersier dan PC yaitu Gneiss Prakambium.

Singkatnya, ada empat sesar yang dapat dipetakan dan sistem sesar yang dapat ditelusuri ke permukaan atau dideteksi dari pengeboran dan refleksi seismik. Sesar Opal Mound dan Negro Mag adalah struktur dengan panjang yang relatif pendek yang berpotongan pada sudut ortogonal untuk membentuk batas reservoir Mata Air Panas Roosevelt. Sistem sesar Mineral Mountains West terdiri dari rangkaian paralel berarah utara-selatan, segmen sesar normal dengan offset kecil, dan ini mungkin berakar pada sesar lepas sudut rendah yang tidak disebutkan namanya, yang tampaknya telah mengakomodasi sebagian besar ekstensi (> 10 Km) di Miosen akhir untuk membentuk lembah Milford Utara. Baru-baru ini, bagaimanapun, tampaknya ada pergerakan sesar regional yang minimal, sebagaimana tercermin dalam profil cekungan, dan tidak adanya scarps sesar utama dan taji segi di sepanjang front pegunungan Mineral.

1.4 Stratigrafi

Situs FORGE Utah terletak di endapan aluvium yang landai, sekitar pertengahan antara puncak Pegunungan Mineral di timur dan tengah lembah

Milford utara di barat (Gbr. 1). Situs ini terletak di dalam batas tenggara Great Basin di zona luas yang ditandai dengan aliran panas yang meningkat, yang telah menjadi subjek dari beberapa proyek yang didanai DOE terkait dengan akuifer sedimen panas dan elemen penting dalam fluida yang diproduksi (Allis et al., 2012; Simmons et al., 2015, 2017, 2018; Wannamaker et al., 2015, 2016; 2017). Stratigrafi regional terbuat dari strata Paleozoikum-Mesozoikum yang terlipat dan berurusan yang telah dicetak berlebihan oleh perluasan gaya Cekungan dan Rentang yang tersebar luas dan letusan dari pusat magmatik mafik-felsik Tersier, termasuk di Pegunungan Mineral (misalnya Nielson et al., 1986) . Stratigrafi lokal dibagi menjadi dua unit yang didefinisikan secara luas, yang terdiri dari batuan dasar kristal dan cekungan di atasnya mengisi endapan sedimen (Gambar 5.2).

Batuan dasar didominasi oleh batuan granit berumur Miosen, yang menyusun inti Pegunungan Mineral (misalnya Capuano dan Cole, 1982; Nielson dkk., 1986; Coleman dan Walker, 1992; Coleman dkk., 1997; Simmons dkk., 1997; Simmons dkk., al., 2016). Satuan beku ini, bersama dengan letusan lokal riolit yang membentuk punggung Bailey dan gunung Little Bearskin (Gambar 5.2), mewakili catatan magmatisme semi-kontinu yang mencakup 25 hingga 0,5 Ma, (Lipman et al., 1978; Coleman dan Walker, 1992; Moore dan Nielson, 1994; Coleman et al., 1997). Kuarsa, plagioklas, K-feldspar, biotit, klinopiroksen, hornblende, dan magnetit-ilmenit membentuk mineral beku utama (Nielson et al., 1986; Coleman dan Walker, 1992; Gbr. 1). Pluton granit ini menembus batuan yang mengandung gneiss Precambrian yang terlipat rapat (~ 1720 Ma) yang terbuat dari biotit, hornblende, K-feldspar, plagioklas, kuarsa, dan sillimanite, yang tumbuh di kaki bukit barat Pegunungan Mineral (Nielson et al., 1986 ; Aleinikoff et al., 1987).

Tabel 3.1 Kolom stratigrafi daerah penelitian FORGE Utah

Period /Epoch	Groups, Formations & Members	Thick-ness	Rock Type	
QUAT	Alluvium, colluvium, & hot spring deposits	0-200		
	Basalt flows & cones	0-100		
	Rhyolite domes, flows, tuffs	0-200		
	Basin-fill in Milford Valley	1000-5000		
	Porphyritic quartz lante flow	0-50		
	Rhyolite dikes	NULL		
	Diabase & diorite dikes	NULL		
	Fine-grained granite dikes	NULL		
	Leucocratic granite	NULL		
TERT	Plutonic complex in the Mineral Mountains	Syenite stock	NULL	
		Coarse-grained biotite granite	NULL	
		Porphyritic quartz monzonite	NULL	
		Coarse-grained biotite quartz monzonite	NULL	
		Diorite breccia	NULL	
		Diorite	NULL	
	Claron ? Conglomerate	110		
JURASS	Carmel Formation	570		
	Navajo Sandstone	1540		

MISS	Deseret Limestone undivided	Tetro Ls Mbr	150	
		Gardison Limestone	350	
DEV		Pinyon Peak Limestone	150	
		Simonson Dolomite	400 +	
CAMB		Notch Peak and Orr Formations	1300	
		Howell Limestone ?	190 +	
		Pioche Formation	25-100	
		Prospect Mountain Qtzt	800 +	
TRIASSIC	Moenkopi Fm	Upper red beds	500-1000	
		Sinbad Ls Mbr	570	
		Black Dragon Mbr	140	
PERMIAN	Kaibab Fm	Harrisburg Mbr	250	
		Fossil Mtn Mbr	410	
	Toroweap Formation		280	
	Talisman Quartzite		1180	
	Pakoon Dolomite		700	
PENN	Callville Limestone		500	
	Humbug Formation and	Main Body	700	

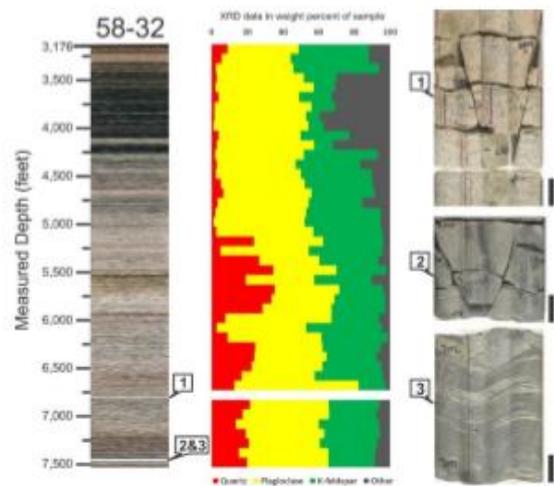
Berdasarkan kolom stratigrafi FORGE Utah diatas, dibagi kedalam beberapa formasi dan bagian yaitu:

- a. Kelompok aluvium dan *colluvium* yang di sendapkan pada periode Quat dengan ketebalan 0-200 meter .
- b. Kelompok aliran basalt dan *Cones* yang terendapkan pada masa Quat dengan ketebalan sekitar 0-100 meter.
- c. Kelompok riolit dan tuff yang terendapkan pada masa Quat dengan ketebalan 0-200 meter.
- d. Kelompok *Basin-fill* di Milford Valley yang terendapkan pada masa Tert dengan ketebalan 1000-5000 meter.
- e. Kelompok kuarsa porfiritik yang terendapkan pada masa Tert dengan ketebalan 0-50 meter.
- f. Kelompok riolit, diorit, granit, biotit, kuarsa porfiritik, kuarsa berbutir kasar, breksi diorit yang diendapkan pada masa Tert dengan ketebalan yang tidak diketahui namun termasuk ke dalam plutonik kompleks di pegunungan mineral.
- g. Kelompok konglomerat yang terendapkan pada masa Tert dengan ketebalan 110 meter.
- h. Formasi Carmel yang terendapkan pada masa *Jurassic* (mesozoikum) yang di susun oleh batu gamping dengan ketebalan 570 meter.
- i. Kelompok batupasir yang terendapkan pada masa *Jurassic* (mesozoikum) dengan ketebalan 1540 meter.
- j. Kelompok perselingan batulempung dan batugamping yang terendapkan pada masa Triassic (Mesozoikum) dengan ketebalan perselingan 500-1000 meter.
- k. Formasi Toroweap yang disusun oleh dolomit dengan ketebalan 280 meter dan terendapkan pada masa Permian (Paleozoikum)
- l. Kelompok kuarsit yang terendapkan pada masa Permian (Paleozoikum) dengan ketebalan 1180 meter.
- m. Kelompok dolomit yang terendapkan pada masa Permian (Paleozoikum) yang memiliki ketebalan 700 meter.

- n. Kelompok batugamping yang terendapkan pada masa Pennsylvanian (Paleozoikum) dengan ketebalan 500 meter.
- o. Formasi Humbug yang disusun oleh batugamping yang memiliki ketebalan 850 meter dan terendapkan pada masa Mississippian (Paleozoikum).
- p. Kelompok batugamping dengan ketebalan 350 meter dan terendapkan pada masa Mississippian (Paleozoikum).
- q. Kelompok batugamping yang terendapkan pada masa Devonian (Paleozoikum) dengan ketebalan 150 meter.
- r. Kelompok dolomit yang terendapkan pada masa Devonian (Paleozoikum) dengan ketebalan 400 meter.
- s. Formasi Notch Peak and Orr yang disusun oleh batugamping dengan ketebalan 1300 meter dan terendapkan pada masa Cambrian (Paleozoikum).
- t. Kelompok batugamping dengan ketebalan 190 meter dan terendapkan pada masa Cambrian (Paleozoikum).
- u. Formasi Pioche yang disusun oleh batulempung dengan ketebalan 25-100 meter yang terendapkan pada masa Cambrian (Paleozoikum).
- v. Kelompok batu beku Gneiss, Metaquartzite dan schist yang terendapkan pada masa Proterozoic.

Isi cekungan terdiri dari rangkaian endapan sedimen yang tebalnya lebih dari 3000 m. Dari barat ke timur, permukaan endapan ini membentuk profil katenari di seberang lembah Milford utara yang mengisi kembali lembah-lembah yang curam di Pegunungan Mineral barat. Permukaan di sekitar situs FORGE mewakili endapan aluvial sedangkan sedimen lakustrin berbutir sangat halus di sebelah barat, di bagian tengah lembah Milford utara, diendapkan di Danau Bonneville Pleistosen (Gambar 1). Endapan aluvial yang lebih tua (0,5-1 Ma) Membentuk permukaan di seberang lapangan Roosevelt Hot Springs-Blundell, memanjang ke timur di bawah punggung Bailey (di sebelah mata air Bailey pada Gambar 1), dan endapan tertua, yang berumur beberapa juta tahun, dibatasi untuk beberapa eksposur terisolasi. Di bawah permukaan, catatan paling lengkap

dari pengisian cekungan disimpan dalam unit yang ditembus oleh sumur Acord 1 (Gambar 3.3).



Gambar 3.20 Jenis batuan dan mineral pada sumur 58-32 pada kedalaman 968 m hingga 2298 m.

Pada gambar 3.4 sebelah kiri menunjukkan variasi warna batuan kristal plutonik dengan kedalaman. Gambar tengah menunjukkan mineral Kuarsit, Plagioklas dan K-feldspar yang ditentukan dari difraksi sinar-X kuantitatif dari sumur bor. Gambar sebelah kanan menjelaskan segmen inti dari interval kedalaman. Pada gambar satu terdapat patahan dan rekahan, pada gambar dua adanya rekahan, dan pada gambar tiga menunjukkan adanya karakteristik yang terjadi secara sporadis melalui batuan dasarnya.

Di bawah kedalaman sekitar 1200 m sampai kontak dengan basement, strata terdiri dari batupasir vulkaniklastik dan kerikil, sedimen lakustrin, endapan tufan, dan aliran lokal lava andesitik. Pada kedalaman yang lebih dangkal, endapan lakustrin berkapur yang terbuat dari batulanau dan batu pasir mendominasi. Secara mineralogi, sebagian besar kelas terbuat dari kuarsa, feldspar, dan tanah liat. Kalsit dan dolomit membentuk semen mikritik dangkal dari kedalaman 1200 m, dan anhidrit terjadi secara sporadis melalui stratigrafi.

1.5 Sistem Panasbumi

Sistem panas bumi terdiri dari tiga komponen utama, yaitu adanya batuan reservoir yang permeabel, adanya air yang membawa panas dan sumber dari

panas itu sendiri (Goff & Janik, 2000). Komponen ini saling berkaitan dan membentuk sistem yang mampu mengantarkan energi panas dari bawah permukaan bumi. Sistem ini bekerja dengan mekanisme konduksi dan konveksi (Hochstein & Brown, 2000). Pada area FORGE Utah terdapat penelitian sebelumnya yaitu pada sistem hidrotermal Roosevelt. Dimana pada penelitian ini, suhu dari fluida pada permukaan mencapai 446°F atau 230°C dimana jika ditinjau dari suhu reservoir menurut Goff & Janik (2000) dan Nicholson (1993) diklasifikasikan sebagai sistem bersuhu tinggi (>225°C).

Pada area FORGE Utah terdapat tiga sesar utama, yaitu sesar Mineral Mountains West dibagian selatan, Opal Mount dan Negro Mag Fault yang saling tegak lurus di timur daerah pengukuran. Keberadaan sesar ini dapat memberikan gambaran bahwa pada area FORGE Utah memiliki sistem panasbumi *Non-volcanogenetic*. Nicholson (1993) menjelaskan bahwa panas pada *Non-volcanogenetic System* dihasilkan dari peristiwa *uplift basement rock* yang masih panas, atau berasal dari sirkulasi air tanah yang mengalami pemanasan akibat adanya panas residual pada batuan beku pluton. Sehingga sistem ini dapat menghasilkan fluida dengan temperatur tinggi hingga rendah.

Off dan Janik (2000) menjelaskan adanya tektonik model yang merupakan konseptual model dari sistem geotermal yang terletak di lingkungan tektonik ekstensi. Pada zona ekstensi, seperti pada zona *rifting*, terjadi penipisan kerak akibat adanya *stretching* pada kerak yang saling menjauh. Penipisan ini mengakibatkan batuan mantel menjadi lebih dekat ke permukaan yang menghasilkan gradien temperatur yang lebih besar serta adanya anomali aliran panas pada zona-zona sesar turun. Adanya sirkulasi dalam yang menuju graben menjadi suplai fluida yang akan terpanaskan dan terakumulasi pada reservoir, kemudian bergerak kepermukaan melewati zona permeabel dari sesar-sesar tersebut.