

TESIS

**ANALISIS KARAKTERISTIK BATUAN PERANGKAP ASPAL
BATU BUTON (ASBUTON) PADA BLOK KABUNGKA
TAMBANG C KABUPATEN BUTON
SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

ISMAN SALEH

D062191002



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**ANALISIS KARAKTERISTIK BATUAN PERANGKAP ASPAL
BATU BUTON (ASBUTON) PADA BLOK KABUNGKA
TAMBANG C KABUPATEN BUTON
SULAWESI TENGGARA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Geologi

Disusun dan Diajukan oleh

ISMAN SALEH

kepada

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISIS KARAKTERISTIK BATUAN PERANGKAP ASPAL BATU BUTON (ASBUTON) PADA BLOK KABUNGKA TAMBANG C KABUPATEN BUTON SULAWESI TENGGARA

Disusun dan diajukan oleh

ISMAN SALEH

D062191002

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 21 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Ratna Husain L., M.T.
Nip. 19590202 198601 2 001



Dr. Ir. Rohaya Langkoke, M.T.
Nip. 19581210 198601 2 001

Ketua Program Studi
Magister Teknik Geologi



Dr. Ir. Ratna Husain L., M.T.
Nip. 19590202 198601 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Isman Saleh
NIM : D062191002
Program studi : Teknik Geologi
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Analisis Karakteristik Batuan Perangkap Aspal Batu Buton
(Asbuton) pada Blok Kabungka Tambang C Kabupaten Buton
Sulawesi tenggara**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 21 Juni 2021
Yang menyatakan



Isman Saleh

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, Allah subhanahu wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya Tesis dengan judul “Analisis Karakteristik Batuan Perangkap Aspal Batu Buton (Asbuton) pada Blok Kabungka Tambang C Kabupaten Buton Sulawesi Tenggara” dapat terselesaikan tepat waktu. Tesis ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Atas selesainya penulisan tesis ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L., M.T. sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T. sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan tesis ini. Terimakasih kepada Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T., Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., dan Dr. Phil.nat. Sri Widodo, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada karyawan PT Wijaya Karya Bitumen, terkhusus karyawan bidang survey dan laboratorium yang telah banyak

membantu dalam rangka pengumpulan data dan informasi yang menunjang penelitian ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan partisipasi aktif dari pembaca berupa kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tesis ini ke depannya.

Semoga tesis ini dapat memberi manfaat dan tambahan pengetahuan kepada para pembaca.

Makassar, Juni 2021

Isman Saleh

ABSTRAK

ISMAN SALEH. Analisis Karakteristik Batuan Perangkap Aspal Batu Buton (Asbuton) pada Blok Kabungka Tambang C Kabupaten Buton Sulawesi Tenggara (dibimbing oleh Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L., M.T. dan Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T.)

Indonesia memiliki kekayaan alam melimpah, salah satunya aspal alam yang berada di Pulau Buton dan dikenal dengan nama aspal batu Buton (asbuton). Asbuton terdiri dari aspal dan batuan perangkap, sehingga untuk dapat memanfaatkan batuan perangkap asbuton diperlukan penelitian mengenai karakteristik batuan perangkap asbuton.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Menentukan karakteristik batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C, (2) Menentukan lingkungan pengendapan batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C, (3) Menentukan kandungan bitumen dalam asbuton di Blok Kabungka Tambang C.

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT Wijaya Karya (WIKA) Bitumen, Blok Kabungka Tambang C, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara. Pengambilan sampel dilakukan secara acak, yang terdiri dari sampel batuan perangkap dan sampel asbuton. Metode analisis yang digunakan pada sampel batuan perangkap, yaitu *X-Ray Fluorescence (XRF)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, petrografi, mineragrafi, analisis mikrofosil. Metode analisis yang digunakan untuk sampel asbuton, yaitu analisis kadar air dan analisis Soxhlet.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan perangkap asbuton merupakan jenis batuan karbonat yang terdiri atas Napalgampingan dengan kandungan CaCO_3 sebesar 76,6% sampai 79,7% dan juga terdapat batuan dolomite. Berdasarkan klasifikasi Folk (1962) batuan perangkap termasuk jenis *poorly washed biosparite*. Kandungan mineral logam dalam batuan perangkap, yaitu Pyrite (FeS_2), Chalcopyrite (CuFeS_2), Covelit (CuS) dan Bornit (Cu_3FeS_4). Batuan perangkap tersusun oleh fragmen-fragmen berupa fosil foraminifera yang berumur N17-N18 (Miosen Atas bagian akhir) dan diendapkan pada kedalaman 90-300 meter pada suhu antara 9-13°C. Proses diagenesis yang terjadi, yaitu sementasi terjadi pada shallow marine dan dolomitisasi pada lingkungan meteorik dan burial. Kadar bitumen pada lokasi berkisar antara 27,00% sampai dengan 34,70% dan kadar air berkisar antara 3,00% sampai dengan 6,80%. Sebagian besar endapan asbuton di lokasi penelitian termasuk dalam klasifikasi asbuton B30 (bitumen 30) yang merupakan asbuton dengan kadar bitumen tinggi.

ABSTRACT

ISMAN SALEH. Analisis of characteristic of Buton Rock Asphalt (Asbuton) Trap Rocks in the Kabungka Block, Mine C, Buton Regency, Southeast Sulawesi (supervised by Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L., M.T. and Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T.)

Indonesia has abundant natural resources, one of which is natural asphalt on Buton Island and is known as Buton rock asphalt (asbuton). Asbuton consists of asphalt and trap rock, so to be able to utilize asbuton trap rock, research is needed on the characteristics of asbuton trap rock.

This study aims to (1) determine the characteristics of the asbuton trap rock in the Kabungka Block, Mine C, (2) Determine the environment for the asbuton trap rock deposition in the Kabungka Block, Mine C, (3) Determine the bitumen content in asbuton in the Kabungka Block, C Mine.

This research was conducted in the mining business permit (IUP) area of PT Wijaya Karya (WIKA) Bitumen, Kabungka Block, Mine C, Buton Regency, Southeast Sulawesi. Sampling was carried out randomly, consisting of trap rock samples and asbuton samples. The analytical methods used in the trap rock samples are X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), petrography, mineragraphy, and microfossil analysis. The analytical methods used for the asbuton sample, namely the analysis of moisture content and the Soxhlet analysis.

The results showed that asbuton trap rock is a type of carbonate rock consisting of Limey Marl with a CaCO_3 content of 76.6% to 79.7% and dolomite rock. Based on the Folk classification (1962), trap rocks are a poorly washed biosparite. Metal mineral content in trap rocks, namely Pyrite (FeS_2), Chalcopyrite (CuFeS_2), Covelite (CuS) and Bornite (Cu_3FeS_4). The trap rock is composed of fragments in the form of fossil foraminifera that are N17-N18 (upper Late Miocene) and deposited at a depth of 90-300 meters at temperatures between 9-13°C. The diagenetic process that occurs, namely cementation occurs in shallow marine and dolomitization in meteoric and burial environments. The bitumen content at the location ranged from 27.00% to 34.70% and the moisture content ranged from 3.00% to 6.80%. Most of the asbuton deposits at the study site were classified as asbuton B30 (bitumen 30), which is asbuton with high bitumen content.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Geologi Regional	4
1. Geomorfologi	4
2. Stratigrafi	5
3. Struktur Geologi	10
B. Landasan Teori	10
1. Pengertian Aspal Alam	10
2. Genesa Aspal Alam	12
3. Keterdapatan Aspal Alam	13

5. Deposit Asbuton	15
6. Klasifikasi Batuan Karbonat (Klasifikasi Folk, 1962)	17
7. Lingkungan Diagenetik	20
7. Ekstraksi Metode Soxhlet	26
8. Pengujian Kadar Air	27
9. X-Ray Fluorescence (XRF)	28
10. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
A. Rancangan Penelitian	32
B. Lokasi dan Kesampaian Daerah	32
C. Teknik Pengumpulan Data	34
D. Instrumen Pengambilan Data	34
1. Alat	34
2. Bahan	35
E. Tahap Pengolahan dan Analisis Data	35
1. Analisis <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	35
2. Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	36
3. Petrografi	36
4. Mineragrafi	37
5. Analisis Mikrofosil	37
6. Analisis Kadar Bitumen	38
F. Tahap Penyusunan Laporan	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Geologi Daerah Penelitian	44
1. Geomorfologi	44
2. Stratigrafi	45
3. Struktur Geologi	46
B. Geokimia Batuan Perangkap	48
C. Jenis dan Klasifikasi Batuan Perangkap Asbuton	52

1. Jenis Batuan Perangkap Asbuton	52
2. Klasifikasi Batuan Perangkap Asbuton	54
D. Kandungan Mineral Logam	61
E. Lingkungan Pengendapan dan Diagenesis	64
1. Umur Batuan dan Lingkungan Pengendapan	64
2. Diagenesis	69
F. Kandungan Bitumen	73
BAB V PENUTUP	83
A. Kesimpulan	83
B. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	88

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Jenis-jenis semen	24
2. Kolom Stratigrafi Blok Kabungka Tambang C	46
3. Komposisi <i>major element</i> batuan perangkap	49
4. Klasifikasi batuan perangkap berdasarkan rasio CaO/MgO	55
5. Komposisi mineral sulfida hasil analisa	63
6. Penentuan umur geologi berdasarkan fosil foraminifera planktonik	67
7. Penentuan lingkungan pengendapan batuan berdasarkan fosil foraminifera bentonik	68
8. Hasil analisis kadar bitumen sampel asbuton	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Peta Geologi Pulau Buton	7
2. Urutan stratigrafi Pulau Buton	8
3. Peta lokasi sebaran Asbuton	17
4. Klasifikasi Folk (1959) yang didasarkan pada partikel batuan karbonat (allochem)	19
5. Klasifikasi Folk (1962), penamaan batuan karbonat	20
6. Representasi skema lingkungan diagenetik karbonat utama, proses terkait dan produk yang dihasilkan dalam platform karbonat	21
7. a) Tampilan cahaya terpolarisasi bidang yang ditransmisikan dari mosaik / semen kalsit sparry yang saling terkait yang khas dari diagenesis burial; dan b) <i>Dolomite subhedral planar replacive</i> , kristal kasar yang diinterpretasikan berasal dari hidrotermal, dilihat di bawah mikroskop cathodoluminescence	23
8. Alat Soxhlet (SNI, 1994)	27
9. Instalasi pemeriksa kadar air (SNI, 1991)	28
10. Pemantulan cahaya pada bidang Kristal (bidang Bagg)	31
11. Diagram alir penelitian	33
12. Perubahan morfologi daerah penelitian akibat aktivitas penambangan asbuton	45
13. Aspal cair yang keluar dari celah struktur	47
14. Asbuton yang terbentuk pada celah struktur	48
15. Hasil analisis XRD sampel (a) TR1C-001: $\text{CaCO}_3 = 79,7$, $\text{SiO}_2 = 20,3\%$; (b) TR1C-003: $\text{CaCO}_3 = 76,6\%$, $\text{SiO}_2 = 19,3\%$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 = 4,1\%$	50
16. Korelasi antara CaO dan SiO_2	51
17. Korelasi antara CaO dan LOI	52
18. Singkapan batuan perangkap asbuton berwarna putih keabu-abuan	53
19. Singkapan batuan perangkap asbuton warna abu-abu gelap	54

20.	Klasifikasi limestone berdasarkan kandungan mineral karbonat	57
21.	Thin section sampel (a) TR1C-001 dan (b) TR1C-002 (Nikol-//, lensa obyektif 5x)	59
22.	Sampel TR1C-001 dan TR1C-002 berdasarkan klasifikasi Folk (1962) termasuk <i>dalam Biomicrite</i>	60
23.	Sampel TR1C-001 dan TR1C-002 berdasarkan klasifikasi Folk (1962) termasuk <i>dalam Poorly washed biosparite</i>	61
24.	(a) <i>polish section</i> sampel TR1C-001; (b) <i>polish section</i> sampel TR1C-001; (c) <i>polish section</i> sampel TR2C-001 (Nikol-//, lensa obyektif 20x)	62
25.	Fosil foraminifera planktonik pada batuan perangkap asbuton	65
26.	Fosil foraminifera bentonik pada batuan perangkap asbuton	68
27.	Kenampakan Bld (<i>blade cement</i>) dan Mic (<i>micrite</i>) pada sayatan tipis sampel TR1C-002 (Nikol-//, lensa obyektif 10x)	70
28.	Sayatan tipis sampel TR2C-002 menunjukkan proses dolomitisasi (Nikol-//, lensa obyektif 5x)	71
29.	Sayatan tipis sampel TR2C-002 memperlihatkan adanya <i>blocky cement</i> (blo) dan <i>intragranular porosity</i> (intra)	72
30.	Sayatan tipis sampel TR2C-001 memperlihatkan adanya tekstur sucrosic (suc)	72
31.	Sekuen paragenesis batuan perangkap asbuton	73
32.	Korelasi antara kadar bitumen dan kadar air	75
33.	(a) Singkapan ATC-01, (b) sampel ATC-01 ukuran < ¼ inch	76
34.	(a) Singkapan ATC-02, (b) sampel ATC-02 ukuran < ¼ inch	76
35.	(a) Singkapan ATC-03, (b) sampel ATC-03 ukuran < ¼ inch	77
36.	(a) Singkapan ATC-04, (b) sampel ATC-04 ukuran < ¼ inch	78
37.	(a) Singkapan ATC-05, (b) sampel ATC-05 ukuran < ¼ inch	78
38.	(a) Singkapan ATC-06, (b) sampel ATC-06 ukuran < ¼ inch	79
39.	(a) Singkapan ATC-07, (b) sampel ATC-07 ukuran < ¼ inch	80
40.	(a) Singkapan ATC-08, (b) sampel ATC-08 ukuran < ¼ inch	80
41.	(a) Singkapan ATC-09, (b) sampel ATC-09 ukuran < ¼ inch	81
42.	(a) Singkapan ATC-10, (b) sampel ATC-10 ukuran < ¼ inch	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Peta Geologi Daerah Penelitian	89
2. Analisis Petrografi Sampel TR1C-001	91
3. Analisis Petrografi Sampel TR1C-002	92
4. Analisis Mineragrafi Sampel TR1C-001	93
5. Analisis Mineragrafi Sampel TR1C-002	94
6. Analisis Mineragrafi Sampel TR2C-001	95
7. Deskripsi Fosil Foraminifera Planktonik	96
8. Deskripsi Fosil Foraminifera Bentonik	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia menyimpan kekayaan alam yang melimpah, khususnya dalam sektor pertambangan. Salah satu kekayaan alam yang masih belum dikenal luas yaitu aspal alam. deposit aspal alam terbesar di Indonesia terdapat di Pulau Buton yang lebih sering dikenal dengan istilah aspal batu Buton (asbuton). Terdapat beberapa perusahaan yang bergerak dalam bidang penambangan asbuton, baik perusahaan swasta maupun Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang penambangan asbuton adalah PT Wijaya Karya Bitumen yang memiliki dua wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP), yaitu Lawele dan Kabungka.

Pemanfaatan asbuton sebagai bahan baku utama pembuatan jalan memiliki keunggulan dalam segi harga dibandingkan dengan aspal yang berasal dari hasil distilasi minyak bumi. Akan tetapi, asbuton tidak dapat diaplikasikan secara langsung, namun harus melewati proses pengolahan terlebih dahulu untuk meningkatkan kualitas asbuton. Salah satu upaya yang saat ini sedang dilakukan oleh PT Wijaya Karya Bitumen adalah ekstraksi asbuton. Ekstraksi asbuton merupakan proses pemisahan antara aspal dan batuan perangkap, sehingga dapat diperoleh aspal dengan kadar yang tinggi. Proses ekstraksi asbuton akan menghasilkan dua produk, yaitu

aspal dan batuan yang menjadi perangkap aspal. Saat ini, batuan perangkap yang telah dipisahkan dari aspal belum memiliki kajian untuk pemanfaatannya, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut agar tidak hanya aspal sebagai hasil utama dari proses ekstraksi yang dapat dimanfaatkan tetapi batuan yang menjadi perangkap aspal yang merupakan hasil dari proses ekstraksi juga dapat dimanfaatkan.

Oleh karena itu, sangat penting kiranya untuk dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik batuan perangkap asbuton sehingga dapat menjadi landasan dalam pemanfaatan batuan perangkap asbuton ke depannya.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C?
2. Bagaimana lingkungan pengendapan dan diagenesis batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C?
3. Bagaimana kandungan bitumen dalam batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan karakteristik batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C.

2. Menentukan lingkungan pengendapan dan diagenesis batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C.
3. Menentukan kandungan bitumen dalam batuan perangkap asbuton di Blok Kabungka Tambang C.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Batuan perangkap asbuton yang dianalisis yaitu pada Blok Kabungka Tambang C.
2. Klasifikasi kualitas asbuton didasarkan pada klasifikasi yang telah ditetapkan oleh Dinas Pekerjaan Umum.
3. Analisis kualitas asbuton menggunakan metode Soxhlet

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Geologi Regional

1. Geomorfologi

Berdasarkan fisiografi dan geomorfologinya Buton dapat dibagi menjadi tiga zona (Sikumbang dan Sanyoto, 1981 dan Davidson, 1991) yang dipengaruhi oleh litologi dan struktur pada zona tersebut, yaitu:

- a. Zona Buton Utara, didominasi oleh dataran rendah serta punggung pantai yang berbentuk tapal kuda dengan dikelilingi gunung-gunung sepanjang utara, barat, timur. Trend umum pegunungan tersebut adalah barat laut- tenggara. Zona Selatan terdiri dari lembah serta punggung berarah timur laut yang ditandai dengan berkembangnya hamparan daerah koral dan memperlihatkan topografi karst.
- b. Zona Buton Tengah yang didominasi oleh sejumlah deretan pegunungan lebar yang dibentuk dari barisan pegunungan yang sedikit melengkung di sepanjang utara-selatan dengan trend ke arah utara, sedangkan di sepanjang pantai barat terdiri dari topografi yang menunjukkan relief rendah yang berarah timur-laut.
- c. Zona Buton Selatan yang terdiri dari topografi yang berupa lembah serta bukit dengan trend arah timurlaut, teras-teras terumbu

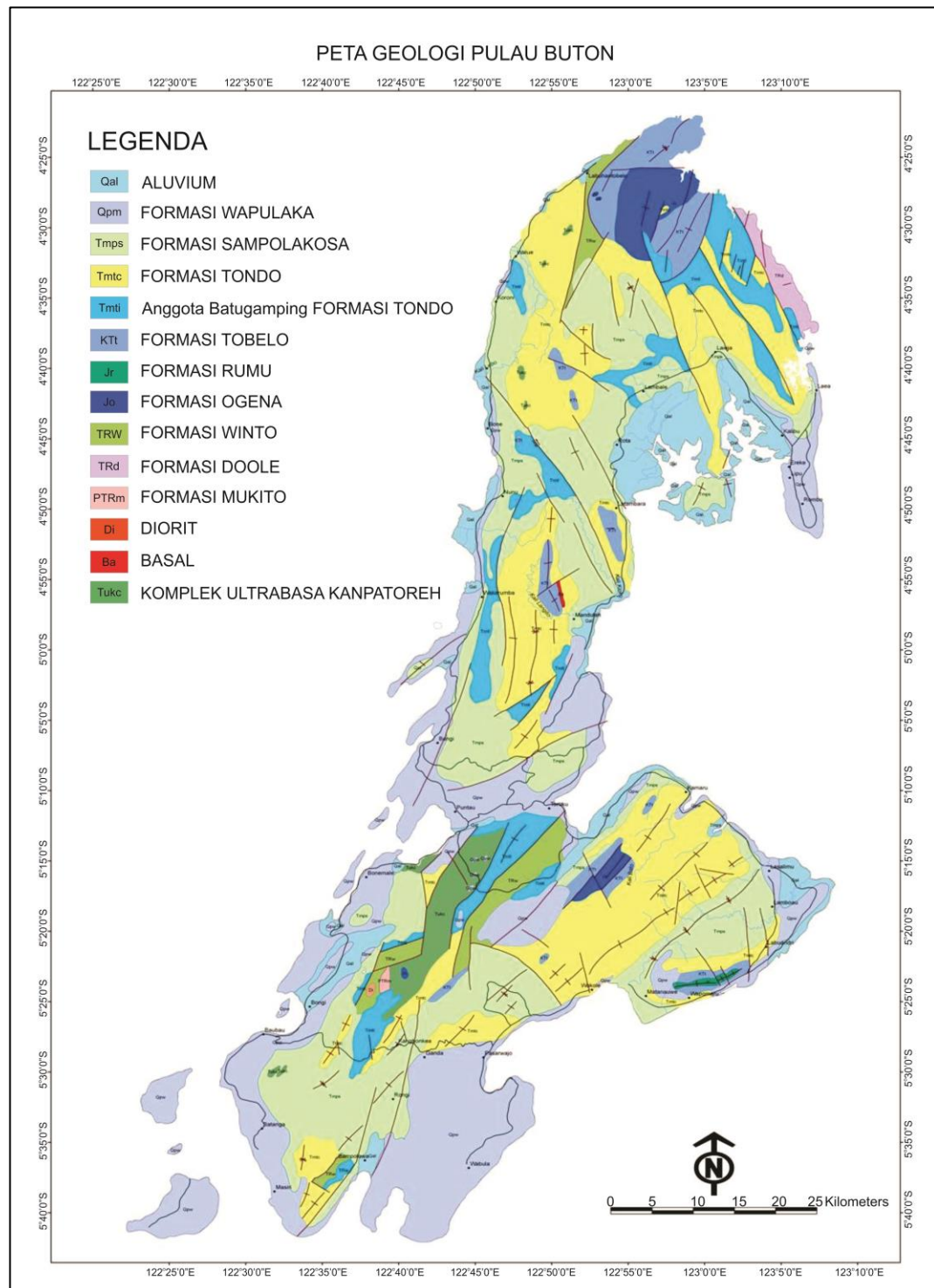
yang terangkat serta topografi karst yang berupa *haystack* (perbukitan gamping) dan ditulang punggung oleh Pegunungan Kapantoreh.

2. Stratigrafi

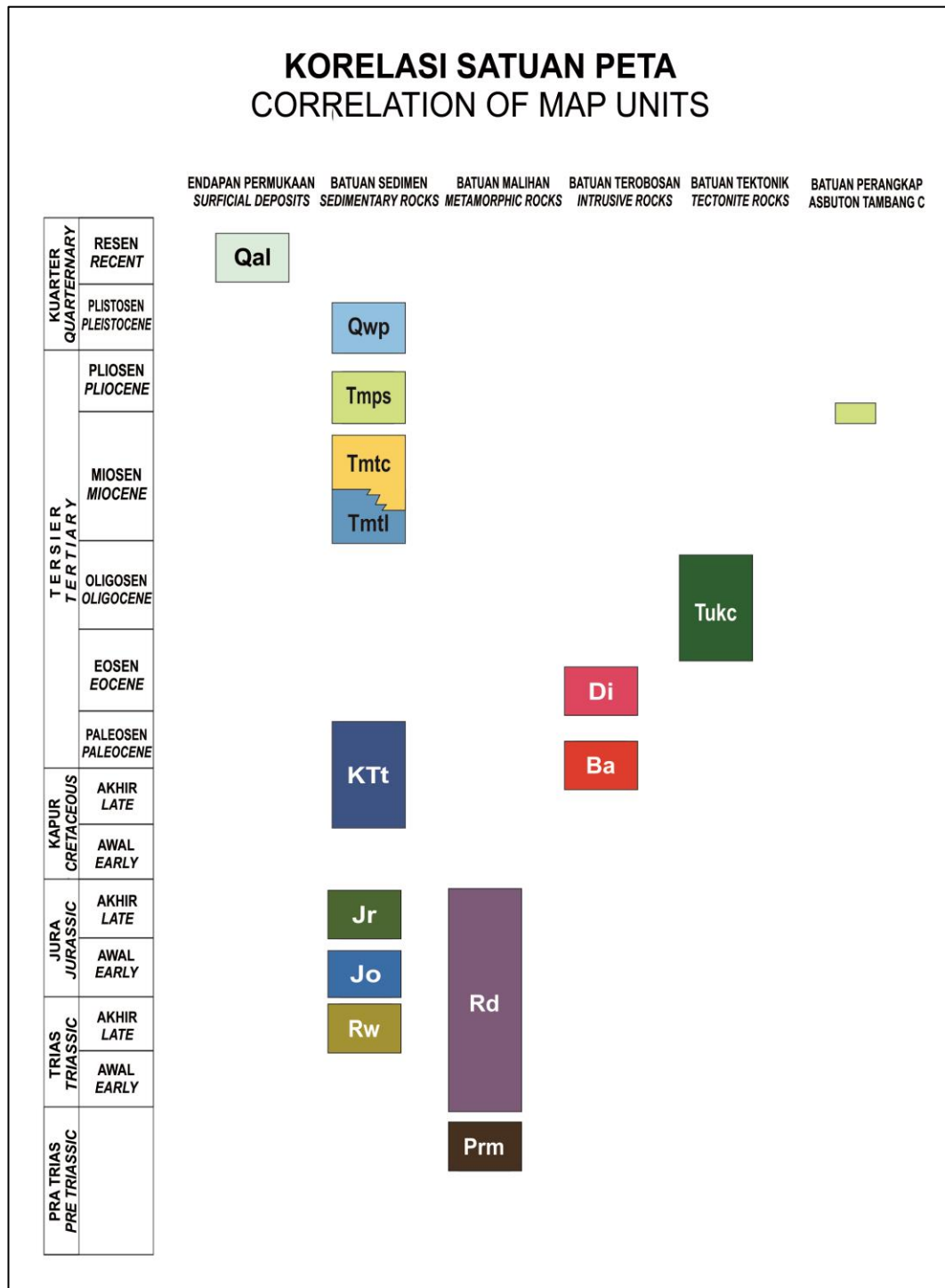
Stratigrafi jenis batuan yang ditemukan di Pulau Buton berfluktuasi secara signifikan sesuai dengan umur batuan yang berkisar dari Mesozoikum hingga Kuartar. Sebaran batuan Pra-Tersier terluas ditemukan di ujung utara Pulau Buton di wilayah Kalisusu dan selanjutnya di sekitar Aliran Air Mukito, Buton Selatan. Sementara itu, batuan Kuartar yang dipenuhi oleh satuan batugamping koral sebagian besar tersebar di bagian selatan dan bagian tengah Pulau Buton.

Menurut Sikumbang (1995), secara Regional Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara memiliki urutan stratigrafi dari tua ke muda Pra-Trias hingga Resen yaitu Formasi Mukito (PRm) yang tersusun oleh sekis plagioklas, sekis klorit-epidot, filit kersikan dan sekis silikat-gamping dan diperkirakan berumur pra-Trias; Formasi Doole (Rd) tersusun oleh runtunan batuan malihan berderajat rendah, terdiri atas kuarsit mikaan berselingan filit dan batusabak, tebal satuan beberapa ratus meter dan diduga berumur Trias sampai Yura; Formasi Winto (Rw) tersusun oleh perselingan serpih, batupasir, konglomerat dan batugamping, tebal satuan sekitar 750 m dan berumur Trias Atas; Formasi Ogena (Jo) tersusun oleh batugamping pelagon, bersisipan klastika halus dan batugamping pasiran, tebal satuan lebih dari 960 m; Formasi Rumu (Jr) tersusun oleh perselingan

batugamping merah kaya fosil, batulumpur, napal dan kalkarenit, tebal satuan lebih dari 150 m dan berumur Yura Akhir; Formasi Tobelo (KTt) tersusun oleh kalsilit, berlapis baik, bebas bahan daratan kaya radiolaria, tebal formasi antara 300-400 m, terendapkan pada lingkungan bathial dan berumur Kapur; Basalt (Ba); Diorit (Di) diperkirakan berumur Eosen; Kompleks Ultrabasa Kapantoreh (Tukc) tersusun oleh periodit, serpentinit, gabbro, setempat tergeruskan dan terbreksikan; Anggota Batugamping Formasi Tondo (Tmtl) tersusun oleh batugamping terumbu dan kalkarenit dan berumur Miosen Awal; Formasi Tondo (Tmtc) tersusun oleh konglomerat, batupasir kerikilan, batupasir dengan sisipan batulanau dan perselingan batupasir, batulanau, dan batulempung, tebal formasi lebih dari 1300 m dan berumur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir; Formasi Sampolakosa (Tmps) tersusun oleh napal, berlapis tebal hingga massif, sisipan kalkarenit pada bagian tengah dan atas formasi, berumur Miosen Atas-Pliosen Awal, tebal formasi bervariasi mulai dari 30 meter hingga lebih dari 1000 meter (Davidson, 1991); Formasi Wapulaka (Qpw) tersusun oleh batugamping terumbu ganggang dan koral, memperlihatkan undak-undak pantai purba dan topografi karst, endapan hancuran terumbu, batukapur, batugamping pasiran, batupasir gampingan, batulempung dan napal kaya foraminifera plangton, tebal satuan diperkirakan 700 m; dan Alluvium (Qal) tersusun oleh kerikil, kerakal, pasir, lumpur, dan gambut, hasil endapan sungai, rawa, dan pantai (Gambar 1 dan Gambar 2).



Gambar 1. Peta Geologi Pulau Buton (Sikumbang, 1995 dalam Hadiwisastra, 2009)



Gambar 2. Urutan stratigrafi Pulau Buton (Sikumbang, 1995)

Lokasi penelitian tersusun oleh batuan dari Formasi Sampolakosa yang terletak selaras di atas Formasi Tondo. Menurut Sikumbang (1995) Formasi Sampolakosa tersusun oleh napal yang berlapis tebal hingga masif, terdapat sisipan kalkarenit pada bagian tengah dan atas formasi. Mengandung *Globorotalia plesiotumida*, *Globorotalia acostaensis*, *Globorotalia multicamerata*, *Globigerina venezuelana*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides extremus*, *Hastigerina siphonifera*, *Globoquadrina altispira*, *Sphaeroidinesllopsis subdehiscens*, *Sphaeroidinellopsis seminulia*. Formasi ini berumur Miosen Atas - Pliosen Atas, terendapkan dalam lingkungan *neritic - bathyal*. Rembesan minyak dan aspal ditemukan pada formasi ini.

Ditemukan banyak sekali fosil foraminifera planktonik dari jenis globigerinae (Hetzl, 1936 dalam Hadiwisastra, 2009). Formasi Sampolakosa berumur Miosen Atas hingga Pliosen Atas (N17/18-21) yang tersusun oleh napal, kalkarenit, dan *pinnacle reefs*. Semua litologi kaya akan foraminifera, dan secara lokal mengandung moluska dan fragmen-fragmen terumbu. Ketebalan formasi sangat bervariasi, berkisar antara 30 meter hingga lebih dari 1000 meter (Davidson, 1991).

Formasi Tondo tersusun oleh konglomerat, batupasir kerikilan, batupasir dengan sisipan batulanau dan perselingan batupasir, batulanau, dan batulempung, tebal formasi lebih dari 1300 meter dan berumur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir (Sikumbang, 1995). Pada bagian selatan Pulau Buton, rentang umur dari Miosen Bawah (N3/4) hingga Miosen Atas

bagian awal (N15/16). Pada bagian Utara Pulau Buton, rentang umur dari Miosen tengah (N14) hingga Miosen Atas bagian awal (N15/16) (Davidson, 1991).

3. Struktur Geologi

Keadaan struktural Pulau Buton tidak dapat dipisahkan dari pola tektonik yang terjadi di wilayah timur Sulawesi. Efek dari tektonik menghasilkan lipatan dan sesar sungkup. Perlipatan seringkali merupakan ketidakseimbangan yang lebih curam di sisi barat. Terdapat kontras pada pola struktur Pulau Buton secara keseluruhan, dimana secara keseluruhan terdapat tiga bagian yang berbeda, yaitu bagian selatan, tengah dan barat. Bentuk lipatan dan patahan karena proses tektonik menghasilkan antiklinorium yang tidak rata. Contoh utama di selatan pulau menunjukkan arah barat laut-atas timur, titik fokus pulau adalah utara-selatan, sedangkan bagian utara pulau menunjukkan arah barat laut-tenggara. Berbagai patahan yang telah terbentuk di wilayah pulau ini sangat penting bagi keberadaan aspal (Hadiwisastra, 2009).

B. Landasan Teori

1. Pengertian Aspal Alam

Aspal merupakan material perekat (*cementitious*) yang mempunyai warna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen. Aspal diklasifikasikan atas aspal alam dan aspal minyak berdasarkan tempat

diperolehnya. Aspal alam adalah aspal yang berasal dari suatu tempat di alam dan dapat langsung dimanfaatkan sebagaimana diperolehnya atau melalui sedikit proses pengolahan. Aspal minyak merupakan aspal yang diperoleh dari hasil pengilangan minyak bumi. Pulau Buton merupakan daerah satu-satunya di Indonesia yang terdapat aspal alam yaitu berupa aspal gunung dan dikenal dengan nama aspal batu Buton (*asbuton*). *Asbuton* adalah batuan yang mengandung aspal. Endapan *Asbuton* tersebar dari Kecamatan Lawele hingga Sampolawa. Cadangan endapan *asbuton* diperkirakan berkisar 200 juta ton dan memiliki kadar aspal yang bervariasi antara 10% hingga 35%. Pemanfaatan *asbuton* sebagai salah satu bahan perkerasan jalan telah dilakukan sejak tahun 1920, meskipun masih bersifat konvensional (Sukirman, 2003).

Berdasarkan sifat fisiknya, Siswosoebrotho dkk (2005) mengklasifikasikan aspal alam ke dalam dua jenis, yaitu aspal danau (*lake asphalt*) dan aspal batu (*rock asphalt*). Aspal danau salah satu contohnya adalah aspal yang ditemukan di Trinidad, sedangkan aspal yang ditemukan di Pulau Buton merupakan jenis aspal batu.

Menurut Sukirman (2003), *asbuton* adalah campuran antara bitumen dan mineral dalam bentuk batuan. Kadar bitumen di dalam *asbuton* sangat bervariasi dari rendah hingga tinggi. *Asbuton* mulai diproduksi dalam berbagai jenis untuk meningkatkan kualitas *asbuton* di pabrik pengolahan *asbuton*. Produk *asbuton* dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

1. Produk asbuton yang masih terkandung material *filler*, seperti asbuton kasar, asbuton halus, asbuton mikro, dan *butonite mastic asphalt*.
2. Produk asbuton yang telah dilakukan pemurnian menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi.

Menurut Departemen PU (2006), aspal Buton merupakan aspal alam yang terdapat di pulau Buton, Sulawesi Tenggara, selanjutnya disebut sebagai asbuton. Asbuton atau aspal batu Buton sebagian besar memiliki bentuk padat yang dibentuk secara alamiah karena proses geologi. Siklus perkembangan asbuton berasal dari minyak yang terdorong ke permukaan dan menembus batu permeabel.

Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum dalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Asbuton Agregat No. 09/PT/B/1983 mengklasifikasikan asbuton berdasarkan kandungan bitumen, sebagai berikut:

1. Asbuton B10 mempunyai kadar bitumen 9,00%-11,4 %
2. Asbuton B13 mempunyai kadar bitumen 11,5%-14,5%
3. Asbuton B16 mempunyai kadar bitumen 14,6%-17,9%
4. Asbuton B20 mempunyai kadar bitumen 18,0%-22,5%
5. Asbuton B25 mempunyai kadar bitumen 22,6%-27,4%
6. Asbuton B30 mempunyai kadar bitumen 27,5%-32,5%

2. Genesa Aspal Alam

Aspal alam atau juga sering disebut sebagai bitumen alam, tergolong pada minyak mentah yang sangat kental dengan kekentalan lebih

dari 10.000 cP. Kebanyakan minyak berat dan bitumen alam diperkirakan keluar dari batuan induk sebagai minyak ringan atau sedang dan kemudian bermigrasi ke batuan perangkap. Jika batuan perangkap tersebut kemudian terangkat ke zona oksidasi, beberapa proses dapat mengubah minyak ke minyak berat. Proses yang dimaksud adalah *water washing*, *bacterial degradation*, dan *evaporation* (Meyer, dkk., 2007).

3. Keterdapatn Aspal Alam

Terdapat tiga hal utama yang mengontrol pembentukan aspal alam, yaitu (Hadiwisastro, 2009) :

- a. Batuan induk (*source rock*)
- b. Batuan perangkap (*trap rock*), dan
- c. Batuan penutup (*cap rock*)

- a. Batuan induk

Batuan induk adalah batu sedimen yang mengandung bahan organik yang cukup untuk membuat hidrokarbon melalui proses pemanasan. Hidrokarbon berbentuk cair, berbentuk uap dalam kondisi biasa dan berbentuk padatan. Dalam hidrokarbon terdapat dua komponen dasar, yaitu karbon (C) dan hidrogen (H), sisanya adalah sulfur (S), nitrogen (N), oksigen (O) dan dalam campuran tertentu juga berupa logam. Mengingat komponen karbon adalah bahan organik, pada dasarnya dapat diterima bahwa minyak terbentuk sebagai asal organik, meskipun ada juga yang berpendapat bahwa minyak dibentuk oleh bahan asal anorganik.

Perubahan seluruh bahan organik dari hewan dan tumbuhan yang terkandung dalam lapisan sedimen menjadi minyak, gas, dan batubara dibentuk dalam kondisi umum yang serupa, yaitu waktu, lingkungan, dan tektonik. Perbedaan dalam pembentukan minyak, gas dan batubara terjadi pada material dengan kondisi lingkungan yang berbeda (North, 1985 dalam Hadiwisastra, 2009).

Sulit untuk menemukan jenis-jenis batuan Tersier sebagai batuan induk di Pulau Buton, karena hampir semuanya tersusun dari batugamping, batupasir, napal, dan konglomerat yang tidak mungkin untuk menghasilkan minyak. Kemungkinannya bahwa batuan induk berasal dari batuan Pra-Tersier (Hadiwisastra, 2009).

b. Batuan Perangkap

Hidrokarbon berbentuk fluida/larutan yang akan mengalir (bermigrasi) secara normal dan terjebak dalam suatu batuan reservoir. Batuan reservoir sangat bergantung pada sifat litologinya, terutama kondisi teksturnya, yang sangat dipengaruhi oleh sifat porositas dan permeabilitas. Batuan reservoir yang cukup untuk menjebak hidrokarbon adalah lapisan batupasir dan batugamping, dimana batupasir memiliki porositas (pori-pori) antar butir, sedangkan batugamping yang berperan sebagai batuan perangkap diwujudkan oleh porositas yang dibentuk oleh proses pelarutan. Selain kedua jenis batu ini, perangkap yang lainnya adalah perangkap yang berbentuk rekahan yang pada dasarnya terbentuk oleh tekanan dan

regangan. Porositas dan permeabilitas karena tekanan umumnya dijumpai pada batuan yang telah mengalami deformasi. Batuan tersier yang ditemukan di kawasan Buton memang layak untuk dijadikan sebagai batuan reservoir, misalnya batupasir dan batugamping yang tersebar luas. Hal ini juga dapat dilihat dari ketebalan lapisan aspal yang ditemukan secara keseluruhan yang diidentikkan dengan Formasi Sampolakosa dan Formasi Tondo (Hadiwisastro, 2009).

c. Batuan Penutup

Batuan penutup adalah lapisan penutup yang tidak memungkinkan minyak dan gas berada pada kedalaman tertentu mengalir ke permukaan. Batuan sebagai penghalang dapat berupa batuan yang tidak dapat ditembus, misalnya batuan klastik halus atau lapisan yang hampir tidak memiliki permeabilitas. Jenis batuan tersebut antara lain lempung dan serpih (Hadiwisastro, 2009).

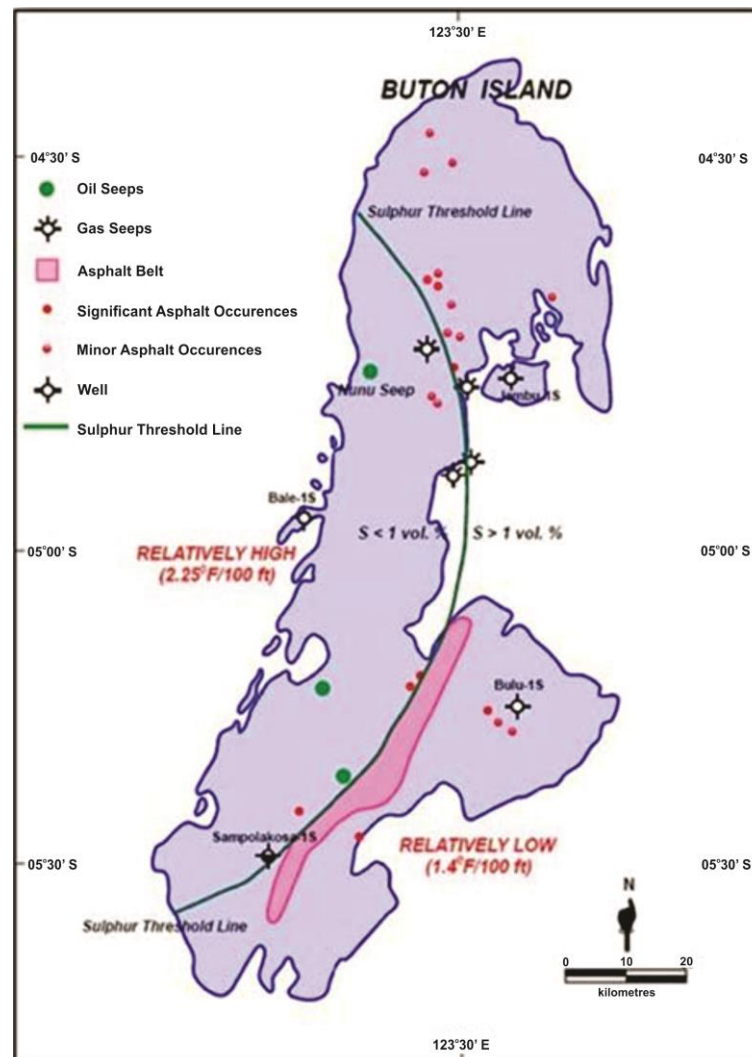
5. Deposit Asbuton

Asbuton ditemukan di bagian selatan Pulau Buton di daerah yang berhubungan dengan bentuk graben, yang membentang dari barat daya ke arah timur atas, pada lokasi yang dikenal sebagai Graben Lawele. Di samping itu, di beberapa wilayah ditemukan resapan aspal, misalnya di wilayah Ereke, Buton Utara dan Bubu di Buton Utara. Bagian selatan Pulau Buton keterdapat aspal mencakup (Hadiwisastro, 2009):

- a. Tersebar di wilayah yang mengalami persesaran kuat dan perlipatan
- b. Terdapat dalam bentuk resapan dalam batugamping dan batupasir pada Formasi Sampolakosa
- c. Terdapat di sepanjang zona batas antar Formasi Tondo dan Formasi Sampolakosa
- d. Asbuton ditemukan mengisi antar butir, berbentuk lensa ataupun tersebar tidak teratur dalam lapisan batuan.

Asbuton yang terdapat di Pulau Buton memiliki cadangan yang sangat besar dan merupakan endapan aspal alam terbesar di dunia. Deposit Asbuton tersebar dari Teluk Sampolawa hingga Teluk Lawele sepanjang 75 km dengan lebar 12 km ditambah wilayah Enreke yang termasuk wilayah kabupaten Muna (Gompul, 1991 dalam Departemen PU, 2006). Gambaran lokasi deposit asbuton, diperlihatkan pada Gambar 3.

Asbuton memiliki karakteristik yang berbeda tergantung dari daerah diperolehnya asbuton. Saat ini terdapat dua daerah penambangan asbuton yang banyak dimanfaatkan hasilnya, yaitu di daerah Kabungka dan Lawele (Nuryanto & Sutrisno, 2009). Secara umum dapat dibedakan dua jenis asbuton dengan karakteristik berbeda yaitu bersifat keras seperti dari Kabungka dan bersifat relatif lunak dari Lawele (Departemen PU, 2006).



Gambar 3. Peta lokasi sebaran Asbuton (Sutyana dkk., 2013)

6. Klasifikasi Batuan Karbonat (Klasifikasi Folk, 1962)

Sistem klasifikasi yang diusulkan oleh Folk berdasarkan fakta bahwa pada prinsipnya batuan karbonat sama dengan batupasir dan shale dalam hal proses sedimentasi. Berdasarkan klasifikasi Folk, disusun utama limestone, yaitu (Fluger, 1982):

1. *Allochem* (butiran karbonat atau partikel), yang terdiri dari:

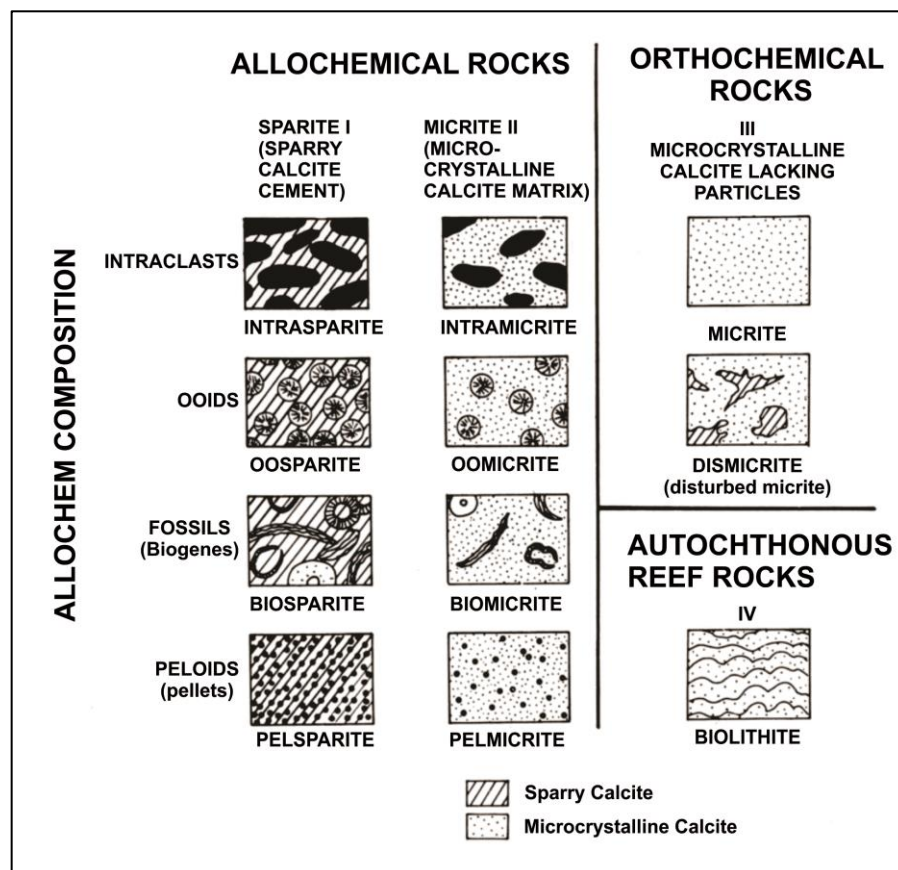
- a. *Intraclast - synsedimentary resediments*, seperti *mud pebbles*, *grapestones*, *bahamites*.
 - b. *Pellets – subrounded*, mikrit berbentuk bulat hingga elips, umumnya tanpa struktur internal apapun. Berukuran antara 0,03 mm sampai 0,15 mm, umumnya berukuran 0,04-0,08 mm.
 - c. *Ooids*
 - d. Fosil dan butiran kerangka
2. Matriks (mikrit)
 3. Sparit

Nama batuan diperoleh dari kombinasi dari mikrit, sparit, dan partikel (Gambar 4).

Tiga grup utama limestone yang dibagi ke dalam 8 subdivisi grup dengan spectrum tekstur yang mencerminkan berbagai tingkat energy air selama pengendapan, yaitu (Fluger, 1982):

1. *Pure micrite* atau *dismicrite* dengan partikel kurang dari 1%, contohnya, *Solnhofen lithographic limestone*
2. *Micrite* atau *dismicrite* dengan partikel 1%-10%, contohnya *fossiliferous micrite* atau *pellet-bearing micrite*
3. *Biomicrite*, *intramicrite*, *oomicrite* dan *pelmicrite* dengan partikel 10%-15%. Partikel-partikel tersebar diseluruh matriks dan antar partikel tidak bersinggungan.
4. *Biomicrite*, *pelmicrite*, dll. dengan lebih dari 50% partikel.

5. *Poorly washed biosparite* dengan jumlah mikrit dan sparit yang tidak sama; muncul karena intensitas arus lemah atau mengalami perubahan.
6. *Unsorted biosparite*. Semua atau hampir semua mikrit hilang dan sortasi partikel buruk yang disementasi oleh sparit. Lebih dari dua pertiga sparit.
7. *Sorted biosparite*. Partikel memiliki sortasi yang baik tapi hanya sedikit yang terabrasi dan membulat.
8. *Rounded biosparite*. Sebagian besar partikel membulat baik. Umumnya terjadi di zona gelombang laut.



Gambar 4. Klasifikasi Folk (1959) yang didasarkan pada partikel batuan karbonat (allochem). Penamaan batuan berdasarkan kombinasi antara matriks (mikrit), semen (sparit), dan partikel (intraklas) (Fluger, 1982)

Percent Particles	OVER 2/3 LIME MUD MATRIX (Micrite)				SUBEQUAL SPAR AND LIME MUD	OVER 2/3 SPARRY CEMENT (Sparite)		
	0 - 1 %	1 - 10 %	10 - 50 %	> 50 %		SORTING POOR	SORTING GOOD	ROUNDED & ABRADED
Representative Rock Terms	MICRITE & DISMICRITE	FOSSILIFEROUS MICRITE	SPARSE BIOMICRITE	PACKED BIOMICRITE	POORLY WASHED BIOSPARITE	UNSORTED BIOSPARITE	SORTED BIOSPARITE	ROUNDED BIOSPARITE
Terminology Folk 1959	Micrite & Dismicrite	Fossiliferous Micrite	Biomicrite		Biosparite			
Terrigenous Analogues	Claystone		Sandy Claystone	Clayey or Immature Sandstone		Submature Sandstone	Mature Sandstone	Supermature Sandstone

LIME MUD MATRIX
 SPARRY CALCITE CEMENT

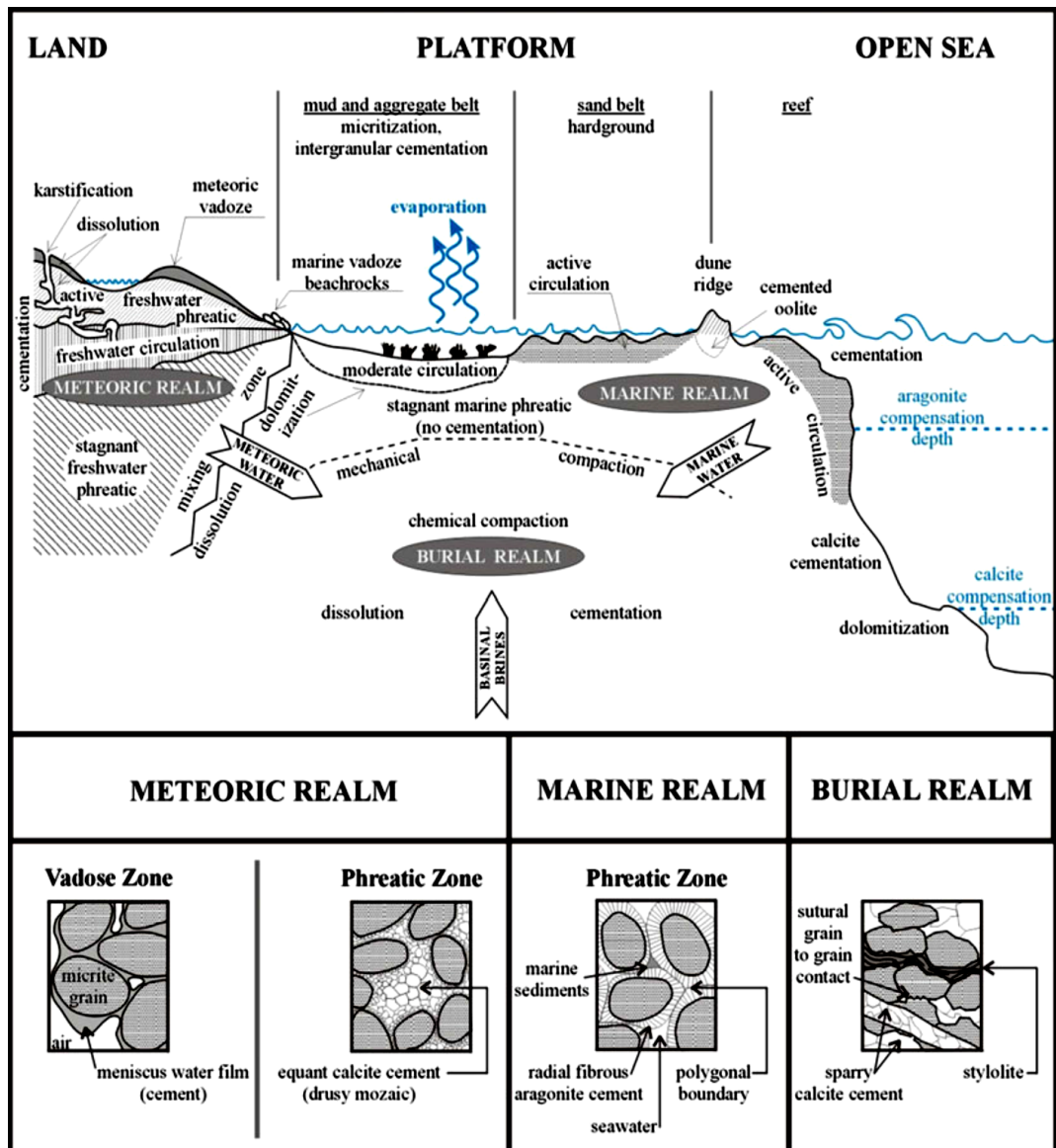
Gambar 5. Klasifikasi Folk (1962), penamaan batuan karbonat (Flüger, 1982)

7. Lingkungan Diagenetik

Konsep lingkungan diagenetik telah diusulkan untuk mengkarakterisasi proses diagenesis dalam batuan karbonat (Longman 1980; Moore 2001). Lingkungan diagenetik karbonat yang utama adalah marine, meteorik, dan burial (Gambar 6), yang masing-masing secara inheren terkait dengan jenis fluida yang berlaku.

Lingkungan laut terdiri dari zona stagnan dan zona aktif, keduanya memiliki cairan yang berhubungan dengan marin. Sementara zona stagnan, mewakili daerah yang tidak memiliki sirkulasi air yang cukup, dan ditandai dengan sedikit sementasi (lebih tepatnya mikritisasi), kemudian zona aktif, termasuk sementasi pervasif misalnya aragonit fibrous

isopachous yang terutama karena sirkulasi air yang cukup besar dan selanjutnya mengisi kembali spesies berair laut (Moore, 2016).



Gambar 6. Representasi skema lingkungan diagenetik karbonat utama, proses terkait dan produk yang dihasilkan dalam platform karbonat (Longman 1980; Parker dan Sellwood 1994; Moore 2001 dalam Moore, 2016)

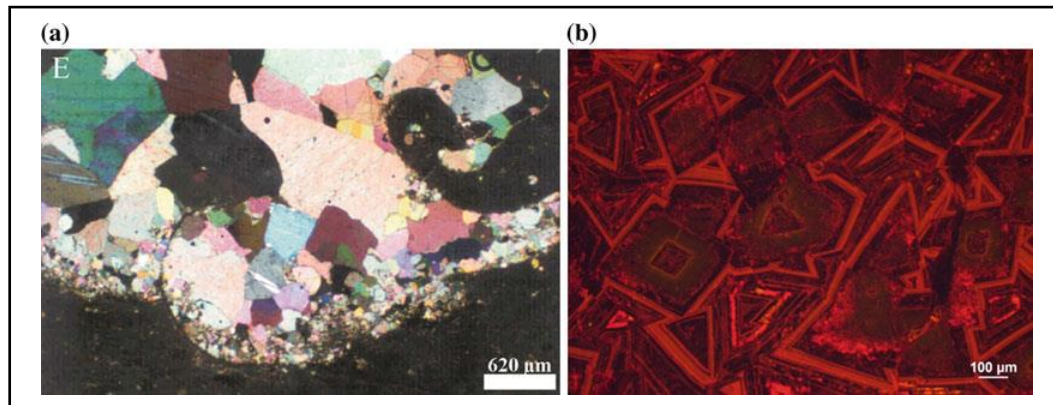
Lingkungan meteorik (air tawar) dibagi menjadi vadose (atas) dan lingkungan freatik (bawah). Yang pertama meliputi zona pelarutan karbonat

oleh air meteorik tak jenuh (misalnya perkembangan porositas gua, karst), dan zona pengendapan di mana terjadi meniskus minor, sementasi independen dan spelean. Lingkungan freatik air tawar dicirikan oleh tiga zona yang berbeda (yaitu pelarutan, presipitasi, stagnan), yang batasnya terutama berfungsi dari posisi permukaan air akuifer. Porositas mouldic dan vuggy adalah hasil dari disolusi yang intens oleh air yang tidak jenuh di zona disolusi (atau $p\text{CO}_2$ tinggi), sementara sedikit sementasi biasanya tercatat di zona stagnan (karena tidak adanya sirkulasi air dan pengisian ulang). Ini sangat kontras dengan sirkulasi air aktif dan sementasi cepat di dalam zona presipitasi, biasanya menyebabkan kerusakan porositas yang cukup besar. Semen kalsit ekuivalen (benar-benar menggantikan aragonit dan pori-pori yang menutupi) menjadi ciri zona ini (Moore, 2016).

Lingkungan burial (bawah permukaan) terutama dicirikan oleh pemadatan yang bergantung pada litologi dan tekanan larutan. Semen kalsit sparry (berukuran relatif kasar) menjadi ciri diagenesis bawah permukaan (Gambar 7a). Selain itu, penggantian mineral (misalnya dolomitisasi, silisifikasi) serta reaksi kimia awal (misalnya illit/smektit) sering terjadi di dalam lingkungan burial (Gambar 7b) (Moore, 2016).

Berkenaan dengan *hardground* laut Fanerozoikum, semen kalsitik dan aragonitik anorganik yang paling umum diamati meliputi (i) *acicular*, *fibrous* dan *bladed*, (ii) *radial fibrous* dan *fascicular-optic*, (iii) mikrokristalin/kriptokristalin, (iv) *sparry equant*, pertumbuhan berlebih


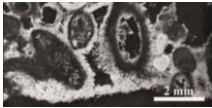

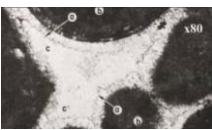

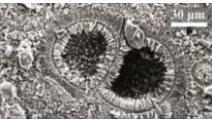

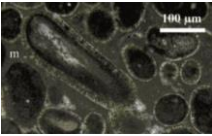
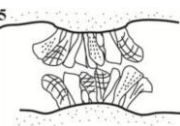
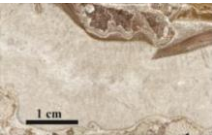
sintaksis, skalenohedral, peloid dan (v) fabrik non-karbonat. Lihat Tabel 1 untuk gambaran umum beberapa jenis semen *hardground* (Christ, 2015).



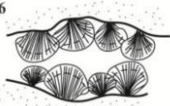
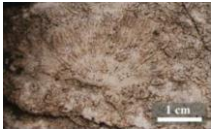

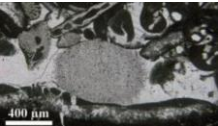

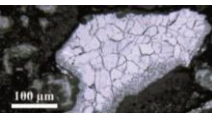


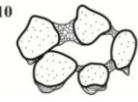

Gambar 7. a) Tampilan cahaya terpolarisasi bidang yang ditransmisikan dari mosaik / semen kalsit sparry yang saling terkait yang khas dari diagenesis burial; dan b) *Dolomite subhedral planar replacive*, kristal kasar yang diinterpretasikan berasal dari hidrotermal, dilihat di bawah mikroskop cathodoluminescence

Bentuk semen kalsium karbonat sangat bergantung pada lingkungan terbentuknya. Lingkungan diagenetik *seafloor* ditandai secara khusus oleh *aragonitic meniscus* dan *pendant cement* (pada *beachrock*), *isopachus cement*, *needle cement*, dan *botryoidal cement*. *Meteoric-realm cement* komposisinya didominasi oleh calcite dan termasuk *meniscus* dan *pendant cement* pada *vadose zone* dan *isopachous*, *blocky*, dan *syntaxial rim cement* pada *phreatic zone*. Semen pada *subsurface burial realm* juga umumnya calcite dan termasuk *syntaxial rim*, *bladed prismatic* dan *coarse mozaic* (Boggs, 2006).

Tabel 1. Jenis-jenis semen (Flügel, 2004 dalam Christ, 2015)

Cement types	Terminology / Fabrics	Frequency	Depositional Environment	Picture Example
1 	Name: Acicular Length/Width ratio : > 10:1 Mineralogy: principally aragonite (also HMC) Cement Fabric: Isopachous	Frequent Examples: Persian Gulf, Holocene (Shinn, 1969) Bahamas, Pliocene (Beach, 1993)	Shallow marine, tropical (<i>hardgrounds, reefs</i>) Diagenetic: Marine phreatic	
2 	Name: Fibrous Length/Width ratio : > 6:1 Mineralogy: aragonite & HMC Cement Fabric: Isopachous (<i>inter and intracrystalline</i>)	Very Frequent Examples: Bahamas, Holocene (Dravis, 1979) Paris Basin, Jurassic (Purser, 1969)	Shallow marine, tropical (<i>hardgrounds, reefs</i>) Diagenetic: Marine phreatic	
3 	Name: Bladed Length/Width ratio : from 1.5:1 to 6:1 Mineralogy: Principally HMC (also aragonite) Cement Fabric: Isopachous (<i>inter and intracrystalline</i>)	Very Frequent Examples: N Atlantic, Holocene (Noe et al., 2006) F. England, Jurassic (Marshall and Ashton, 1980)	Shallow marine, tropical (<i>hardgrounds, reefs</i>) Diagenetic: Marine phreatic	
4 	Name: Microcrystalline/ Cryptocrystalline calcite, micrite Size: < 4 μm to nm size Mineralogy: Principally HMC (also calcite & aragonite) Cement Fabric: Isopachous & Pore filling	Very Frequent Examples: Bahamas, Pleistocene (Schlager and James, 1978) High Atlas, Morocco, Jurassic, (Christ et al., 2012a)	Shallow to deep marine, tropical to temperate (<i>hardgrounds, reefs, mud mounds</i>) Diagenetic: Marine phreatic and burial	
5 	Name: Radiaxial Fibrous (<i>Sensu Richtel et al., 2011</i>) Length/Width ratio : from 3:1 to 10:1 Mineralogy: Mainly HMC (rarely calcite) Cement Fabric: crusts (<i>growing normally to substrate in large cavities or at sea floor</i>)	Minor Examples: Australia, Oligo-Miocene (Nicolaidis and Wallace, 1997) Canada, Ordovician (Wilkinson et al., 1982)	Shallow marine to slope, tropical to temperate (<i>reefs, tepees, slope</i>) Diagenetic: Marine phreatic	

Tabel 1. Jenis-jenis semen (lanjutan)

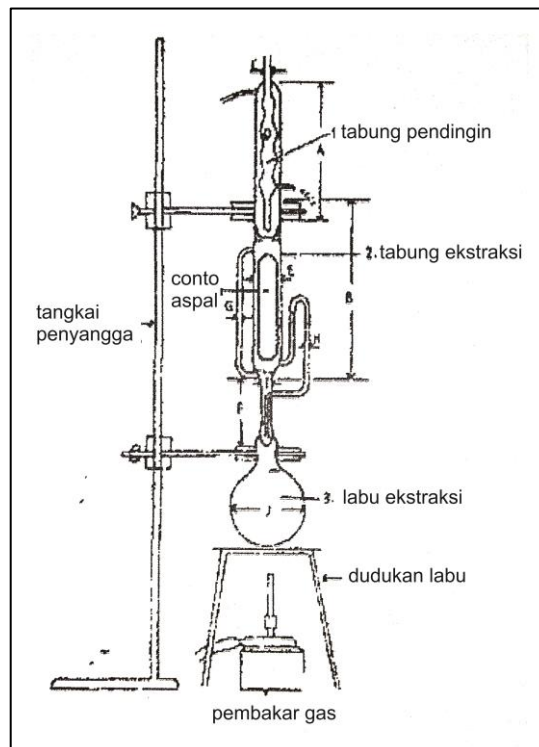
Cement types	Terminology / Fabrics	Frequency	Depositional Environment	Picture Example
6 	Name: Botryoidal Size: similar to Radiaxial Fibrous Mineralogy: Mainly aragonite (sometimes HMC) Cement Fabric: crusts (<i>similarly to Radiaxial Fibrous</i>) or individually	Virtually absent <i>but observed in deep slope setting or reefs</i> Examples: Spain, Carboniferous (Van der Kooij et al., 2010); Belize, Holocene (Ginsburg and James, 1976)	Shallow marine to slope, tropical to temperate (<i>reefs, tepees, slope</i>) Diagenetic: Marine phreatic	
7 	Name: Syntaxial overgrowth (<i>principally on echinoderms</i>) Size: variable Mineralogy: HMC (also calcite) Cement Fabric: Pore-filling	Frequent (<i>during calcite sea periods</i>) Examples: Australia, Oligo-Miocene, (Nicolaidis and Wallace, 1997) USA, Ordovician (Palmer and Wilson, 2004)	Shallow marine to slope Diagenetic: Marine and meteoric phreatic and burial	
8 	Name: Equant spar Size: variable, commonly > 10 µm Mineralogy: mainly calcite (sometimes HMC) Cement Fabric: Pore-filling	Frequent Examples: S Spain, Jurassic (Reolid et al., 2010) Canada, Ordovician (Wilkinson et al., 1982)	Shallow marine to deep, temperate (<i>early marine moulds</i>) Diagenetic: Marine and meteoric phreatic and (deep) burial	
9 	Name: „Dogtooth” Size: 10's to 100's µm long Mineralogy: mainly calcite (also HMC)	Rare Examples: S England, Cretaceous (Molenaar and Zijlstra, 1997)	?? Diagenetic: Marine and meteoric phreatic and burial	
10 	Name: Pendant (1) & Meniscus (2) Size: variable Mineralogy: mainly calcite (also aragonite & HMC) Cement Fabric: Gravitational	Very Rare (Rq: Present In Purser (1969), but <i>certainly not of MARINE origin</i>)	Very Shallow to continental, humid (<i>beachrock, tidal flats</i>) Diagenetic: Meteoric vadose (also marine-vadose)	

7. Ekstraksi Metode Soxhlet

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam melakukan pengujian kadar dalam campuran beraspal dengan cara ekstraksi menggunakan alat Soxhlet dengan tujuan untuk mengetahui kadar aspal dalam campuran. Kadar aspal dalam campuran adalah banyaknya aspal dalam campuran beraspal yang diperoleh dengan cara ekstraksi menggunakan alat Soxhlet (SNI, 1994).

Peralatan dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. timbangan kapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram;
2. alat Soxhlet (lihat Gambar 8) terdiri dari:
 - a. labu ekstraksi;
 - b. tabung pendingin;
 - c. tabung ekstraksi.
3. alat pemanas (pembakar gas atau pemanas listrik);
4. oven dengan pengatur suhu (110 ± 5)°C;
5. Trichlorethylen (C_2HCl_3);
6. kertas saring.

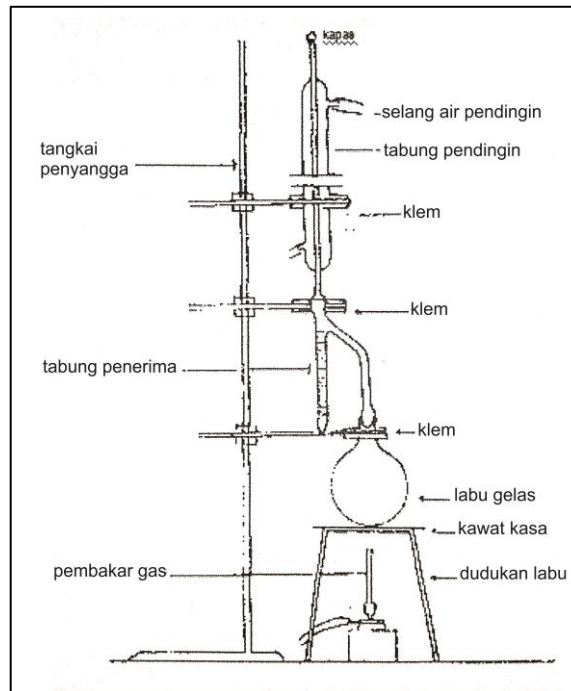


Gambar 8. Alat Soxhlet (SNI, 1994)

8. Pengujian Kadar Air

SNI 06-2490-1991, menetapkan cara uji kadar air dalam produk minyak dan bahan mengandung aspal (RC, MC, SC) dengan penyulingan (*distillation*), pada rentang kadar air antara 0% dan 25% terhadap volume. Cara uji secara ringkas memanaskan benda uji dengan bahan pelarut ke dalam labu gelas reflaks. Air yang mengembun terpisah dari uap pelarut dan turun secara terus menerus dari tabung pendingin ke tabung penerima. Bahan pelarut cair yang cocok digunakan untuk bahan yang diuji adalah pelarut aromatik, pelarut hasil sulingan minyak bumi dan pelarut jenis spiritus. Umumnya disarankan jenis Xylol teknis. Peralatan terdiri dari labu penyulingan, pemanas dan peralatan gelas yang dimensi dan uraiannya

tersedia dalam ASTM E 123. Instalasi pemeriksa kadar air dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Instalasi pemeriksa kadar air (SNI, 1991)

9. X-Ray Fluorescence (XRF)

Sinar *X-Ray* merupakan pancaran gelombang sinar elektromagnetik yang memiliki Panjang gelombang antara 0,1-100 Å dimana $1\text{Å} = 10^{-8}\text{cm}$ (Anthony, 1987 dalam Tonggiroh, 2019). Teknik fluoresensi sinar X (XRF) ialah suatu teknik analisis yang digunakan untuk menganalisa unsur-unsur pembangun suatu material. Kelengkapan analisis kualitatif alat ini menampilkan jenis unsur yang sedangkan secara kuantitatif menampilkan nilai konsentrasi unsur (Tonggiroh, 2019).

Analisis menggunakan XRF dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu kualitatif maupun kuantitatif. Analisis unsur secara kualitatif hanya

memberikan informasi kandungan unsur suatu bahan yang dinyatakan dalam intensitas dengan satuan cps (count per second). Semakin besar intensitas yang muncul, maka semakin banyak kandungan unsur tersebut dalam suatu bahan. Dalam analisis secara kuantitatif, setiap puncak dari unsur yang terkandung dalam bahan tersebut mempunyai kandungan unsur dalam jumlah yang berbeda-beda. Analisis kuantitatif dilakukan menggunakan standar pembanding yang bersertifikat dengan persyaratan untuk menentukan bahan non standar yang akan dianalisis. Persyaratan bahan standar yang digunakan adalah bentuk, matrik dan kondisi pengukuran harus sama dengan bahan yang dianalisis. Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan cara mengkonversi hasil yang diperoleh dalam analisis kualitatif yang berupa intensitas dalam satuan cps menjadi satuan persen berat atau ppm (*part per million*) (Jenkin, 1981 dalam Masrukan, 2007)

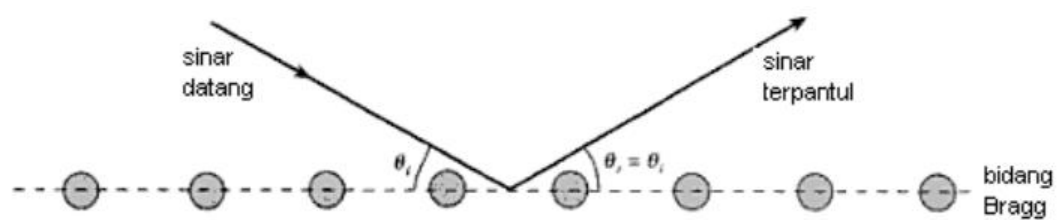
X-Ray dapat diperoleh dengan menembakkan sinar obyek batuan atau mineral dengan berkas elektron yang berenergi tinggi, sinar sasaran mempunyai berat atom yang lebih tinggi merupakan sumber *X-Ray* yang efisien. Apabila ditembakkan pada bahan-bahan tertentu seperti Zn, Ni, Fe akan memancarkan *pendlafour* artinya menyerap sinar kemudian memancarkan kembali atau disebut sifat *fluorience* (Marten Halifax, 1987 dalam Tonggiroh, 2019).

10. X-Ray Diffraction (XRD)

Analisa XRD adalah contoh analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa dengan mengamati pola pembiasan cahaya sebagai akibat dari berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristalnya. Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama seandainya cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya fingerprint (sidik jari) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda. Pada XRD, pola difraksi dinyatakan dengan besar sudut-sudut yang terbentuk sebagai hasil dari difraksi berkas cahaya oleh kristal pada material. Nilai sudut tersebut dinyatakan dalam 2θ , dimana θ merepresentasikan sudut datang cahaya. Sedangkan nilai 2θ merupakan

besar sudut datang dengan sudut difraksi yang terdeteksi oleh detektor. (Setiabudi, dkk, 2012).

Hukum Bragg merupakan perumusan matematik mengenai proses difraksi yang terjadi sebagai hasil interaksi antara sinar-X yang dipantulkan oleh material. Pantulan tersebut terjadi tanpa mengalami kehilangan energy sehingga menghasilkan pantulan elastis atau *elastic scattering*. Bragg menunjukkan bahwa bidang yang berisi atom-atom di dalam kristal akan memantulkan radiasi dengan cara yang sama persis dengan peristiwa pemantulan cahaya di bidang cermin (Setiabudi, dkk, 2012).



Gambar 10. Pemantulan cahaya pada bidang Kristal (bidang Bragg) (Setiabudi, dkk, 2012)