Skripsi Geofisika

KARAKTERISASI BATUAN ASBUTON MENGGUNAKAN METODE XRF DAN XRD DI PULAU BUTON

OLEH:

ANGGA SANDA BUNGA

H061 17 305

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN JUDUL

KARAKTERISASI BATUAN ASBUTON MENGGUNAKAN METODE XRF DAN XRD DI PULAU BUTON

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

OLEH:

ANGGA SANDA BUNGA

H061 17 1305

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISASI BATUAN ASBUTON MENGGUNAKAN METODE XRF DAN XRD DI PULAU BUTON

Disusun dan diajukan oleh

ANGGA SANDA BUNGA

H061 17 1305

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 13 Marer 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama	**Pembimbing Pertama**
Dr, Ir, Muh. Altin Massinai, MT, Surv. IPM	**Muhammad Fawzy Ismullah M., S.Si., MT.**
NIP. 196406161989031006	**NIP. 199111092019031010**

Ketua Departemen

Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Angga Sanda Bunga

NIM : H061171305

Program Studi : Geofisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul **Karakterisasi Batuan Asbuton Menggunakan Metode XRF dan XRD di Pulau Buton** adalah karya ilmiah saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 13 Maret 2023
Yang Menyatakan

Angga Sanda Bunga

ABSTRAK

Deposit aspal alam terbesar di Indonesia terdapat di Pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. Beberapa sumber mengatakan bahwa deposit asbuton itu mencapai sekitar 200 juta ton, bahkan ada yang memperkirakan depositnya itu sampai 600 juta ton (Affandi, 2008). Seiring terus melonjaknya harga aspal minyak sejak 2002 lalu, maka penggunaan asbuton saat ini dinilai lebih murah dan efisien. Asbuton memiliki kelebihan, yaitu titik lelehnya lebih tinggi dari aspal minyak dan ketahanan asbuton yang cukup tinggi terhadap panas, sehingga membuatnya tidak mudah meleleh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi batuan asbuton dan kandungan zat pengotor pada asbuton dengan menggunakan metode *X-Ray Fluoreccence* (*XRF)* dan *X-Ray Diffraction (XRD)*. *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengetahui kandungan mineral dengan melihat *peak* referensi dari *Software High Score Plus. X-Ray Flourescence (*XRF) untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung didalam sampel, kemudian akan menghasilkan data presentase unsur. Hasil analisis karakterisasi unsur menggunakan metode XRF untuk mengidentifikasi jenis kandungan unsur pada sampel batuan menunjukkan beberapa unsur, seperti Fe (besi), Sc (skandium), Ca (kalsium), Ti (titanium) dan Mn (mangan), Ba (barium), Na (natrium), Cu (tembaga). Hasil analisis karakterisasi mineral batuan menggunakan metode XRD menunjukkan grafik dengan *peak* yang muncul adalah mineral MnO (mangan oksida). Kandungan zat pengotor pada kedua sampel berkorelasi pada hasil XRF dan XRD dimana tiap unsur dan mineral yang muncul adalah mangan, besi, skandium, tembaga, titanium, barium, natrium, dan kalsium.

Kata Kunci: Asbuton, XRD, XRF, Zat Pengotor, Mineral

ABSTRACT

The largest natural asphalt deposit in Indonesia is found on Buton Island in Southeast Sulawesi Province. Some sources say that the asbuton deposit reaches around 200 million tons, some even estimate that the deposit is up to 600 million tons (Affandi, 2008). As the price of oil asphalt has continued to soar since 2002, the use of asbestos is now considered cheaper and more efficient. Asbuton has the advantage that its melting point is higher than oil asphalt and its high resistance to heat makes it less prone to melting. This study aims to determine the characterization of asbuton rock and impurity content in asbuton using X-Ray Fluoreccence (XRF) and X-Ray Diffraction (XRD) methods. X-Ray Diffraction (XRD) was used to determine the mineral content by looking at the reference peak from High Score Plus Software. X-Ray Flourescence (XRF) to determine the elemental composition contained in the sample, then will produce elemental percentage data. The results of elemental characterization analysis using the XRF method to identify the type of element content in rock samples show several elements, such as Fe (iron), Sc (scandium), Ca (calcium), Ti (titanium) and Mn (manganese), Ba (barium), Na (sodium), Cu (copper). The results of the analysis of rock mineral characterization using the XRD method show a graph with a peak that appears is the mineral MnO (manganese oxide). The impurity content in both samples correlates to the XRF and XRD results where each element and mineral that appears is manganese, iron, scandium, copper, titanium, barium, sodium, and calcium.

Keywords: Asbuton, XRD, XRF, Impurity Content, Minerals

KATA PENGANTAR

Puji syukur tak terkira Penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih dan karunia-Nya yang telah memberikan hikmat, kekuatan dan kesehatan sehingga Penulis dapat melakukan penelitian dan menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul **"Karakterisasi Batuan Asbuton Menggunakan Metode XRF dan XRD di Pulau Buton"**. Ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya Penulis hanturkan kepada kedua orang tua, Bapak **Piether Sandabunga** dan Ibu **Dra. Martha Panggalo, M.M.** untuk setiap kasih sayang, doa dan motivasinya, serta saudari tercinta **Agriaty Vitha Sanda Bunga, Agung Frianto Sanda Bunga, Ade Trioningsih Sanda Bunga, Arfael Sanda Bunga, dan Andelitha Sanda Bunga** yang selalu memberikan dukungan kepada Penulis.

Dalam masa studi hingga penyelesaian Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berupa saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih juga Penulis berikan kepada:

1. Ayahanda **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si** selaku Dekan FMIPA Unhas sekaligus orang tua kami di kampus yang telah membimbing dalam masalah akademik maupun organisasi.
2. **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M. Eng.** selaku Ketua Departemen Geofisika Fakultas MIPA Unhas beserta seluruh staf dan dosen pengajar serta pegawai Departemen Geofisika FMIPA Unhas yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menjalani studi hingga menyelesaikan skripsi ini.

3. Pembimbing Utama saya bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, M.T, Surv. IPM** yang senantiasa menuntun dalam mengerjakan dan memahami konsep dari Tugas Akhir Penulis.
4. Pembimbing Pertama saya bapak **Muh. Fawzy Ismullah M., S.Si., M.T** yang senantiasa menuntun dalam mengerjakan dan memahami konsep dari Tugas Akhir Penulis.
5. Bapak/Ibu pegawai Badan Informasi Geospasial terkhusus Kak Fitri selaku Pembimbing Kerja Praktik, terima kasih untuk kesabarannya dalam membimbing Penulis dari akuisisi hingga pengolahan data.
6. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** dan Bapak **Andi Muh. Pramatadie, ST, M.Eng, Ph. D** selaku Dosen Penguji yang telah memberikan ilmu, kritik dan masukan yang membangun bagi Penulis untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
7. Bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, M.T, Surv. IPM** selaku Pembimbing Akademik yang selalu memberikan masukan yang membangun selama Penulis menjalani pendidikan di Universitas Hasanuddin, serta seluruh Dosen Departemen Geofisika FMIPA Unhas untuk setiap ilmu yang diberikan pada Penulis.
8. **Pak Anto, Pak Putra dan Fadli** yang senang hati membantu Penulis dalam pengurusan berkas-berkas selama perkuliahan, terimakasih banyak atas semua jasanya.
9. **Ketua OSIS SMAN 4 Bantaeng Periode 2018/2019** yang selalu menjadi penyemangat, memotivasi, membantu, memberi makan, dan menemani sampai

menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih telah hadir dalam kehidupan penulis dan sudah melengkapi keseharian penulis.

10. **Tampan Maks 17**, **Sappa', Gabe, Igun, Waenta, Callu, Roput, Ahe, Lambertus, Peka, Padang, Ambo Upe, Albar, Rial, Faqih, Ano, Reza, Wotu, Jepri, Qoil, Agung, Wahyudin, Ebiet, Faishal, Samson, Sapan, Saleh, Kandoang, Zain, Ucha, Roni, dan Bintang** terima kasih telah menjadi kawan-kawan yang keren dan tampan dari maba hingga tak lekang oleh waktu
11. Teman-teman putar botol dan makan roti pia **HIMAFI 2017 (Teguh dalam Keyakinan, Kukuh dalam Kebersamaan)**, **Tampan Maks 17**, **Cantik Apa Adanya, Zahari (Ketua Angkatan), Zhafaat (Ketua Golongan 2A), Faqih (Ketua Golongan 2B), Callu, Ucha, Wahyu, Reza, Fadlan, Jefri, Aldo, Ardi, Ebiet, Riyadi, Puat, Mardiano, Zain, Gabe, Faishal, Tsaqif, Qoil, Dandung, Roni, Agung, Fajar, Madan, Khalis, Indra, Ale', Sabran, Rial, Albaar, Bintang, Evita, Ghupa, Titien, Time, Danty, Mayama, Sappe, Gebrina, Yusrin, Nova, Wide, Ningnang, Unia, Owel, Fitria, Illa, Egi, Desha, Suci, Riri, Uci, Melsi, Ate', Eki, Yesi, Cammai, Inung, Kiki, Destri, Adhe, Asni, Ola, Miftah, Gita, Rapang, Khusnul, Rahmah, Rachel, Syakira, Esi, Hikmah, Nina, Mirna, Ajeng, Cinday dan Sindi** terimakasih atas semua cerita dan kebersamaan kalian semua. ILY 3000.
12. Teman-teman **MIPA 2017**, **Rahman, Aris, Salman, Kaye, Aidul, Ihzanul, Alim, Islah, Ipul, Fhadli, Joe, Indah, Sofiea, Cici, Kade, Aras, Amel, Isye, Kety, Ata, Sri, Yayuk dan teman-teman yang lain**. Terimakasih atas segala

kenangan, tawa dan canda selama berada di kampus, kalian luar biasa. Salam **"Kami Satu Kami Bersaudara."**

13. Kakak **HIMAFI 2010**, **Kak Tanto,** Kakak **HIMAFI 2011, Kak Susno, Kak Ridho, Kak Camma, dan Kak Jhon** Kakak-Kakak **HIMAFI 2013**, **Kak Takdir, Kak Asnur, Kak Azizul, Kak Mughny, Kak Ilham, Kak Boi**, **dan Kak Wahyudin,** Kakak-Kakak **HIMAFI 2014**, **Kak Sidiq, Kak Armin, Kak Iswar, Kak Aswan, Kak Bombom, dan Kak Taufik** serta kakak-kakak yang belum sempat penulis tuliskan namanya. Terima kasih atas ilmu, kebersamaan dan kekeluargaannya.
14. Kakak-kakak **MIPA 2015**, **Kak Hafis, Kak Jr, Kak Yadin, Kak Willy, Kak Fitrah, Kak Al, Kak Amming, Kak Fadhil, Kak Aqsa, Kak Edi, Kak Ashadi, Kak Rian, Kak Nuge, Kak Rifaat, Kak Ahmad, Kak Nasri, Kak Diky, Kak Firman, Kak Aya, Kak Ika, Kak Mimi, Kak Ayuni, Kak Kiki, Kak Nifal, Kak Ricky, Kak Raka, Kak Gapur, Kak Magats, Kak Khaeril, Kak Gunawan, Kak Wahab, Kak Yoel, Kak Reza, dan Kak Putu** serta kakak-kakak yang belum sempat penulis tuliskan namanya. Terima kasih atas ilmu, kebersamaan, kekeluargaan, motivasi dan inspirasi yang telah diberikan dalam organisasi.
15. Kakak-kakak **MIPA 2016** (**Kak Aso, Kak Ulla, Kak Iksan, Kak Wandy, Kak Rully, Kak Midin, Kak Rudy, Kak Wisnu, Kak Aril, Kak Ayyub, Kak Arif, Kak Agung, Kak Arya, Kak Aushaf, Kak Alam, Kak Sabran, Kak Mufli, Kak Leo, Kak Olan, Kak Indra, Kak Fazrul, Kak Ai, Kak Aldin, Kak Adit, Kak Lafaras, Kak Patrick, Kak Wandi Januar, Kak Ade,**

Kak Muzul, Kak Abdi, Kak Rara, Kak Mute, Kak Erwinda, Kak Farah, Kak Wiwi, Kak Fina, Kak Kasma, Kak Lili, Kak Hasrina, Kak Hira, Kak Lia, Kak Marheani, Kak Riana, Kak Ria, Kak Hamda, Kak Sinar, Kak Uni, Kak Winda, Kak Indri, Kak Dewi, Kak Wasti, Kak Ismira, Kak Dian, Kak Santri, Kak Dayah, Kak Tari, Kak Ani, Kak Mawar, Kak Firda, Kak Mappi, Kak Arsita, Kak Cahya, dan Kak Angra serta kakak-kakak yang belum sempat penulis tuliskan namanya. Terima kasih atas ilmu, kebersamaan, kekeluargaan, motivasi dan inspirasi yang telah diberikan dalam organisasi

16. Adik-adik tak sedarah Penulis **MIPA 2018, Iis, Jihan, Fya, Ainul, Jojo, Marni, Irma, Fira, Wilda, Sri, Fhaika, Aini, Ilmi, Acam, Dena, Nunu, Vika, Yesi, Wibu, Geby, Milen, Suci, Mute, Nilam, Onding, Nisa, Yen, Juni, Kiki, Epe, Ayu, Ocha, Windy, Sheren, Dhea, Fina, Fiskah, Chana, Feni, Risda, Uli, Kutir, Sari, Firda, Cunni, Yuyun, Cica, Aqila, Angela, Azmi, Aulia, Adudu, Justin, Hadi, Sinyo, Tater, Mulyanto, Ajep, Saweri, Dominggus, Sandro, Goul, Tengke, Gopal, Pian, Tara, Komang, Masdar, Yusran, Yansen, Liuz, Indra, Jalil, Alif, Chand, Lutfi, El, Icha, Pitto, Juni, Ardi, Kido, Slengos, Rana, Izzah, Afni, Dilla, Yusril, Fauzan** dan adik-adik yang lain. Terima kasih sudah menjadi adik-adik baru dikampus, tetap **"Takkan Pudar"**.
17. Adik-adik **MIPA 2019**, **Afro, Rahmat, Isal, Daus, Adrian, Jaya, Osama, Reza, Vingki, Balmon, Alif, Gifary, Alfian, Hayat, Zulfikar, Mahdis, Rezi, Nanda, Subhan, Riska, Galib, Arsyih, Kamil, Haikal, Devi, Diki, Sarni, Patio, Nismul, Nude, Haerul, Cindy, Haidir, Alif, Ismi, Afikah, Lida,**

Indah, Mey, Dahlia, Batlas, Suleha, Jinaan, Kiya, Habib, Ila, Asyifah, Pipit, Ayul, Risda, Caca, Sindy, Dian, Fausta, Jack, Muji, Nanda, Yuli, Ashar, Sekar, Tiara, Dominikus, Gorki, Riman, Muly, Nur, Ita, Yusri, Jimbo, Alya, Nurul, Fara, Ikram, Israil, Asira, Nara, Rati B, Pitti, Ratih, Eni, Hajrul, Sire, Umni, Hajar, Tiche, Gisel, Mutiara, Rara, Gunawan, Mahar, Ririn, Enjel, Jasmine, Maria, Hartini, Yoriska, Agus, Nabila, Daya, Risma, Yuni, Salsa, Elivia, Atul, Septi, Lela, Dollo, Azizah dan adik-adik yang lain. Terima kasih sudah menjadi adik-adik baru dikampus, tetap **"Selama Tetap Ada".**

18. Adik-adik **MIPA 2020**, **Rahmat, Abe, Site, Kimberli, BC, Iskar, Firman, Aidil, Idil, Iccank, Kempa, Fudhol, Izzul, Engkal, Husein, Sarwan, Siti, George, Vicram, Aandri, Letnan, Paldi, Bisman, Diaz, Annisa. Dodi, Alghi, Toktok, Astri, Asmawan, Faiz, Guntur, Imran, Alif, Dayat, Ema, Aini, Aza, Asi, Echa, Angel, Ima, Mela, Lola, Resty, Gloria, Jane, Nisfit, Hasna, Rezky, Qalbi, Wulan, Mifta, Aan, Umi, Milka, Selfi, Aurel, Sandra, Regita, Indah, Fira, Merlia, Ica, Cholis, Magfirah, Datu, Emi, Izzah, Tazkia, Ansya, Yudi, Ical, Awi, Yonas, Agung, Rianul, Dirham, Ila, Defina, Wikal, Gery, Hamman, Nikom, Rizka, Arpah, Ihsan** dan adik-adik yang lain. Terima kasih telah menjadi adik-adik baru di kampus, jaga terus kebersamaannya dan tetap **"Satu dan Selama"**.
19. Adik-adik **MIPA 2021** terkhusus untuk **Palele, Rocky, Renol, Karappe, Faiqal, Shane, Amar, Senap, Mirza, Adhe, Bejo, Eka, Sunneng, Pito, Cimar, Katong, Maksim, Sopo, Turra, Canci, dan Tazwin** dan kawan-

kawan. Terimakasih selalu membantu Penulis selama menjalankan roda organisasi di KMF, tetap **"Satu Asa Nyala Bersama"**.

20. Penghuni **Maperwa FMIPA Unhas Periode 2021/2022**, I**slah (Sekretaris Maperwa), Gabe, Aidul, Callu', Rahman, Aris, Fhadli dan Sabran.** Terima kasih telah mengawal KM FMIPA Unhas
21. Kakak-kakak, teman-teman, dan adik-adik seiman di **GMKI Komisariat FMIPA Unhas**, terima kasih untuk doa, dukungan dan pengalaman rohaninya selama Penulis menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin.
22. **Kak Suri, Pace, Mace Gendut, Pak Haji, Pak Saleh, Pak Taufik, Pak Zul, Pak Husein, Pak Suwardi, Pak Mus, Pak Sangkala, Ibu Haji, Pak Dominggus, Pak Yos, Kanda Angga, Mace Lisa, Om-om Parkir, Tante, Pace, dan Mace TNR, Andika, Pak Iwan, Pak Ridho, Penjual Sawerigading, Warung Dian, Mas Budi, Mbak Tik, Warsis, Turin Outdoor, Nasi Kuning Pinrang, Nasi Kuning 5rb** dan orang-orang yang pernah saya temui selama berkuliah di Kampus Merah ini, terimakasih atas rokok, kopi, gorengan, pinjaman, nasi bungkus, bantuan, cerita, tawa, dan canda yang tak pernah terlupakan.
23. **Saudara Muh. Faqih Raihan,** yang telah membersamai selama kuliah hingga kebosanan pada saat Kerja Praktik.
24. **Saudara Dandung, Khalis, Gabe, Puat, Lambertus, Zahari, dan Tsaqif.** Terimakasih telah membersamai dan diakhir masa tua kita di kampus. Untuk **Puat dan Lambertus** mohon diingat kerja skripsinya.

25. **Pasukan Joget Koridor, Kak Ulla, Jimbo, Batlas, Lambertus, Gabe, Tara, Puat dan para penari latar yang sering "ditarik" untuk berjoget bersama.** Terimakasih atas keseruan yang hadir disetiap malam di Koridor, walaupun banyak masalah "Ana Bambong" dan "Jentago" adalah solusinya. Semoga ada kesempatan untuk bisa menggoyangkan koridor dikemudian hari.
26. Teman-teman **KKN TEMATIK DIKTI, Karin, Astrid, Esi, Fajar, Eki, Khusnul, Melsi, Rahman, dan Ghupa.** Terimakasih telah sama-sama mengabdi di Lakkang.
27. Terimakasih kepada **Zefa, Toktok, Tara, Pengurus HMGF Periode 2022/2023** yang telah ikut andil secara langsung dalam pengurusan skripsi Penulis.
28. **PPGT Jemaat Tamalate dan Klasis Makassar** yang telah menjadi tempat berproses dalam iman dan organisasi.
29. **KM FMIPA UNHAS, HIMAFI FMIPA UNHAS** dan **HMGF FMIPA UNHAS** sebagai tempat pulang atau rumah kedua penulis. Salam **"USE YOUR MIND BE THE BEST"** dan **"JAYALAH HIMAFI FISIKA NAN JAYA".**

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tentunya memiliki kekurangan, oleh karena itu Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Penulis maupun pembaca di masa mendatang.

Makassar, 13 Maret 2023
Penulis

Angga Sanda Bunga
H061171305

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI ii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI xiv
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR TABEL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Rumusan Masalah 3
I.3 Ruang Lingkup Penelitian 3
I.4 Tujuan Penelitian 4
BAB II TINAJAUN PUSTAKA 5
II.1 Geologi Regional Daerah Penelitian 5
II.2 Batuan 9
II.2.1 Batuan Induk 11
II.2.2 Batuan Perangkap 11
II.2.3 Batuan Penutup 12
II.3 Mineral 12
II.3.1 Jenis-Jenis Mineral 13
II.3.2 Mineral Pembentuk Batuan 13
II.4 Aspal Buton 15
II.5 Zat Pengotor 19
II.6 Karakterisasi 20
II.6.1 X-Ray Diffraction (XRD) 20
II.6.2 X-Ray Fluorescence (XRF) 22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 24
III.1 Lokasi Penelitian 24
III.2 Alat dan Bahan 24
III.2.1 Alat 24
III.2.2 Bahan 25
III.3 Prosedur Pengambilan Data 26

III.3.1 Pengambilan Sampel 26
III.3.2 Preparasi Sampel 26
III.3.3 Tahap Karakterisasi Sampel 27
III.4 Bagan Alir 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 30
IV.1 Hasil 30
IV.1.1 Metode XRF (*X-Ray Fluorescence)* 30
IV.1.2 Metode XRD (X-Ray Diffraction) 31
IV.2 Pembahasan 32
BAB V PENUTUP 37
V. 1 Kesimpulan 37
V. 2 Saran 37
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Geologi Pulau Buton (Sikumbang, 1995)..... 7
Gambar 2. 2 Urutan Stratigrafi Pulau Buton (Sikumbang, 1995) 8
Gambar 2. 3 Siklus Batuan (Sari, 2018)..... 10
Gambar 2. 4 Deret Bowen (Yuwono, 2012)..... 14
Gambar 2. 5 Kandungan Unsur Asbuton (Gaus, 2017)..... 17
Gambar 2. 6 Pemantulan Cahaya pada Bidang Kristal (Callister, 2007) 21
Gambar 2. 7 Proses difraksi sebagai akibat interferensi konstruktif (Callister, 2007) 22
Gambar 2. 8 Kiri : Alur kerja alat XRF, Kanan : Proses yang terjadi pada atom (Munasir, 2012) 23
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian dan Titik Pengambilan Sampel 24
Gambar 3. 2 Alat XRD (X-Ray Diffraction) di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) Fakultas MIPA Unhas..... 25
Gambar 3. 3 Alat XRF (X-Ray Flourescence) di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) Fakultas MIPA Unhas..... 25
Gambar 3. 4 Sampel asbuton dari Kec. Tondo (a) dan Kec. Sampolakosa (b) ... 26
Gambar 3. 5 Alat ayakan menggunakan ayakan ukuran 200 mesh..... 27
Gambar 3. 6 Sampel yang sudah di haluskan menggunakan mortar dan sudah diayak dengan ukuran 200 mesh..... 27
Gambar 3. 7 Bagan alir penelitian..... 29
Gambar 4. 1 Hasil Uji XRD 31

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Mineral Asbuton (Siswosoebrotho, 2005) 18
Tabel 2. 2 Kandungan Mineral Trinidad Lake Asphalt (Maharaj, 2009)..... 18
Tabel 2. 3 Kandungan Mineral Aspal Alam Iran (Mirhabibi dkk, 2001)..... 19
Tabel 4. 1 Hasil Uji XRF..... 30
Tabel 4. 2 Kandungan Zat Pengotor..... 34

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Aspal merupakan material perekat (*cementitious*) yang mempunyai warna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diklasifikasikan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam adalah aspal yang berasal dari suatu tempat di alam dan dapat langsung dimanfaatkan sebagaimana diperolehnya atau melalui sedikit proses pengolahan, sedangkan 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 atau asbuton (Saleh, 2021).

Aspal batu buton (asbuton) adalah aspal alam yang terdapat di Pulau Buton, jenisnya adalah jenis *rock asphalt*, yaitu batuan yang berafiliasi dengan minyak bumi. Batuan induknya adalah batugamping. Partikel asbuton terdiri dari mineral, bitumen dan air, berwarna hitam kecoklat-coklatan, porous (berpori) dan relatif ringan (Hamzah, 2001).

Lebih dari 90% dari seluruh panjang jalan yang ada di Indonesia menggunakan teknologi perkerasan lentur atau perkerasan beraspal. Untuk pemenuhan kebutuhan pembangunan dan pemeliharaan perkerasan beraspal setiap tahun harus impor aspal, padahal Indonesia memiliki aspal alam yang depositnya sangat melimpah (Nono, 2015).

Deposit aspal alam terbesar di Indonesia terdapat di Pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. Asbuton umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat

proses geologi. Beberapa sumber mengatakan bahwa deposit asbuton itu mencapai sekitar 200 juta ton, bahkan ada yang memperkirakan deposit nya itu sampai 600 juta ton (Affandi, 2008). Cadangan deposit asbuton yang besar ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk pembangunan, khususnya jalan baik dalam bentuk asbuton butir maupun asbuton cair (Nuryanto, 2009).

Seiring terus melonjaknya harga aspal minyak sejak 2002 lalu, maka penggunaan asbuton saat ini dinilai lebih murah dan efisien. Asbuton memiliki kelebihan, yaitu titik lelehnya lebih tinggi dari aspal minyak dan ketahanan asbuton yang cukup tinggi terhadap panas, sehingga membuatnya tidak mudah meleleh. Sesuai dengan keluarnya Peraturan Menteri PU No.35/2006, saat ini pemerintah juga bertekad untuk menggalakkan penggunaan aspal buton (asbuton) pada pekerjaan perbaikan, pembangunan dan peningkatan jalan (Menteri Pekerjaan Umum, 2006).

Metode XRF merupakan teknik analisis suatu bahan untuk mengetahui senyawa kimia dengan menggunakan peralatan spektrometer dari penyinaran sinar-X yang dihasilkan dari tabung X-Ray. Analisis menggunakan XRF akan menghasilkan suatu spektrum yang menunjukkan kandungan unsur-unsur pada tingkat energi tertentu serta memberikan informasi tentang presentase dari kandungan terhadap objeknya (Masrukan dan Rosika, 2008).

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan sebuah teknik analisis yang selalu digunakan dalam hal mengidentifikasi kemunculan fase kristal di dalam material-material sampel dan dalam bentuk bubuk. Mengkarakterisasi sifat-sifat struktur pada sampel uji dimana pada XRD memiliki prinsip kerja yaitu sinar-X merefleksikan atau memantulkan sinar kepada bidang-bidang atom kristal dari material sampel yang di

uji sehingga kita dapat mengkarakterisasi karakteristik pada sampel uji secara detail (Langi, dkk., 2020).

Pada studi sebelumnya oleh Saleh, 2021, tentang "Analisis karakteristik batuan perangkap aspal batu buton (asbuton) pada Blok Kabungka tambang c Kabupaten Buton Sulawesi Tenggara" menyatakan pemanfaatan material-material lain selain aspal pada batuan perangkap asbuton. Penelitian lain seperti *"Geochemical characteristics of the bituminous rock asphalt in Buton island, SE Sulawesi, Indonesia"* oleh Jamaluddin, dkk., 2017 yang menyatakan geokimia dari asbuton dalam kasus yang diangkat adalah identifikasi unsur logam pada asbuton. Jika ditelisik lebih dalam pada penelitian di atas, dapat diartikan ada unsur yang tidak diperlukan pada pemanfaatan asbuton atau bisa disebut zat pengotor dari suatu material. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi batuan asbuton dan kandungan zat pengotor pada asbuton menggunakan metode *X-Ray Fluoreccence* (*XRF)* dan *X-Ray Diffraction (XRD)*.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana komposisi unsur batuan asbuton menggunakan metode *X-Ray Fluoreccence* (*XRF*) di lokasi penelitian?
2. Bagaimana kandungan mineral asbuton menggunakan metode *X-Ray Diffraction (XRD)* di lokasi penelitian?
3. Bagaimana kandungan zat pengotor pada sampel?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi menggunakan data sekunder pada analisis sampel dengan

menggunakan metode XRD dan XRF untuk memperoleh data kualitatif dan kuantitif berupa tabel dan grafik dari komposisi unsur, kandungan mineral. Penelitian ini dilakukan di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Penelitian ini diharapkan meningkatkan nilai pemanfaatan asbuton dalam industri infrastuktur.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui komposisi unsur batuan batuan asbuton di lokasi penelitian
2. Mengetahui karakteristik kandungan mineral asbuton di lokasi penelitian.
3. Mengidentifikasi kandungan zat pengotor pada sampel

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

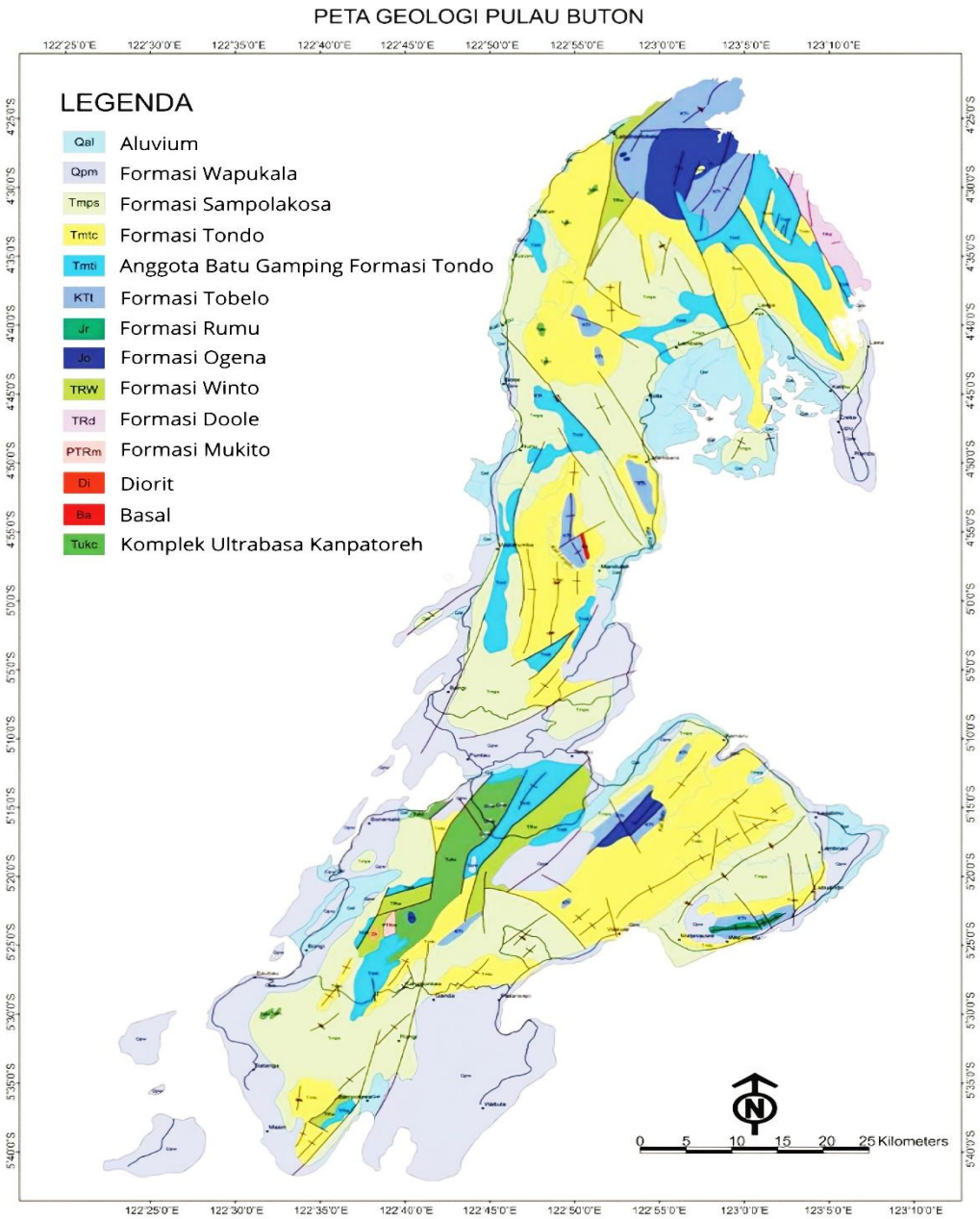
Jenis batuan yang ditemukan di Pulau Buton berfluktuasi secara signifikan sesuai dengan umur batuan yang berkisar dari Mesozoikum hingga Kuarter. Sebaran batuan Pra-Tersier terluas ditemukan di ujung utara Pulau Buton di wilayah Kalisusu dan selanjutnya di sekitar Aliran Air Mukito, Buton Selatan. Sementara itu, batuan Kuarter yang dipenuhi oleh satuan batugamping koral sebagian besar tersebar di bagian selatan dan bagian tengah Pulau Buton (Sikumbang, 1995).

Berdasarkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2, 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 runtuhan 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 kalsilutit, berlapis baik, bebas bahan daratan kaya radiolaria, tebal formasi antara 300-400 m,

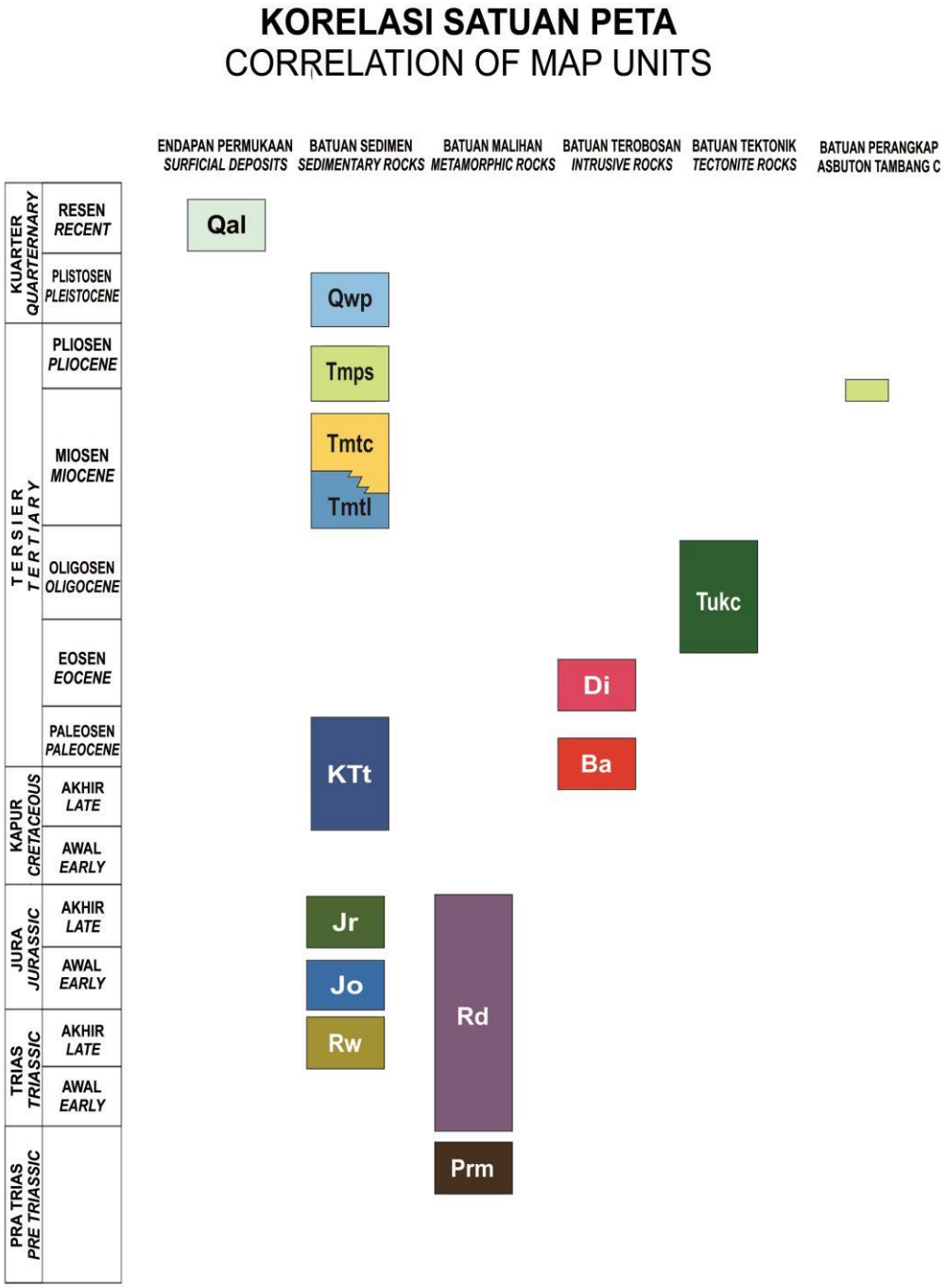
terendapkan pada lingkungan bathial dan berumur Kapur; Basalt (Ba); Diorit (Di) diperkirakan berumur Eosen; Kompleks Ultrabasa Kapantoreh (Tukc) tersusun oleh periodit, serpentinit, gabbro, setempat tergeruskan dan terbreksikan; Anggota Batugamping Formasi Tondo (Tmtl) tersusun oleh batugamping terumbu 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; 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 (Davidson, 1991).

Peristiwa tektonik pada anjungan Buton Tukangbesi setidaknya terjadi sebanyak tiga kali. Ketiganya turut berperan dalam pembentukan tatanan stratigrafi dan struktur di daerah ini. Struktur geologi yang berkembang terdiri dari antiklin, sinklin, sesar anjak, sesar normal dan sesar geser mendatar. Sesar utama yang terjadi umumnya mempunyai arah sejajar dengan arah memanjangnya tubuh batuan Pra Tersier dan sumbu cekungan sedimen Miosen. Kegiatan tektonik yang ada pada

Plio-Plistosen mengakibatkan terlipatnya kembali batuan yang lebih tua (Pra Pliosen) dan menggiatkan kembali sesar-sesar yang telah terbentuk sebelumnya (Sikumbang, 1995).



Gambar 2. 1 Peta Geologi Pulau Buton (Sikumbang, 1995)



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

Daerah Buton disusun oleh kelompok batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur Atas bahkan hingga Paleosen dan kelompok batuan Kenozoikum berumur Tersier dan Kuarter. Kelompok batuan Mesozoikum terdiri atas Formasi Winto, Formasi Ogena, Formasi Rumu dan Formasi Tobelo. Kelompok sedimen yang termasuk batuan Kenozoikum kemudian menutupi sebagian besar Pulau Buton terdiri atas Fomasi Tondo, Formasi Sampolakosa dan Formasi Wapulaka diendapkan pada Miosen Awal hingga Pliosen Akhir – Plistosen. Formasi Tondo dan Formasi Sampolakosa merupakan tempat endapan aspal di Pulau Buton. Sumber aspal yang ada di dalam kedua formasi tersebut diduga berasal dari Formasi Winto (Trias) dan dianggap sebagai formasi pembawa bitumen padat ke permukaan (Jamaluddin, 2018).

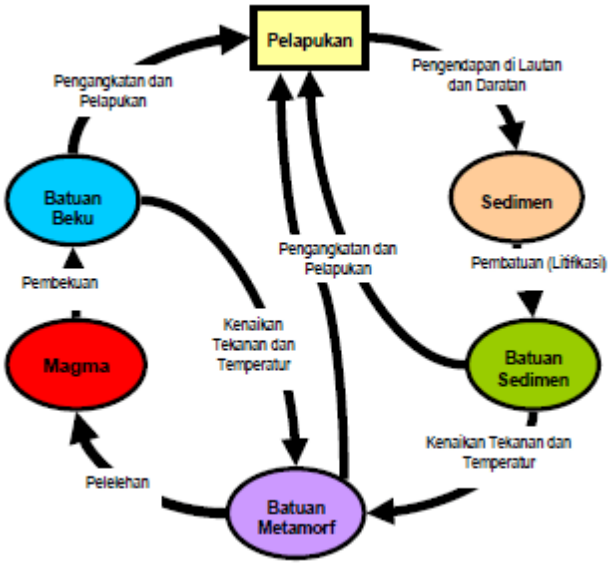
II.2 Batuan

Pengetahuan ilmu geologi didasarkan kepada studi terhadap batuan. Dengan ilmu geologi dapat diketahui proses batuan itu terbentuk, terubah, hingga batuan tersebut menempati bagian dari pegunungan, dataran-dataran di benua hingga di dalam cekungan dibawah permukaan laut.

Batuan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan malihan atau metamorfosis. Batuan dalam istilah geologi merupakan masa padat yang terdapat pada kumpulan satu atau lebih mineral sebagai pembentuk kerak bumi. Definisi mineral adalah suatu senyawa anorganik yang terbentuk secara alamiah, bersifat padat, serta mempunyai komposisi kimia dan struktur dalam tertentu (Sari, 2018).

Batu memiliki siklus sehingga jumlah batuan di bumi tidak akan habis. Siklus

batuan merupakan suatu proses yang menggambarkan perubahan dari magma yang membeku akibat pengaruh cuaca hingga menjadi batuan beku, kemudian sedimen, batuan sedimen dan batuan metamorf hingga akhirnya berubah menjadi magma kembali. Mekanisme siklus batuan dapat di lihat pada Gambar 2.3 yaitu magma mengalami proses siklus pendinginan, kemudian terjadi kristalisasi membentuk batuan beku pada siklus ini.



Gambar 2. 3 Siklus Batuan (Sari, 2018)

Ketika batu didorong jauh di bawah permukaan bumi, maka batuan dapat melebur menjadi magma. Kemudian batuan beku tersebut mengalami pelapukan, tererosi, terangkut dalam bentuk larutan ataupun tidak terlarut, terendapkan, sedimentasi membentuk batuan sedimen. Selain itu, terdapat batuan yang mengalami perubahan bentuk menjadi metamorf saat mengalami peningkatan suhu dan tekanan. Kemudian pada proses ini, batuan sedimen dapat mengalami perubahan baik secara kontak, *dynamo* dan hidrotermik akan mengalami perubahan bentuk dan menjadi metamorf. Siklus selanjutnya, batuan metamorf yang mencapai lapisan bumi yang

bersuhu tinggi, sehingga berubah lagi menjadi magma melalui proses magmatisasi. (Nauli, 2018).

II.2.1 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 (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).

II.2.2 Batuan Perangkap

Hidrokarbon berbentuk fluida/ larutan yang akan mengalir (bermigrasi) secara normal dan terjebak dalam suatu batuan reservoar. Batuan reservoar 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 ditunjukkan 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 (Hadiwisastra, 2009).

II.2.3 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 (Hadiwisastra, 2009).

II.3 Mineral

Kulit bumi paling luar atau kerak bumi disusun oleh zat padat yang sehari-hari disebut batuan. Batuan meliputi segala macam materi yang menyusun kerak bumi, baik padat maupun lepas seperti pasir dan debu. Umumnya batuan merupakan

campuran beberapa jenis mineral. Mineral adalah suatu zat (fasa) padat dari unsur (kimia) atau persenyawaan yang dibentuk oleh proses-proses anorganik, dan mempunyai susunan kimiawi tertentu dan penempatan atom-atom secara beraturan di dalamnya, atau dikenal sebagai struktur kristal (Carlile & Mitchell, 1994).

II.3.1 Jenis-Jenis Mineral

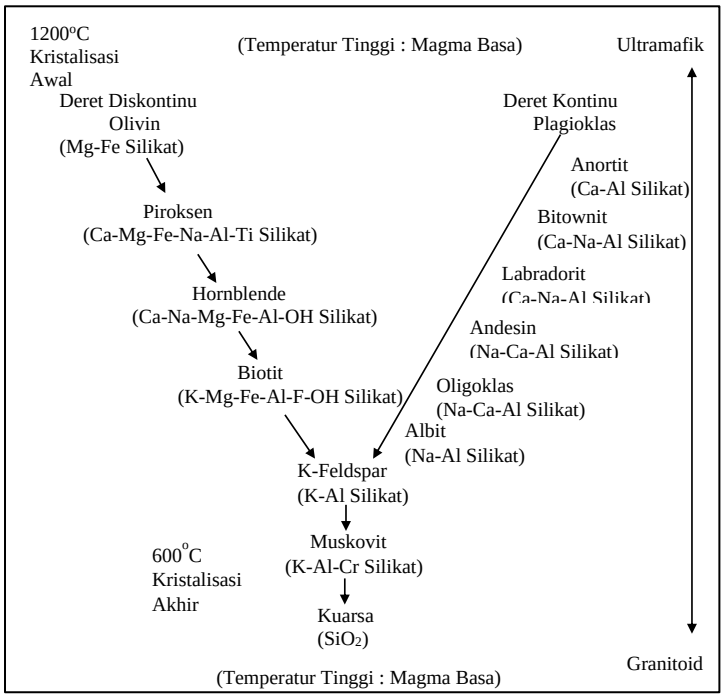
Jenis mineral yang menyusun kerak bumi sangat banyak bahkan lebih dari 4.000 jumlahnya. Bila dilihat dari susunan kimianya dapat dibagi menjadi sebelas golongan, yaitu: Elemen-elemen nativ, sulfida, halida, oksida dan hidroksida, karbonat, nitrat, tungsten dan molidan, phospat, arsenat dan vanadan, sulfat, borak dan silikat (Sudradjat, 2013).

II.3.2 Mineral Pembentuk Batuan

Batuan tersusun dari mineral-mineral utama, mineral pengiring sampai ke mineral sekunder. Mineral-mineral tersebut dapat digolongkan dalam dua golongan besar yaitu golongan mineral hitam atau mafik mineral contohnya hornblende, piroksin, olivin, dan banyak lagi, serta golongan mineral putih atau felsik mineral contohnya kuarsa, golongan feldspar contohnya batu granit, golongan feldspatoid dan lain-lainnya (Yuwono, 2012).

Proses pendinginan magma dimana magma itu tidak langsung membeku, tetapi mengalami penurunan temperatur secara perlahan bahkan mungkin cepat. Penurunan temperatur tersebut disertai mulainya pembentukan dan pengendapan mineral-mineral tertentu yang sesuai dengan temperaturnya. Pembentukan mineral dalam magma berdasarkan penurunan temperatur telah disusun oleh Bowen (Yuwono, 2012).

Deret Bowen merupakan deret kontinyu yang menggambarkan pembentukan mineral yang terbentuk secara berurutan, karena berubahnya temperatur magma secara konsisten seperti pada Gambar 2.4. Deret kontinyu mewakili pembentukan feldspar plagioklas yang dimulai dari anorthite yang merupakan mineral yang pertama kali terbentuk pada suhu yang tinggi yang kaya akan kalsium (Ca-feldspar, CaAlSiO) kemudian plagioklas akan bereaksi dengan sisa larutan magma bersamaan dengan turunnya suhu berlanjut reaksi dengan peningkatan bertahap dalam pembentukan natrium yang mengandung feldspar (Ca–Na-feldspar, CaNaAlSiO) sampai titik kesetimbangan tercapai pada suhu sekitar 900ºC. Saat magma mendingin dan Ca (kalsium) kehabisan ion, feldspar didominasi oleh pembentukan natrium feldspar (Na-Feldspar, NaAlSiO) hingga suhu sekitar 600ºC feldspar dengan hampir 100% natrium terbentuk sehingga terbentuk plagioklas yang kaya natrium.



Gambar 2. 4 Deret Bowen (Yuwono, 2012)

Demikian seterusnya reaksi ini berlangsung sampai semua kalsium dan sodium habis bereaksi. Karena mineral awal bereaksi secara terus – menerus maka plagioklas terus ikut bereaksi hingga akhirnya habis. Pada deret diskontinyu menggambarkan pembentukan mineral yang terbentuk secara tidak berurutan, tergantung dari komposisi kimia dan temperatur magma yaitu olivin, piroksen, amfibol, dan biotit. Pada deret diskontinyu mewakili formasi mineral ferro-magnesium silikat dimana satu mineral berubah menjadi mineral lainnya pada rentang temperatur tertentu dengan melakukan reaksi dengan sisa larutan magma. Pembentukan ini diawali dari mineral olivin yang merupakan satu-satunya mineral yang stabil pada atau di bawah 1800ºC. Apabila olivin dilanjutkan bereaksi dengan larutan sisa magma maka akan membentuk piroksen pada suhu sekitar 1100ºC, dimana pada penelitian ini terdapat Pigeonite dan Diopside yang termasuk dalam kelompok Klinopiroksen. Jika suhu menurun lagi sekitar 900ºC maka akan terbentuk Amfibol. Deret diskontinyu akan berakhir jika biotit telah mengkristal yaitu pada suhu 600ºC. Hal ini terjadi karena semua ferrum dan magnesium dalam larutan magma telah habis dipergunakan untuk membentuk mineral. Bila pendinginan yang terjadi terlalu cepat maka mineral yang telah ada tidak akan bereaksi seluruhnya dengan sisa magma sehingga akan terbentuk rim (selubung) yang tersusun dari mineral yang terbentuk setelahnya (Wulandari, 2014).

II.4 Aspal Buton

Indonesia memiliki aspal alam yang berada di Pulau Buton berupa aspal gunung, terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Batu Buton). Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal atau bitumen. Bitumen merupakan hidrokarbon rantai panjang

yang ditemukan dalam bentuk cairan sangat kental ataupun padatan pada suhu kamar (25°C), berwarna hitam, dan menunjukkan sifat *thermoplastic*, yakni menjadi encer ketika dipanaskan, namun kembali mengeras seiring dengan pendinginan. Bitumen tergolong perekat dan *waterproofing agent* yang baik, dan memiliki ketahanan yang baik terhadap reaksi oksidasi.

Deposit Asbuton membentang dari Kecamatan Lawele hingga Sampolawa. Cadangan deposit berkisar 200 juta ton dengan kadar aspal bervariasi antara 10 sampai 35% aspal (Saleh, 2021).

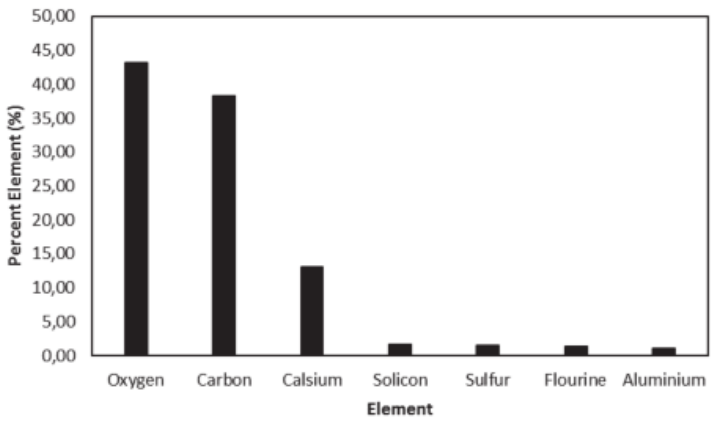
Aspal buton terdiri dari kandungan bitumen dan mineral. Pada prinsipnya, bitumen mengandung tiga komponen penting yang mempengaruhi karakterisitk bitumen tersebut, yaitu *asphaltene*, resin dan minyak (Huat, 2020).

Menurut Departemen PU (2006), asbuton adalah aspal alam yang terdapat di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton umumnya terbentuk secara alami akibat proses geologi. Asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup di antara batuan yang berpori.

Proses dari terbentuknya asbuton hingga rembesan minyak bumi mampu muncul ke permukaan bumi sampai saat ini masih terus diteliti oleh para ahli. Kejadian tektonik yang kompleks di daerah Sulawesi terutama di lengan bagian tenggara, turut berperan dalam proses kejadian aspal tersebut. Secara umum, asbuton dipengaruhi oleh adanya aktivitas tektonik terhadap minyak bumi yang diduga semula terkandung dalam batuan induk, kemudian bermigrasi melalui dasar dan menyatu dengan batuan sekitarnya, yaitu batu gamping dan batu pasir. Proses migrasi yang berjalan lambat mengakibatkan fraksi ringan dari minyak bumi

menguap sedangkan fraksi berat bersatu dengan batuan yang dilewati dan membentuk aspal alam Buton (Agus, 2006 dalam Suyanto, 2013).

Pada Gambar 2.5 diperlihatkan presentasi unsur yang terkandung dalam asbuton. Kandungan kalsium dalam asbuton merupakan unsur dengan persentase yang cukup besar. Hal ini terjadi karena asbuton terbentuk dari fosil yang berasal dari tumbuhan dan hewan yang telah membatu selama ribuan tahun (Gaus, 2017).



Gambar 2. 5 Kandungan Unsur Asbuton (Gaus, 2017)

Sebagaimana yang terlihat sekarang asbuton itu berupa lapisan-lapisan yang terdiri dari aspal dan butiran mineral yang sudah menyatu. Bila lapisan itu digali kemudian didapat bongkahan-bongkahan asbuton maka asbuton itu tetap merupakan kesatuan antara bitumen dan butiran-butiran mineral tersebut, bahkan bila dihancurkan sampai ukuran yang kecil pun tetap bitumen dan butiran mineral tersebut masih tetap menyatu. Proporsi bitumen dan mineral pada asbuton ini berkisar sekitar 15%-30% aspal dan mineral sekitar 85% sampai 70% (Affandi, 2008). Dalam asbuton di daerah Lawele dan Kabungka didominasi oleh $CaCO_3$ atau kalsium karbonat dimana ini adalah penyusun batugamping. Batugamping sendiri adalah batuan perangkap dari asbuton sekaligus batuan penyusun sebagian besar wilayah Pulau

Buton. (Sikumbang, 1995).

Tabel 2. 1 Kandungan Mineral Asbuton (Siswosoebrotho, 2005)

Mineral	Persentase (%)	
	Lawele	Kabungka
$CaCO_3$	72.90	86.66
$MgCO_3$	1.28	1.43
$CaSO_4$	1.94	1.11
CaS	0.52	0.36
H_2O	2.94	0.99
SiO_2	17.06	5.64
Al_2O_3+Fe_2O_3	2.31	1.52
LOI	1.05	0.96

Selain asbuton, aspal alami yang dikenal dunia adalah *Trinidad Lake Asphalt (TLA)*. Aspal alami ini terbentuk secara alami membentuk sebuah danau seluas 100 are yang terletak di pulau Trinidad, Hindia Barat. Bahan dasarnya terdiri dari campuran bitumen, air dan bahan mineral yang sangat halus. TLA terkenal karena sifat, stabilitas, dan daya tahannya yang konsisten, dan banyak digunakan untuk aplikasi jembatan dan bandara di mana diperlukan permukaan dengan stabilitas tinggi (Maharaj, 2009).

Tabel 2. 2 Kandungan Mineral Trinidad Lake Asphalt (Maharaj, 2009).

Mineral	Persentase (%)
SIO_2	76.04
Al_2O_3	6.43
Fe_2O_3	2.70
CaO	6.34

Endapan aspal alam Iran terletak di sabuk lipat Zagros, dengan arah SE-NW. Endapan ini telah tersingkap di banyak tempat dan belum ada program eksplorasi yang sistematis untuk menilai potensi ekonominya. Dalam studi terbaru karakterisasi aspal alam dari provinsi Kermanshah telah mengungkapkan bahwa gilisonit adalah salah satu konstituen utama deposit aspal alam Iran.

Tabel 2. 3 Kandungan Mineral Aspal Alam Iran (Mirhabibi dkk, 2001).

Unsur		Mineral
Major	Minor	
Ca, S, Si	Fe, V, Ti, Al, Cl, Mn, Ni, Mo, Sr	*Quartz, Calcite, Gypsum, Anhydrite, Hematite*

Campuran aspal adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas.

II.5 Zat Pengotor

Aspal yang ada di Pulau Buton mengandung banyak pengotor berupa padatan, seperti Ca, Mg, Si, Fe, dan lain-lain (Siswosoebrotho, 2005). Asbuton tersusun dari bitumen (aspal murni/*asphaltene*) dengan mineral yang tercampur secara alami, dimana mineral-mineral itu sebagian besar terdiri dari kapur yang mengakibatkan asbuton bersifat higroskopis dimana kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari lingkungannya dengan baik dan membawa dampak kurang baik terhadap konstruksi jalan (dimana kandungan air maksimum 10% dalam konstruksi jalan) (Rumanto, 1989).

Menurut Affandi (2011), zat pengotor yang terkandung dalam asbuton pada dasarnya tidak perlu dihilangkan ataupun dikurangi hingga satu persen karena memberikan kinerja aspal yang sama dengan asbuton yang sudah diekstraksi menjadi aspal murni. Kadar mineral yang terkandung dalam asbuton dapat diperhitungkan sebagai bagian mineral dari agregat atau bahan campuran. Pengurangan mineral dalam asbuton dapat disesuaikan dengan kebutuhan hasil produk asbuton yang diinginkan.

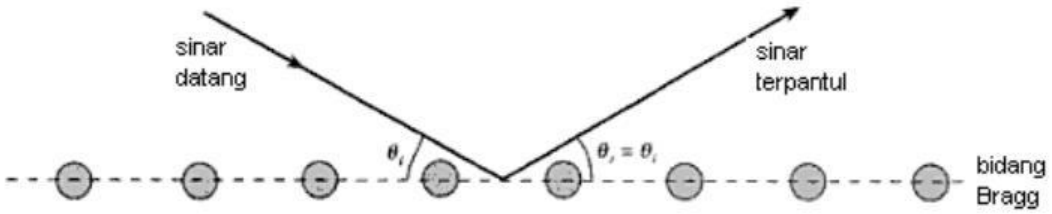
II.6 Karakterisasi

II.6.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Metode difraksi sinar-X (XRD) didasarkan pada interferensi konstruktif sinar-X monokromatik dalam sampel kristal. Zat kristal yang mengandung jaringan atom dapat mendifraksi sinar-X yang datang dan menghasilkan pola interferensi. Pola yang dihasilkan dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang struktur atom atau molekul bahan tersebut, dan identitas fasa. XRD adalah teknik yang cepat dan kuat untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bahan, itu umum digunakan di banyak departemen penelitian geosains dan ilmu fisika dan digunakan secara luas dalam industri. Ini membutuhkan persiapan sampel minimum dan interpretasi data yang dihasilkan biasanya langsung. Penggunaan utama XRD dalam geologi adalah untuk mengidentifikasi mineral yang ada dalam sampel dan mengukur proporsi relatifnya dalam campuran. Namun, ada beberapa aplikasi lain yang dapat membantu dalam mengkarakterisasi struktur kristal suatu mineral (Alderton, 2021). Secara sederhana, prinsip kerja dari XRD dapat dijelaskan sebagai berikut. 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 (Alderton, 2021).

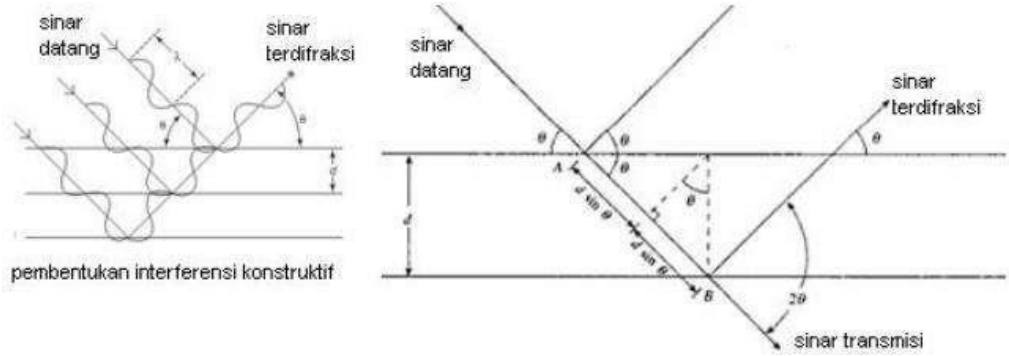
Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya sidik jari yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda (Alderton, 2021).

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 energi sehingga menghasilkan pantulan elastis atau *elastic scattering*. Bragg menunjukan bahwa bidang yang berisi atom-atom di dalam kristal akan memantulkan radiasi dengan cara yang sama persis dengan peristiwa pemantulan cahaya di bidang cermin (Callister, 2007).



Gambar 2. 6 Pemantulan Cahaya pada Bidang Kristal (Callister, 2007)

Jika sinar datang mengenai bidang yang tersusun secara paralel dan berjarak d satu sama lain maka terdapat kemungkinan bahwa sinar-sinar datang akan dipantulkan kembali oleh bidang dan saling berinterferensi secara konstruktif sehingga menghasilkan penguatan terhadap sinar pantul dan menyebabkan terjadinya difraksi seperti terlihat pada Gambar 2.7 (Callister, 2007)



Gambar 2. 7 Proses difraksi sebagai akibat interferensi konstruktif (Callister, 2007)

Pada panjang gelombang lintasan berkas cahaya yang menggunakan persamaan Hukum Bragg :

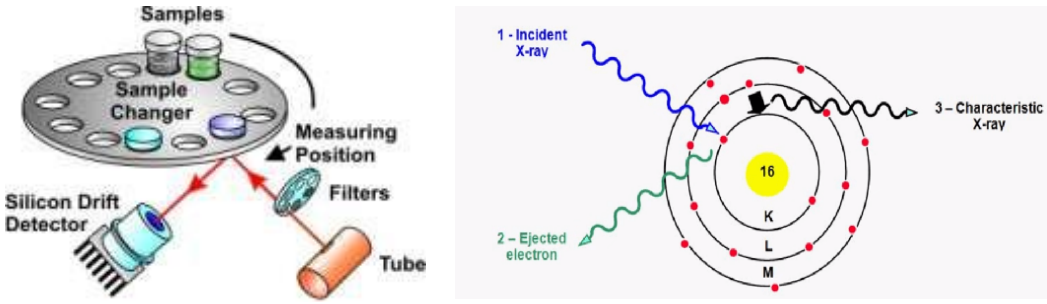
$$\lambda_{AB} = 2d \sin\theta \qquad 2.1$$

dengan λ_{AB} adalah panjang gelombang dan d adalah jarak antara bidang kristal. 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 (Callister, 2007).

II.6.2 X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efekfotolistrik. Efekfotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan

elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X. Skematik proses identifikasi dengan XRF tampak pada Gambar 2.8 (Munasir, 2012).



Gambar 2. 8 Kiri : Alur kerja alat XRF, Kanan : Proses yang terjadi pada atom (Munasir, 2012)

Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal dengan spektrum sinar-X karakteristik. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat masif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas ditangkap oleh oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi) (Munasir, 2012).