

**PENGEMBANGAN MODUL LOGAM TANAH JARANG
PADA PRODI PENDIDIKAN KIMIA UIN AR-RANIRY
BANDA ACEH**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

HANUM MUZIATUN

NIM. 180208018

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Kimia**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/1444 H**

**PENGEMBANGAN MODUL LOGAM TANAH JARANG
PADA PRODI PENDIDIKAN KIMIA UIN AR-RANIRY
BANDA ACEH**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) Universitas Islam
Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh Sebagai Beban Studi Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Oleh:

HANUM MUZIATUN

NIM. 180208019

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Kimia

Disetujui Oleh:

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Pembimbing I,



Adean Mayasri, M.Sc.
NIP. 199203122018012002

Pembimbing II,



Safrijal, M.Pd.
NIDN. 2004038801

**PENGEMBANGAN MODUL LOGAM TANAH JARANG PADA PRODI
PENDIDIKAN KIMIA UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
serta Diterima sebagai Salah satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 27 Desember 2022 M
3 Jumadil Akhir 1444 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua



Adnan Mavasri, M.Sc
NIP. 199203122018012002

Sekretaris



Safrizal, M.Pd
NIDN. 2004038801

Penguji I,



Muslihar Yulian, M.Si
NIP. 198411302006041002

Penguji II



Haris Munandar, M.Pd
NIDN. 1336038801

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri
Ar-Raniry, Lingsar Banda Aceh



Prof. Safrul Huda, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D.

NIP. 197301021997031003

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanum Muziatun
NIM : 180208018
Prodi : Pendidikan Kimia
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan
Judul Skripsi : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 27 Desember 2022

Yang Menyatakan,



Hanum
Hanum Muziatun
NIM. 180208018

ABSTRAK

Nama : Hanum Muziatun
NIM : 180208018
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan / Pendidikan Kimia
Judul : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Tebal Skripsi : 150 halaman
Pembimbing I : Adean Mayasri, M.Sc
Pembimbing II : Safrijal, M.Pd
Kata Kunci : Pengembangan, Modul, Logam Tanah Jarang

Pengembangan modul logam tanah jarang dilatarbelakangi dari mahasiswa pendidikan kimia yang mengalami kendala dalam mempelajari materi logam tanah jarang seperti referensi jurnal, modul atau buku yang sulit didapat karena kebanyakan referensi berbahasa Inggris sehingga membuat mahasiswa kesulitan dalam mempelajari materi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana pengembangan modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa pendidikan kimia angkatan 2020 yang telah mempelajari materi logam tanah jarang pada mata kuliah Kimia Anorganik II yang berjumlah 25 orang. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan R&D dengan model ADDIE, yang teknik pengumpulan datanya dengan analisis kebutuhan, validasi ahli dan angket respon mahasiswa. Hasil penelitian yang diperoleh dari validator modul dari aspek media, materi dan bahasa sebesar 93,51 % dengan kategori sangat valid. Hasil implementasi modul kepada mahasiswa menggunakan angket respon diperoleh persentase sebesar 88% dengan kategori sangat setuju. Berdasarkan hasil data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa modul logam tanah jarang sangat valid digunakan di Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

KATA PENGANTAR



Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan baik. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa manusia dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Alhamdulillah dengan petunjuk dan hidayah-Nya penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh”. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat meraih gelar sarjana (S1) pada Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Selama proses penyelesaian skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu, melalui tulisan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof Safrul Muluk, S.Ag., M.Ed., Ph.D, sebagai Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, wakil Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan beserta seluruh stafnya.
2. Bapak Dr. Mujakir, M.Pd.Si sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Kimia dan Ibu Sabarni, M.Pd sebagai sekretaris Program Studi Pendidikan Kimia beserta seluruh staf pengajar Program Studi Pendidikan Kimia.

3. Ibu Adean Mayasri, M.Sc selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Safrijal, M.Pd selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Muammar Yulian, M.Si, Bapak Muslem, M.Sc dan Ibu Khairun Nisah, M.Si yang telah bersedia meluangkan waktu untuk menjadi validator modul Logam Tanah Jarang.
6. Keluarga tercinta yang telah banyak memberikan doa, ridho keberkahan, dukungan dan kasih sayang yang tiada henti untuk setiap langkah peneliti sampai sekarang.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun untuk mencapai kesempurnaan skripsi ini.

Banda Aceh, 27 Desember 2022
Penulis

Hanum muziatun
NIM. 180208018

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPEL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Defenisi Operasional.....	4
BAB II : KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Penelitian Pengembangan (R&D).....	6
B. Bahan Ajar	12
C. Modul.....	15
D. Logam Tanah Jarang.....	18
E. Penelitian yang Relavan.....	24
BAB III : METODE PENELITIAN.....	27
A. Rancangan Penelitian.....	27
B. Lokasi Penelitian.....	30
C. Subjek Penelitian	30
D. Instrumen Pengumpulan Data.....	30
E. Teknik Pengumpulan Data.....	32
F. Teknik Analisis Data.....	32
BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	36
A. Hasil Penelitian	36
B. Pembahasan.....	55
BAB V : PENUTUP	59
A. Kesimpulan	59
B. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN-LAMPIRAN	65



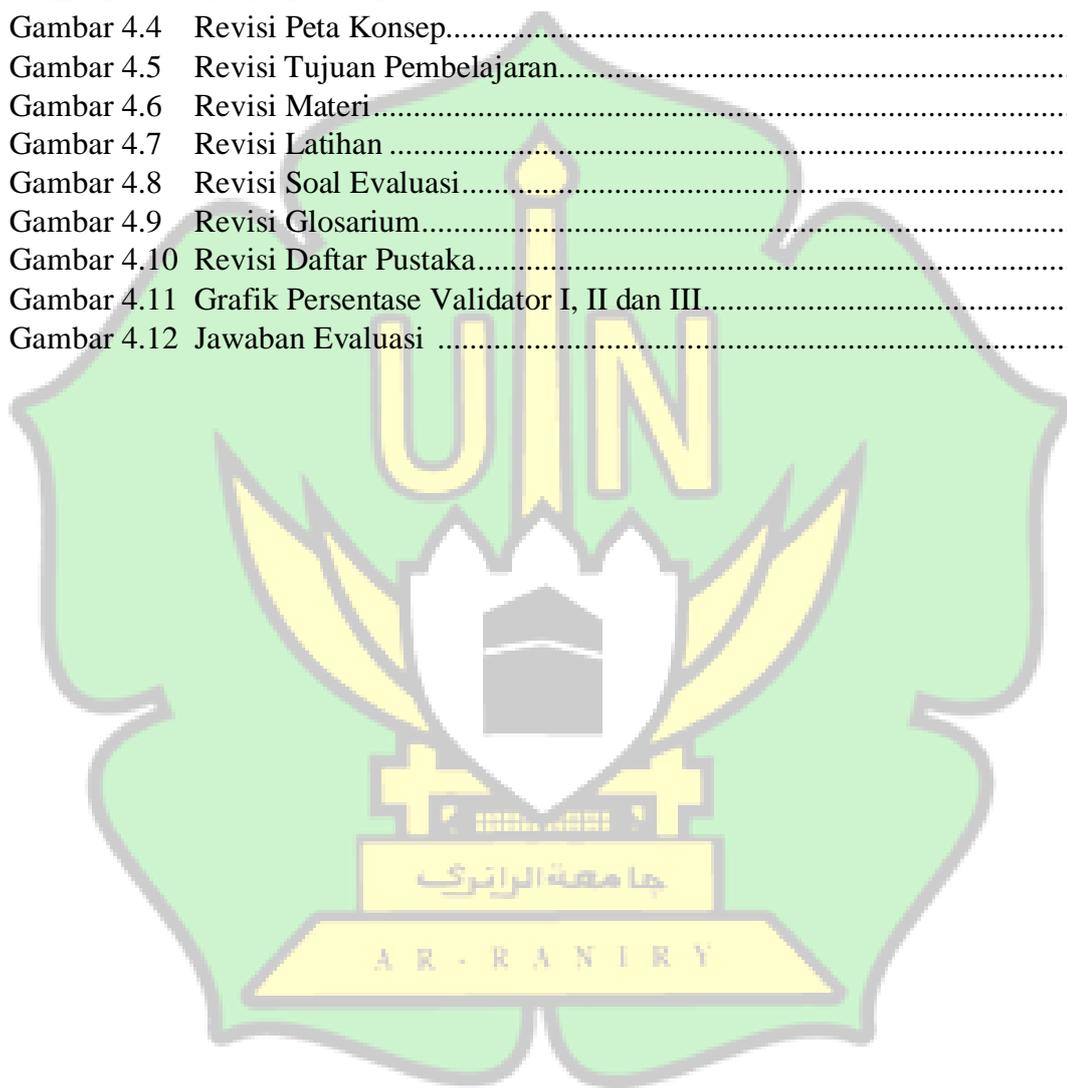
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pedoman Penilaian Skor	34
Tabel 3.2 Penilaian Kelayakan dari Tim Ahli.....	35
Tabel 3.3 Penilaian Respon Mahasiswa.....	35
Tabel 4.1 Hasil Validasi oleh Validator I, II dan III.....	47
Tabel 4.2 Hasil Revisi Modul dari Validator.....	50
Tabel 4.3 Angket Respon Mahasiswa.....	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Periodik Unsur (Logam Tanah Jarang)	20
Gambar 3.1	Skema Model pengembangan	28
Gambar 4.1	Revisi Cover atau Sampul Modul	38
Gambar 4.2	Revisi Kata Pengantar	39
Gambar 4.3	Revisi Daftar Isi	40
Gambar 4.4	Revisi Peta Konsep.....	41
Gambar 4.5	Revisi Tujuan Pembelajaran.....	42
Gambar 4.6	Revisi Materi	44
Gambar 4.7	Revisi Latihan	45
Gambar 4.8	Revisi Soal Evaluasi.....	45
Gambar 4.9	Revisi Glosarium.....	46
Gambar 4.10	Revisi Daftar Pustaka.....	46
Gambar 4.11	Grafik Persentase Validator I, II dan III.....	50
Gambar 4.12	Jawaban Evaluasi	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Keputusan Dekan Tentang Pembimbing Skripsi	65
Lampiran 2	Surat Izin Melakukan Penelitian Dari Fakultas.....	66
Lampiran 3	Surat Keterangan telah melakukan Penelitian dari Prodi Pendidikan Kimia.....	67
Lampiran 4	Rencana Pembelajaran Semester (RPS) Kimia Anorganik II	68
Lampiran 5	Lembar Validasi Instrumen	70
Lampiran 6	Lembar Angket Analisis Kebutuhan Mahasiswa	72
Lampiran 7	Lembar Validasi Instrumen Modul.....	74
Lampiran 8	Hasil Validasi Oleh Validator I	78
Lampiran 9	Surat Pernyataan Keaslian Validasi.....	82
Lampiran 10	Hasil Validasi Oleh Validator II.....	83
Lampiran 11	Surat Pernyataan Keaslian Validasi.....	87
Lampiran 12	Hasil Validasi Oleh Validator III.....	88
Lampiran 13	Lembar Validasi Angket Respon Mahasiswa.....	92
Lampiran 14	Angket Respon Mahasiswa	95
Lampiran 15	Soal Evaluasi	97
Lampiran 16	Dokumentasi.....	98
Lampiran 17	Tampilan Modul Logam Tanah jarang.....	99
Lampiran 18	Daftar Riwayat Hidup.....	138



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bahan ajar adalah alat atau sarana yang digunakan guru dalam pembelajaran yang memuat tentang materi pembelajaran, batasan-batasan, metode dan cara mengevaluasi yang dibuat dengan semenarik mungkin dan sistematis untuk mencapai kompetensi pembelajaran yang dituju.¹ Bahan ajar yang variatif adalah bahan ajar yang dapat memanfaatkan sumber belajar yang tersedia di lingkungan dan dapat dijangkau oleh guru maupun peserta didik. Bahan ajar yang kreatif dan inovatif harus bisa membangkitkan motivasi belajar peserta didik, memperluas pengetahuan dan bisa dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.²

Berdasarkan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) salah satu materi kimia yaitu golongan lantanida atau logam tanah jarang terdapat pada mata kuliah Kimia Anorganik II. Golongan lantanida adalah salah satu golongan yang terdapat pada sistem periodik unsur. Dalam sistem periodik unsur, biasanya mahasiswa lebih banyak mempelajari golongan utama, dari golongan I A sampai VIII A, lalu golongan transisi dari III B sampai II B. Selain golongan utama, didalam sistem periodik unsur terdapat golongan lantanida atau disebut logam tanah jarang.

Berdasarkan hasil angket analisis kebutuhan dari mahasiswa angkatan 2020 Prodi Pendidikan Kimia pada 2 Maret 2022 menunjukkan bahwa selama perkuliahan, materi logam tanah jarang atau golongan lantanida masih jarang

¹ Chomsin, S. Widodo dan Jasmadi, *Paduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*, (Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2008), h.40

² Novia Usman, "Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia Berbasis Al-Quran pada materi Koloid di SMAN 12 Banda Aceh", Skripsi, (Banda Aceh: UIN Ar-Raniry, 2017), h.1.

dipelajari oleh mahasiswa. Pada Program Studi Pendidikan Kimia materi logam tanah jarang dipelajari pada mata kuliah Kimia Anorganik II. Menurut mahasiswa referensi berupa jurnal, buku dan modul yang sulit didapat juga menjadi kendala bagi mahasiswa dikarenakan sebagian besar referensi materi logam tanah jarang berbahasa Inggris. Pada masa perkuliahan tahun 2020, pembelajaran mata kuliah Kimia Anorganik II terkendala oleh pandemi yang menyebabkan perkuliahan berlangsung secara daring, sehingga mahasiswa terbatas dalam mempelajari materi golongan lantanida.

Rare Earth Element (REE) atau logam tanah jarang (LTJ) merupakan kumpulan 17 unsur kimia yang terdapat pada tabel periodik unsur, 15 unsur pada kelompok lantanida ditambah unsur Yttrium (Y) dan Scandium (Sc). Unsur-unsur lantanida terdiri dari Lantanum (La), Cerium (Ce), Praseodimium (Pr), Neodimium (Nd), Prometium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Tulium (Tm), Ytterbium (Yb), Lutetium (Lu),³

Berdasarkan hasil angket analisis kebutuhan diatas, peneliti ingin mengembangkan sebuah produk berupa modul untuk memudahkan mahasiswa dalam mempelajari materi logam tanah jarang. Menurut Sihotang (2022) bahwa adanya peningkatan hasil belajar setelah diberi tindakan penggunaan modul.⁴

³ Yuhelda. *Pengolahan dan Pemanfaatan Rare Earth Element*. (Jakarta: Pusat Survei Geologi, Badan geologi, 2020), h.2

⁴ Ijah Mulyani Sihotang dan Cahaya, "Penggunaan Modul Sebagai Bahan Ajar dalam Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Akuntansi", *Liabilities Jurnal Pendidikan Akuntansi*, 2022, Vol. 5, No. 1, h. 80.

Menurut Sukiman (2013) modul merupakan bagian kesatuan belajar yang terencana terencana yang terancang untuk membantu peserta didik secara individual dalam mencapai tujuan belajar.⁵ Berdasarkan latar belakang masalah diatas peneliti ingin melakukan penelitian yang berjudul **“Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengembangan modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan pengembangan modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Manfaat secara teoritis

Penelitian ini diharapkan bermanfaat dan dapat menambah wawasan tentang logam tanah jarang.

⁵ Sukiman, *Pengembangan Media Pembelajaran*, (Yogyakarta: Pedagogik, 2013), h.131.

2. Manfaat secara praktis

a. Bagi dosen

Modul ini dibuat dengan harapan bisa menjadi referensi tambahan bagi dosen.

b. Bagi mahasiswa

Penelitian ini dapat memberikan informasi dan wawasan lebih kepada mahasiswa tentang tentang logam tanah jarang dan memberikan tambahan referensi materi berupa modul logam tanah jarang.

c. Bagi peneliti

Penelitian ini dapat memberikan informasi dan wawasan lebih kepada peneliti tentang logam tanah jarang.

E. Definisi Operasional

Defenisi operasional bertujuan untuk mempermudah pembaca dalam memahami istilah-istilah dan isi tulisan agar tidak ada kesalahpahaman, berikut istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Pengembangan merupakan suatu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.⁶
2. ADDIE merupakan proses pengembangan yang terdiri dari lima tahap, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi.

⁶ Sugiyono, *Metode Penelitian dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2015), hal. 407.

3. Logam tanah jarang merupakan sumber material yang penting dari abad ke-21, banyak digunakan sebagai penunjang hidup modern seperti mobil listrik, perangkat identifikasi kesehatan (MRI, X-ray, Scanner, dll).⁷
4. Modul merupakan bahan ajar cetak yang disusun secara sistematis dan terstruktur dengan bahasa yang mudah dipahami oleh peserta didik sesuai tingkat pemahaman dan pengetahuan serta usia mereka, agar mereka dapat belajar sendiri (mandiri) dengan bantuan atau bimbingan dari pendidik.⁸
5. Bahan ajar merupakan alat atau sarana yang digunakan guru dalam pembelajaran yang memuat tentang materi pembelajaran, batasan-batasan, metode dan cara mengevaluasi yang dibuat dengan semenarik mungkin dan sistematis untuk mencapai kompetensi pembelajaran yang dituju.⁹

⁷ Suganal, dkk, "Identifikasi Keterdapatan Unsur Logam Tanah Jarang dalam Abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin, Sumatera Barat", *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 2018, Vol.14, No.2, h.111.

⁸ Andi Prastowo, *Panduan Kreatif membuat Bahan Ajar Inovatif*, (Yogyakarta: Diva Press, 2015), h.106.

⁹ Chomsin, S. Widodo dan Jasmadi, *Paduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*, (Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2008), h.40

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Pengembangan (R&D)

Pengembangan adalah teknologi dan kegiatan ilmu pengetahuan yang bertujuan memanfaatkan kaidah dan teori ilmu pengetahuan yang telah terbukti kebenarannya untuk meningkatkan manfaat, fungsi dan aplikasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah ada, atau menghasilkan teknologi baru.¹⁰

Penelitian pengembangan adalah penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk atau menyempurnakan produk yang sudah ada dan menguji keefektifan atau kelayakan produk tersebut. Produk yang telah dikembangkan diharapkan dapat bermanfaat bagi pendidikan, peserta didik dan masyarakat luas. Sebelum suatu produk digunakan dilakukan penelitian untuk melihat keefektifan atau kelayakan produk tersebut. Penelitian pengembangan akan menghasilkan suatu produk seperti modul, LKPD, buku dan lainnya.¹¹

Dalam penelitian pengembangan terdapat beberapa model, diantaranya yaitu 4D, 3D, ADDIE.

1. 4D

Model 4D atau thiagarajan merupakan salah satu model penelitian dan pengembangan. Model 4D atau thiagarajan dikembangkan oleh S. Thiagaran, Melvyn I. Semmel dan Dorothy S. Semmel pada tahun 1974. Model 4D terdiri

¹⁰ Republik Indonesia, Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2002, Lembaran Negara Tahun 2002 No. 18, Tambahan lembaran Negara Republik Indonesia No.4219.

¹¹ Budiyo Saputra, *Manajemen Penelitian Pengembangan*, (Yogyakarta: Aswaja Pressindo,2011),h.8.

dari 4 tahapan yaitu define (pendefinisian), design (perancangan), develop (pengembangan) dan disseminate (penyebaran).¹²

a. Define (pendefinisian)

Pada tahap define dilakukan kegiatan analisis kebutuhan. Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui mempelajari literatur dan analisa terhadap penelitian terdahulu.

b. Design (perancangan)

Pada tahap design, ada empat tahap yang harus dilalui, yaitu menyusun tes acuan kriteria (penyusunan standar tes), pemilihan media, pemilihan format dan desain awal.

c. Develop (pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan tahap untuk menghasilkan sebuah produk. Tahap develop atau pengembangan terdiri dari penilaian ahli yang disertai revisi dan pengujian pengembangan.

d. Disseminate (penyebaran)

Tahap disseminate atau penyebaran dilakukan untuk mempromosikan produk yang telah dikembangkan yang diterima oleh individu atau kelompok.

2. 3D

3D adalah model pengembangan dengan 3 tahapan yaitu decide, design, develop, evaluate. Model ini dikemukakan oleh Ivers dan Barron pada tahun 2002.

¹² Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, *Mengenal Metode Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model 4D*. (Medan: Universitas Medan Area, 2022)

a. Decide

Pada tahap *decide* dilakukan menentukan tujuan, menentukan materi dan melakukan penelitian awal. Pada tahap ini dapat diperoleh dari wawancara, angket atau observasi.

b. Design

Pada tahap *design* yang dilakukan adalah membuat *flowchart*, mendesain tampilan dan membuat *storyboard*. Pada tahap ini peneliti mulai merancang tampilan awal dari tata letak gambar, warna, huruf yang disesuaikan dengan tujuan, materi dan tema media yang diinginkan.

c. Develop

Pada tahap *develop* bertujuan untuk menghasilkan produk. Pada tahap ini digabung antar video, teks, gambar, animasi yang sudah terlebih dahulu didesain.

d. Evaluate

Pada tahap evaluasi dilakukan penilaian pada setiap tahap *decide*, *design* dan *develop*.

3. Model ADDIE

Model ADDIE merupakan salah satu model pengembangan yang terdiri dari lima tahap, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi. Dalam penelitian ini peneliti memakai model ADDIE. Kelebihan model ADDIE dibanding model lainnya adalah adanya tahap evaluasi di setiap tahapan sehingga

dapat meminimalisir kekurangan dan kesalahan produk pada tahap akhir.¹³

Berikut tahapan model ADDIE:

a. Analisis

Pada tahap analisis, kegiatannya adalah menganalisis perlunya pengembangan bahan ajar dalam tujuan pembelajaran, berikut beberapa analisis yang dilakukan pada tahap analisis:

1) Analisis kinerja

Pada tahapan ini, mulai dimunculkan masalah dasar yang dihadapi dalam pembelajaran.

2) Analisis siswa

Analisis siswa merupakan kegiatan mengkaji atau menelaah karakteristik siswa berdasarkan pengetahuan, keterampilan dan perkembangannya. Analisis siswa bertujuan untuk mengetahui berbagai macam tingkat kemampuan siswa. Hasil analisis siswa berkaitan dengan kemampuan berpikir kritis dan kreatifitas yang dapat dijadikan gambaran dalam pengembangan bahan ajar dalam pembelajaran.

a) Karakteristik siswa berkaitan dengan pembelajaran.

b) Pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki oleh siswa berkaitan dengan pembelajaran.

c) Kemampuan berpikir atau kompetensi yang perlu dimiliki oleh siswa dalam pembelajaran.

¹³ Tegeh, I Made. *Model Penelitian Pengembangan*, (Singaraja: Yoyakarta Graha Ilmu, 2014), h.41.

d) Pengembangan bahan ajar diperlukan oleh siswa agar dapat meningkatkan kemampuan berpikir dan kompetensi yang dimiliki.

3) Analisis fakta, konsep, prinsip dan prosedur materi pembelajaran

Analisis materi berkenaan dengan fakta, konsep, prinsip dan prosedur merupakan bentuk identifikasi terhadap materi agar relevan dengan pengembangan bahan ajar dalam pembelajaran. Dalam tahap ini, analisis dilakukan dengan metode studi pustaka. Tujuan dari analisis fakta, konsep, prinsip dan prosedur materi pembelajaran adalah untuk mengidentifikasi.

4) Analisis tujuan pembelajaran

Analisis tujuan pembelajaran merupakan langkah yang diperlukan untuk menentukan kemampuan atau kompetensi yang perlu dimiliki oleh peserta didik.

- a) Tujuan pembelajaran yang sudah lebih dahulu ditentukan
- b) Ketercapaian tujuan pembelajara.

Dengan demikian, tahapan ini dapat dijadikan acuan untuk mengembangkan bahan ajar dalam pembelajaran.

b. Desain

Pada tahapan desain meliputi beberapa perencanaan pengembangan bahan ajar diantaranya meliputi beberapa kegiatan sebagai berikut:

- 1) Penyusunan bahan ajar dalam pembelajaran kontekstual dengan mengkaji kompetensi inti dan kompetensi dasar untuk menemukan

materi pembelajaran berdasarkan fakta, prinsip, prosedur, konsep, indikator, instrument penilaian siswa dan alokasi waktu pembelajaran.

- 2) Merancang kegiatan belajar mengajar dengan pendekatan pembelajaran.
- 3) Pemilihan kompetensi bahan ajar.
- 4) Perencanaan awal perangkat pembelajaran yang didasarkan pada kompetensi mata pelajaran.
- 5) Merancang materi pembelajaran dan alat evaluasi belajar dengan pendekatan pembelajaran.

c. Pengembangan

Pada tahap pengembangan, ada dua tujuan penting yang perlu dikaji, yaitu:

- 1) Memproduksi atau merevisi bahan ajar yang akan digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan.
- 2) Memilih bahan ajar yang akan digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran.

d. Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap untuk melaksanakan atau menerapkan produk yang telah dikembangkan kepada siswa.

e. Evaluasi

Tahap evaluasi merupakan langkah atau tahapan terakhir dari model pengembangan ADDIE. Tahapan ini bertujuan untuk memberikan nilai terhadap pengembangan bahan ajar dalam pembelajaran. Evaluasi dilakukan dalam dua bentuk yaitu evaluasi formatif dan evaluasi sumatif.

- 1) Evaluasi formatif dilakukan pada akhir tatap muka (mingguan).
- 2) Evaluasi sumatif dilakukan setelah kegiatan berakhir secara keseluruhan (semester).¹⁴

B. Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan segala bentuk informasi, bahan, alat dan teks yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran. Bahan ajar yang dimaksud dapat berupa bahan ajar tertulis ataupun bahan ajar tidak tertulis.¹⁵

1. Karakteristik Bahan Ajar

Bahan ajar harus memunculkan berbagai karakteristik dasar pembelajaran tematik. Karakteristik tersebut ada empat macam, yaitu aktif, menyenangkan, menarik, autentik dan holistik.

a. Aktif

Bahan ajar memuat materi yang menekankan siswa dalam pengalaman belajar dan mendorong keaktifan siswa dalam pembelajaran baik secara intelektual, fisik, mental, maupun emosional, hal ini dilakukan agar tercapainya hasil belajar yang optimal. Bahan ajar yang aktif juga dapat memotivasi siswa untuk terus belajar.

¹⁴ Rahmat Arofah Hari Cahyadi, "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis ADDIE Model", *Halaqa: Islamic Education Journal*, 2019, Vol.3, No.1, h.36-37.

¹⁵ Abdul Majid, *Perencanaan Pembelajaran*, (Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2007), h.22.

b. Menyenangkan dan menarik

Bahan ajar yang menyenangkan dan menarik yaitu bahan ajar yang memiliki sifat menarik, nyaman dilihat, merangsang, dan banyak kemanafaatannya sehingga siswa terdorong untuk terus belajar. Bahkan siswa terlihat asyik dengan bahan ajar tersebut sampai lupa waktu karena bahan ajar tersebut penuh dengan tantangan yang memicu adrenalin siswa.

c. Autentik

Autentik merupakan salah satu karakteristik bahan ajar tematik yang menekankan pada pengalaman langsung. Bahan ajar berisi materi yang memberikan pengalaman dan pengetahuan yang dapat diperoleh oleh siswa itu sendiri. Selain itu bahan ajar tersebut juga memberikan informasi yang kontekstual yaitu pelajaran tentang lingkungan sekitar siswa.

d. Holistik

Holistik merupakan karakteristik bahan ajar yang memuat kajian atau fenomena dari beberapa bidang kajian sekaligus tidak dari sudut pandang yang terkotak-kotak. Dengan adanya bahan ajar seperti ini, siswa dapat memahami suatu fenomena dari segala sisi menjadi lebih arif dan bijaksana.

2. Prinsip Penyusunan Bahan Ajar

Dalam buku panduan pengembangan, terdapat enam prinsip penyusunan bahan ajar, diantaranya yaitu:¹⁶

- a. Prinsip pertama dalam penyusunan bahan ajar adalah disusun mulai dari yang mudah ke yang sulit, dari yang konkret menjadi yang abstrak. Siswa akan lebih mudah memahami suatu materi pelajaran apabila penjelasan dimulai dari yang mudah.
- b. Pengulangan akan memperkuat pemahaman peserta didik. Pengulangan diperlukan agar peserta didik lebih bisa memahami suatu konsep.
- c. Umpan balik positif penting dalam memberikan penguatan pemahaman peserta didik. Sedangkan umpan balik negatif akan menurunkan semangat belajar peserta didik.
- d. Memiliki motivasi belajar yang tinggi membuat peserta didik berhasil dalam belajar.
- e. Penyusunan tujuan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik untuk mencapai kompetensi yang tinggi.
- f. Mengetahui hasil yang telah dicapai akan mendorong peserta didik untuk terus mencapai tujuan.

3. Manfaat Pengembangan Bahan Ajar

Manfaat pengembangan bahan ajar bagi guru diantaranya yaitu, memperoleh bahan ajar yang sesuai kurikulum dan kebutuhan peserta didik, guru tidak hanya bergantung pada buku teks, menambah wawasan guru dalam

¹⁶ Depdiknas, *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*, (Jakarta: Depdiknas, 2008), h.11.

mengembangkan bahan ajar. Manfaat bagi peserta didik yaitu kegiatan pembelajaran akan lebih menarik, dengan adanya bahan ajar peserta didik bisa belajar secara mandiri dengan bimbingan guru.

C. Modul

1. Pengertian Modul

Modul merupakan bahan ajar berupa cetak yang dirancang untuk dapat dipelajari peserta didik secara mandiri. Modul disebut juga media untuk belajar mandiri karena didalamnya telah dilengkapi petunjuk untuk belajar sendiri. Artinya, siswa dapat melakukan kegiatan belajar tanpa kehadiran pengajar secara langsung. Modul merupakan sarana atau alat pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.¹⁷ Modul sebagai bahan ajar yang disusun dengan bahasa yang mudah dipahami dan dimengerti oleh peserta didik dan disusun secara sistematis.¹⁸

2. Tujuan Pembuatan Modul

Adapun tujuan penyusunan atau pembuatan modul sebagai berikut:¹⁹

- a. Agar siswa dapat belajar secara mandiri dengan adanya modul tanpa bimbingan oleh guru .

¹⁷ Suwartaya,dkk, *Panduan Pengembangan Bahan Ajar Pembelajaran Jarak Jauh (BA-PJJ) Sekolah Dasar*, (Pekalongan: Dinas pendidikan, 2020), h.4.

¹⁸ Andi Prastowo, *Panduan Kreatif membuat Bahan Ajar Inovatif*, (Yogyakarta: DIVA Press,2015),h.106.

¹⁹ Andi Prastowo, *Panduan Kreatif membuat Bahan Ajar Inovatif*, (Yogyakarta: DIVA Press,2015),h.107.

- b. Agar menjadikan peran seorang guru tidak terlalu dominan dan otoriter dalam kegiatan pembelajaran.
- c. Untuk melatih kejujuran siswa.
- d. Agar siswa dapat mengukur sendiri tingkat penguasaan materi yang sudah dipelajari.

3. Fungsi Modul

- a. Modul sebagai bahan ajar mandiri, untuk meningkatkan kemampuan peserta didik dalam belajar mandiri atau sendiri tanpa kehadiran pendidik.
- b. Modul sebagai alat evaluasi, yang dapat menilai dan mengukur tingkat penguasaannya terhadap materi yang dipelajari,
- c. Modul sebagai bahan rujukan atau referensi bagi peserta didik.

4. Prosedur Penyusunan Modul

Prosedur penyusunan modul merupakan proses pengembangan modul yang dilakukan secara sistematis dan terstruktur. Penyusunan modul dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:²⁰

- a. Analisis kebutuhan modul

Analisis kebutuhan modul merupakan kegiatan menganalisis kompetensi untuk menentukan jumlah dan judul modul yang dibutuhkan dalam mencapai suatu kompetensi tertentu. Berikut ini langkah-langkah dalam menganalisis kebutuhan modul yaitu:

²⁰ Depdiknas, *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*, (Jakarta: Ditjen Dikdasmen,2008), h.12-16.

- 1) Menetapkan terlebih dahulu kompetensi yang terdapat di dalam garis-garis besar program pembelajaran yang akan dikembangkan menjadi modul.
- 2) Mengidentifikasi dan menentukan pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diisyaratkan.
- 3) Menentukan judul modul yang akan dikembangkan.

b. Penyusunan draf

Penyusunan draf merupakan proses pengorganisasian materi pembelajaran dari satu kompetensi atau sub kompetensi ke dalam satu kesatuan yang sistematis. Penyusunan draf ini dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menetapkan judul modul
- 2) Menetapkan tujuan akhir yang akan dicapai peserta didik setelah selesai mempelajari modul.
- 3) Menetapkan kemampuan yang spesifik yang menunjang tujuan akhir.
- 4) Menetapkan *outline* (garis besar) modul.
- 5) Mengembangkan materi pada garis-garis besar.
- 6) Memeriksa ulang draf modul yang dihasilkan.
- 7) Menghasilkan draf modul.

Hasil akhir dari tahap ini adalah menghasilkan draf modul yang mencakup diantaranya: judul modul, kompetensi atau sub kompetensi yang akan dicapai, tujuan peserta didik mempelajari

modul, materi, prosedur, soal-soal, evaluasi atau penilaian, dan kunci jawaban dari latihan soal.

c. Validasi

Validasi merupakan proses permintaan persetujuan pengesahan terhadap kelayakan modul. Validasi ini dilakukan oleh pakar ahli yang sudah berpengalaman diantaranya ahli materi, ahli media dan ahli bahasa.

d. Uji coba modul

Uji coba modul dilakukan setelah draf modul selesai direvisi dengan masukan dari para ahli atau validator. Tujuan dari tahap ini untuk memperoleh tanggapan dan masukan dari peserta didik sehingga modul tersebut layak digunakan.

e. Revisi

Revisi merupakan proses perbaikan modul setelah mendapat kritik dan saran dari ahli materi, ahli media, ahli bahasa dan peserta didik. Perbaikan modul mencakup aspek penting penyusunan modul yaitu: pengorganisasian materi pembelajaran, penggunaan metode instruksional, penggunaan bahasa dan pengorganisasian tata tulis.

D. Logam Tanah Jarang (LTJ)

1. Pengertian Logam Tanah Jarang

Logam tanah jarang (LTJ) adalah kelompok lantanida yang merupakan logam transisi dari golongan III B.²¹ *Rare Earth Element* (REE) di Indonesia

²¹ Bambang Soetopo, Studi Geologi dan Logam Tanah Jarang Daerah Air Gegas Bangka Selatan, *Jurnal Eksplorium*, 2013, Vol. 34, No. 1, h. 53.

dikenal dengan Logam Tanah Jarang (LTJ) merupakan kumpulan 17 unsur kimia yang terdapat pada tabel periodik, 15 unsur pada kelompok lantanida ditambah unsur Yttrium (Y) dan Scandium (Sc). Unsur-unsur lantanida terdiri dari Lantanum (La), Cerium (Ce), Praseodimium (Pr), Neodimium (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Disprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Tullium (Tm), Ytterbium (Yb), Lutetium (Lu).²²

Istilah logam tanah jarang didasarkan pada asumsi semula yang menyatakan bahwa keberadaan logam tanah jarang ini tidak banyak dijumpai. Namun pada kenyataannya kelimpahan logam tanah jarang ini melebihi unsur lain dalam kerak bumi. Keberadaan logam tanah jarang umumnya dijumpai dalam sebaran dengan jumlah yang tidak besar dan menyebar secara terbatas. Seperti halnya Thallium (Tm) dan Lutetium (Lu) merupakan dua unsur yang terkecil kelimpahannya didalam kerak bumi tetapi 200 kali lebih banyak dibandingkan kelimpahan emas (Au). Meskipun demikian unsur-unsur tersebut sangat sukar untuk ditambang karena konsentrasinya tidak cukup tinggi untuk ditambang secara ekonomis.²³

²² Yuhelda, *Pengolahan dan Pemanfaatan Rare Element*, (Jakarta: Pusat Servei Geologi, Badan Geologi, 2020), h. 2.

²³ Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*, (Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, 2019), h.1-10.

Tabel Periodik

Logam Tanah Jarang

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
H	He																	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Ff	Uup	Lv	Uus	Uuo	
		Lanthanide Series																
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		Actinide Series																
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

Gambar 2.1 Sistem periodik Unsur (Unsur Logam Tanah Jarang)

Logam tanah jarang ditemukan di seluruh benua. Empat besar negara penghasil logam tanah jarang dunia adalah Cina (97%), Amerika Serikat (2,1%), India (0,5%), dan Australia (0,3%).²⁴ Cina yang memasok 97% LTJ kebutuhan dunia menimbulkan kekhawatiran bagi masyarakat dunia, terutama bila terjadi perubahan kebijakan di negara tersebut. Sebagai contoh, ketika Cina memotong 70% ekspor logam tanah jarangnya berimbas pada industri manufaktur produk olahan logam tanah jarang di Amerika, Jepang, dan Eropa sehingga menyebabkan kenaikan harga produk hingga 40%.²⁵

Indonesia memiliki potensi logam tanah jarang yang cukup besar yang tersebar di daerah Bangka Belitung, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua dengan perkiraan potensi hingga 1,5 miliar ton. Terdapat tiga jenis mineral yang

²⁴ Catherine E Housecroft, *Inorganic Chemistry*, (England: Person Education Limited, 2012), h. 1008.

²⁵ Sri Harjanto, *Characterization of Indonesia Rare Earth Minerals and Their Potential Processing Technique*, (Depok: University of Indonesia, 2013).

mengandung logam tanah jarang, yaitu monasit, xenotim, dan zirkon. Di sepanjang pantai kepulauan Bangka Belitung terdapat monasit, xenotim, dan zirkon sebagai mineral ikutan bijih timah. Selain itu di Kalimantan Tengah terdapat banyak zirkon sebagai mineral ikutan bijih emas alluvial.²⁶

2. Sumber Logam Tanah Jarang

Mineral utama logam tanah jarang terdiri dari 3 yaitu monasit, bastnaesit dan xenotim. Monasit merupakan senyawa fosfat logam tanah jarang yang mengandung 50-70% oksida logam tanah jarang. Rumus monasit adalah $CePO_4$. Monasit umumnya diambil dari konsentrat yang merupakan hasil pengolahan dari endapan pada timah aluvial bersama dengan zirkon dan xenotim. Bastnaesit merupakan senyawa fluoro-carbonate cerium yang mengandung 60-70% oksida logam tanah jarang seperti Lantanum dan Neodimium. Rumus bastnaesit adalah $CeFCO_3$. Bastnaesit ditemukan dalam batuan-batuan karbonatit, breksi dolomit, pegmatit dan skarn amfibol. Xenotim merupakan senyawa yttrium fosfat yang mengandung 54-65% logam tanah jarang termasuk Erbium, Cerium dan Thorium. Xenotim mempunyai rumus umum YPO_4 . Xenotim juga mineral yang ditemukan dalam pasir mineral berat serta dalam pegmatit dan batuan beku.²⁷

3. Sifat Unsur Logam Tanah Jarang

Unsur-unsur logam tanah jarang mempunyai sifat fisika dan sifat kimia yang mirip satu dengan yang lain. Hal ini disebabkan unsur logam tanah jarang

²⁶ Achdiat Atmawinata, *Telaahan Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*, (Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2014).

²⁷ Voncken, *The Rare Earth Elements an Introduction*, (The Netherland: Civil Engineering and Geosciences Delft University Of Technology, 2016), h. 15-18.

mempunyai perbedaan konfigurasi elektron pada sub kulit 4f saja. Unsur Sc dan Y termasuk dalam kelompok logam tanah jarang meskipun tidak termasuk dalam deret lantanida karena sifat scandium dan itrium yang mirip dengan logam tanah jarang. Logam tanah jarang adalah logam yang stabil dan terdapat dialam walaupun dalam jumlah sedikit.²⁸

4. Sejarah Logam Tanah Jarang

Kelompok unsur logam tanah jarang pertama kali ditemukan pada tahun 1787 oleh seorang letnan angkatan bersenjata Swedia bernama Karl Axel Arrhenius, yang mengumpulkan mineral ytterbite dari tambang feldspar dan kuarsa di dekat Desa Ytterby, Swedia. Mineral tersebut berhasil dipisahkan oleh J. Gadoli pada tahun 1794. Tahun 1804 Klaproth dan timnya menemukan ceria yang merupakan bentuk oksida dari cerium.

Tahun 1828, Berzelius menemukan thoria dari mineral thorit. Tahun 1842 Mosander memisahkan senyawa bernama yttria menjadi tiga macam unsur melalui pengendapan fraksional menggunakan asam oksalat dan hidroksida, unsur-unsur tersebut yttria, terbia, dan erbia. Pada tahun 1878 Boisbaudran menemukan samarium. Tahun 1885, Welsbach memisahkan praseodymium dan neodmium yang terdapat pada samarium. Boisbaudran tahun 1886 mendapatkan gadolinium dari mineral ytterbia yang diperoleh J.C.G de Marignac tahun 1880. Ytterbia yang diperoleh Marignac, pada tahun 1907 mampu dipisahkan oleh L de Boisbaudran menjadi neoytterium dan lutecium. P.T. Cleve memisahkan tiga

²⁸ Ratmi Herlani, dkk. *Mempelajari Pengaruh Logam Tanah Jarang Serium (Ce) dan Lantanum (La) pada Analisis torium dengan Metoda pendar Sinar-X*, (Yogyakarta: Pusat teknologi Akselerator dan Proses Bahan,2011), h.239

unsur dari erbia dan terbia yang dimiliki Marignac, diperoleh erbium, holminium dan thalium, sementara L de Boisbaudran memperoleh unsur lain dinamai dysprosia.²⁹

5. Kegunaan Logam Tanah Jarang

Penggunaan logam tanah jarang sangat bervariasi seperti energi nuklir, kimia, katalis, elektronik, paduan logam dan optik. Pemanfaatan logam tanah jarang yang sederhana seperti lampu, pelapis gelas, untuk teknologi tinggi seperti fosfor, laser, magnet, baterai, dan teknologi masa depan seperti superkonduktor.

Logam tanah jarang memungkinkan munculnya mobil bertenaga listrik yang dapat digunakan untuk perjalanan jauh, oleh karena itu mobil *hybrid* mulai marak dikembangkan. Dalam pengembangan mobil *hybrid*, komoditas logam tanah jarang menjadi sangat strategis. Contohnya kelompok logam Nd, Pr, Dy dan Tb yang merupakan bahan penting dalam pembuatan motor listrik dan generator mobil *hybrid*, sedangkan kelompok logam La, Nd dan Ce merupakan bahan penting dalam pembuatan baterai mobil *hybrid* NiMH.

Dalam industri metalurgi, logam tanah jarang juga digunakan untuk pembuatan baja *High Strength Low Alloy* (HSLA), baja karbon tinggi, superalloy dan stainless steel. Hal ini karena logam tanah jarang memiliki sifat dapat meningkatkan kemampuan material berupa kekuatan, kekerasan dan peningkatan ketahanan terhadap panas.

²⁹ Achdiat Atmawinata, *Telaahan Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*, (Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2014).

Logam tanah jarang juga digunakan pada peralatan dalam kehidupan sehari-hari seperti komputer, telepon seluler, DVD, magnet, lampu fluoresen, konverter katalis kendaraan bermotor, dll. Logam tanah jarang juga dapat digunakan dalam pembuatan korek gas otomatis, perhiasan, cat, lem dan lampu keamanan di pertambangan.³⁰

E. Penelitian yang Relevan

Untuk menunjang penelitian ini, peneliti telah menelaah penelitian-penelitian terdahulu terkait logam tanah jarang yaitu dalam jurnal-jurnal yang pernah dikaji oleh peneliti sebelumnya di antaranya:

Penelitian lain yang dilakukan oleh Parmin (2012). Pada penelitian ini subjek yang digunakan adalah mahasiswa Pendidikan IPA semester tiga yang mengikuti mata kuliah Strategi Belajar Mengajar IPA. Hasil menunjukkan sebanyak 17 mahasiswa mendapat nilai AB dan A, sedangkan mahasiswa lainnya tertarik menggunakan modul tersebut.³¹

Penelitian lain dilakukan oleh Khotim (2015). Pada penelitian ini menggunakan metode R&D dengan model 4D tetapi langkah penelitian yang dilakukan hanya sampai 3D (Define, Design dan Develop). Hasil validasi modul menunjukkan ahli materi memberikan nilai 3,82, ahli bahasa sebesar 3,69 dan ahli media sebesar 3,9 dengan kriteria sangat layak. Pada saat uji coba skala kecil

³⁰ Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*, (Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, 2019), h.1-10.

³¹ Parmin dan Peniati, "Pengembangan Modul Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar IPA Berbasis Hasil Penelitian Pembelajaran". *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2012, Vol. 1, No. 1, h. 15.

diperoleh rata-rata persentase 87,5% dengan kriteria sangat baik dan uji coba skala besar memperoleh skor 93,6% dengan kriteria sangat baik.³²

Penelitian yang dilakukan oleh Guskarnali (2020) dalam jurnal yang berjudul Identifikasi Keberadaan Logam Tanah Jarang (LTJ) pada *Tailing* Timah menggunakan Alat *XRF Portable* dan *XRF Max/Portrace* Kecamatan Merawang. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil penelitian menunjukkan bahwa unsur mineral Sn teridentifikasi lebih banyak terutama pada SP-2 sebesar 3200 ppm. Uji *XRF Max/portrace* lebih dominan mendeteksi mineral Sn, sedangkan pada unsur mineral Ti lebih dominan teridentifikasi pada alat *XRF Portabel* terutama pada sampel SP-2 sebesar 865 ppm. Penggunaan *XRF Portable* lebih efektif jika digunakan mengidentifikasi awal keberadaan kandungan Sn yang terdapat pada sampel pasir.³³

Penelitian yang dilakukan oleh Suganal (2018) dalam jurnal yang berjudul Identifikasi Keterdapatn Unsur Logam Tanah Jarang dalam Abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin, Sumatera Barat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil penelitian menunjukkan bahwa abu batubara yang berasal dari PLTU Ombilin yang berupa abu dasar dan abu terbang menunjukkan adanya kandungan unsur-unsur logam tanah jarang berupa Cerium, Neodimium, Lantanum, Ittrium dan Samarium meskipun kadar unsur tersebut relatif rendah, kurang dari 100 ppm.

³²Hikmatul Nurul Khotim, "Pengembangan Modul Kimia Berbasis Masalah Pada Materi Asam Basa", *Chemistry in Education*, 2015, Vol. 4, No. 2, h. 69

³³ Guskarnali dkk, :Identifikasi Keberadaan Logam Tanah Jarang (LTJ) pada *Tailing* Timah menggunakan Alat *XRF Portable* dan *XRF Max/Portrace* Kecamatan Merawang", *Jurnal Goesapta*, 2020, Vol.6, No2, h.123.

Kandungan unsur logam tanah jarang dalam abu terbang lebih tinggi dibandingkan pada abu dasar sehingga upaya peningkatan kadar lebih ekonomis dilakukan terhadap abu terbang juga karena produksi abu terbang mencapai lebih dari 70% dari total abu batubara yang dihasilkan. Hasil menunjukkan abu terbang telah meningkatkan kandungan unsur Samarium pada *middling* dari 2 ppm menjadi 9,3267 ppm dan pada ampas dari 2 ppm menjadi 3,9429 ppm. Fakta kandungan unsur-unsur logam tanah jarang pada abu terbang dapat dipandang sebagai sumber bahan baku dari unsur-unsur logam tanah jarang yang terkandung dalam abu batubara, terutama sebagai sumber bahan magnet permanen mendukung era energi non konvensional.³⁴

³⁴ Suganal, dkk, "Identifikasi Keterdapatn Unsur Logam Tanah Jarang dalam Abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin, Sumatera Barat", *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 2018, Vol.14, No.2, h.122-123

BAB III METODE PENELITIAN

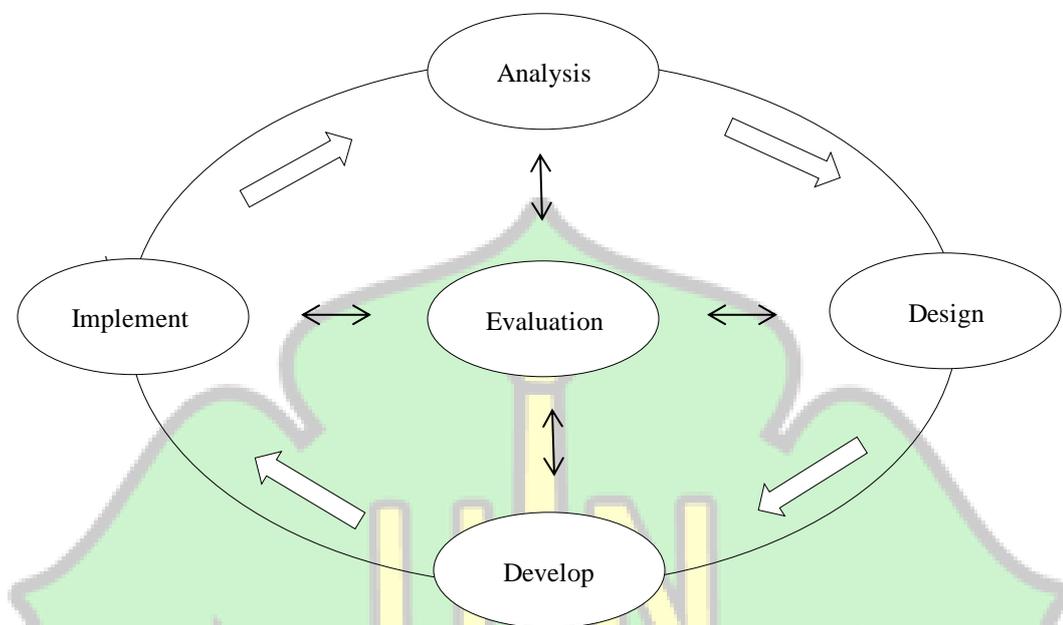
A. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D). R&D merupakan model pengembangan suatu penelitian yang digunakan untuk menghasilkan dan mengembangkan suatu produk. Dalam penelitian pengembangan tidak melakukan deskripsi suatu fenomena dari suatu objek yang dikaji, dan juga tidak menggunakan uji hipotesis. Berbeda dengan jenis penelitian yang lain, dalam penelitian pengembangan Penelitian pengembangan lebih menekankan adanya suatu proses untuk mengembangkan sesuatu sesuai rumusan atau identifikasi kebutuhan.³⁵ Tujuan utama dari penelitian pengembangan adalah untuk menyempurnakan sebuah produk, untuk menciptakan produk baru yang belum pernah dikembangkan, untuk mengembangkan media atau alat bantu dalam pembelajaran.³⁶

Data yang telah diperoleh dalam penelitian ini kemudian dianalisis oleh peneliti menggunakan analisis data model ADDIE. Model ADDIE merupakan salah satu model penelitian pengembangan, model ini juga sering digunakan dalam penelitian pengembangan. ADDIE merupakan singkatan yang mengacu pada proses-proses utama dari proses pengembangan sistem pembelajaran yaitu: analisis, desain, developmen, implementasi dan evaluasi. Tahap-tahap model pengembangan ADDIE sebagai berikut:

³⁵ Soesilo. *Ragam dan Prosedur Penelitian Tindakan*. (Diponegoro: Satya Wacana University press. 2019).h.147-148

³⁶ Eko, Prasetyo, *ternyata penelitian itu mudah*, (Lumajang: eduNomi, 2015), h.42.



Gambar 3.1 Tahapan Model ADDIE (Sumber: Tegeh, 2014)

Tahap-tahap pengembangan yang digunakan pada model desain ADDIE berikut ini:

1. Analisis (*Analysis*)

Pada tahap analisis biasanya meliputi pelaksanaan analisis kebutuhan, identifikasi masalah dan merumuskan tujuan.³⁷ Tahap analisis merupakan suatu proses yang akan mendefinisikan apa yang akan dipelajari oleh mahasiswa, untuk mengetahui atau menentukan apa yang harus dipelajari maka kita harus mengetahui beberapa kegiatan, yaitu melakukan analisis kebutuhan, mengidentifikasi masalah, melakukan analisis tugas, oleh karena itu keluaran

³⁷ A Robert Raiser & John Depsey, *Trend and Issue in Instruction Design and Technology*, (New Jersey: Pearson Education Inc), h.19.

(output) yang akan dihasilkan adalah beberapa karakteristik pebelajar, identifikasi kesenjangan, identifikasi kebutuhan analisis tugas yang rinci berdasarkan kebutuhan.

Tahap analisis terdiri dari 2 tahap, yaitu: 1) analisis kerja (performance analysis) pengembangan menganalisis keterampilan, pengetahuan dan motivasi belajar pada proses pembelajaran. 2) analisis kebutuhan (need analysis).

2. Desain (*Design*)

Tahap desain peneliti mendesain bahan ajar sesuai yang diinginkan dari hasil analisis sebelumnya.

3. Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan meliputi menyiapkan bahan untuk pembelajaran dan pengajar sesuai dengan spesifikasi produk yang dikembangkan. Pada tahap pengembangan, produk yang dikembangkan sesuai dengan materi dan tujuan yang akan disampaikan dalam pembelajaran.

4. Implementasi (*Implementation*)

Pada tahap implementasi dilakukan penerapan atau penggunaan produk yang telah dikembangkan untuk diaplikasikan dalam proses pembelajaran yang sudah di desain pada tahap desain.

5. Evaluasi (*Evaluation*)

Pada tahap evaluasi ini peneliti akan melakukan evaluasi atau penilaian terhadap produk pengembangan yang meliputi isi, media pembelajaran yang dikembangkan serta evaluasi terhadap efektifitas dan keberhasilan media yang dikembangkan.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

C. Subjek Penelitian

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah teknik *Purposive Sampling* yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu. Pertimbangan dalam penelitian ini adalah mahasiswa yang sudah mempelajari materi logam tanah jarang atau golongan lantanida pada mata kuliah Kimia Anorganik II. Subjek dalam penelitian ini ada dua yaitu mahasiswa angkatan 2020 Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang berjumlah 25 orang dan validator produk Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi yang berjumlah 3 orang.

D. Instrumen Pengumpulan Data

Data merupakan bahan baku berupa informasi yang dapat memberi gambaran spesifik mengenai objek penelitian. Data merupakan fakta empiris yang dikumpulkan peneliti untuk memecahkan masalah dalam suatu penelitian.³⁸ Pengumpulan data adalah pencatatan peristiwa-peristiwa atau keterangan-keterangan dari seluruh elemen populasi yang akan menunjang atau mendukung penelitian. Sedangkan, teknik pengumpulan data merupakan langkah utama dalam penelitian, sebab tujuan utama dari sebuah penelitian adalah mendapatkan data.

³⁸ Trianto. *Pengantar Penelitian Pendidikan bagi Pengeembangan Profesi Pendidikan Tenaga Kependidikan*, (Jakarta: Kencana Prenada Media Group, 2007), h.279

Tanpa mengetahui teknik pengumpulan data, maka peneliti tidak akan mendapatkan data yang memenuhi standar data yang ditetapkan.³⁹

Untuk mendapatkan data dalam penelitian ini, maka digunakan instrumen penelitian sebagai berikut:

1. Lembar angket analisis kebutuhan

Lembar angket analisis kebutuhan digunakan untuk mendapatkan informasi tentang produk yang ingin dikembangkan. Lembar angket analisis kebutuhan berisi 11 pernyataan dengan jawaban ya dan tidak. Lembar angket analisis kebutuhan akan diberikan kepada mahasiswa angkatan 2020 yang berjumlah 15 orang sebelum peneliti mengembangkan produk.

2. Lembar Validasi

Lembar validasi digunakan untuk mengukur atau menilai kelayakan sebuah produk yang dikembangkan, dalam penelitian ini peneliti mengembangkan sebuah modul yang berjudul logam tanah jarang. Lembar validasi tersebut berisi diantaranya penilaian bahasa, tampilan dan materi didalam modul yang akan dinilai oleh para tim ahli atau validator.

3. Lembar Angket Respon Mahasiswa

Lembar angket respon berisi sejumlah pernyataan tertulis yang akan dijawab oleh mahasiswa terkait modul logam tanah jarang.

³⁹ Sugiono. *Metodelogi Penelitian Kombinasi*, (Bandung: Alfabeta,2018), h.308

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan tahapan pertama dalam model pengembangan. Analisis kebutuhan dilakukan untuk mendapatkan data awal yang berupa masalah dan akan dianalisis yang kemudian dikembangkan sebuah produk yang sesuai dan dapat mengatasi masalah yang diperoleh pada saat melakukan analisis kebutuhan. Dalam melakukan analisis kebutuhan terdapat beberapa metode yang dapat dipakai yaitu, kuesioner/angket, sampling, wawancara, observasi dan dokumentasi.

2. Validasi

Validasi dilakukan untuk mengetahui kekurangan atau kesalahan dalam suatu produk yang telah dikembangkan dan hasilnya akan membantu peneliti untuk memperbaiki modul sehingga layak untuk digunakan. Validasi modul akan dinilai oleh pakar ahli yang telah berpengalaman, yaitu ahli materi, ahli media dan ahli bahasa.

3. Angket Respon Mahasiswa

Angket respon digunakan untuk mengetahui bagaimana respon mahasiswa terhadap modul logam tanah jarang yang dikembangkan oleh peneliti.

F. Teknik Analisis Data

Analisis data merupakan proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan dan bahan-bahan lain

sehingga mudah dipahami dan temuannya dapat diinformasikan kepada orang lain.⁴⁰

1. Analisis kebutuhan

Dalam penelitian ini digunakan analisis kebutuhan dengan metode kuesioner atau angket. Angket analisis kebutuhan terdiri dari 10 pernyataan dengan jawaban ya dan tidak. Data diperoleh menggunakan rumus persentase sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{N} \times 100\%$$

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
A	Kendala mempelajari materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang		
1	Apakah mahasiswa mengalami kendala dalam pembelajaran mata kuliah kimia anorganik 2 khususnya materi lantanida/Logam Tanah Jarang?	8	7
2	Apakah dosen memberikan bahan ajar materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang kepada mahasiswa?	9	6
3	Apakah dosen pernah menggunakan modul golongan lantanida/Logam Tanah Jarang dalam proses pembelajaran?	0	15
4	Apakah mahasiswa mengalami kendala dalam mencari bahan ajar pada materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?	10	5
5	Apakah mahasiswa memiliki buku yang terdapat materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?	0	15
6	Apakah mahasiswa mudah memahami materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang dari referensi yang di dapat?	6	9
7	Apakah mahasiswa sebelumnya tau bahwa golongan lantanida disebut juga logam tanah jarang?	13	2
8	Apakah selama perkuliahan mahasiswa sering belajar tentang materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?	10	5
B	Kebutuhan modul Logam Tanah Jarang		
9	Apakah mahasiswa setuju apabila dikembangkan bahan ajar berupa modul Logam Tanah Jarang?	15	0
10	Apakah mahasiswa tertarik menggunakan modul pembelajaran untuk mata kuliah kimia anorganik 2	15	0

⁴⁰ Sugiono. *Metodelogi Penelitian Kombinasi*, (Bandung: Alfabeta,2018), h.332

	khususnya materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?		
11	Apakah dengan adanya modul materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang akan memudahkan mahasiswa dalam pembelajaran?	15	0
Jumlah Skor		101	64
Jumlah Total Skor		165	
persenrase		15	

2. Lembar validasi

Lembar validasi akan dinilai oleh validator yang berjumlah 3 dosen ahli. Validator akan memberikan arahan, kritik dan saran terhadap produk yang dikembangkan peneliti apakah sudah valid digunakan atau belum. Dalam penelitian ini analisis hasil dari validasi tim ahli menggunakan skala *likert*.

Tabel 3.1 Pedoman penilaian skor

Skor	Penilaian
1	Sangat Baik
2	Baik
3	Cukup Baik
4	Kurang Baik

(Sumber: Sugiono, 2016)⁴¹

Presentase hasil validasi dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{\Sigma x}{\Sigma X} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase (%)

Σx : Jumlah skor dari validator

ΣX : Jumlah total skor ideal

⁴¹ Sugiono, *Metode Penelitian, Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, (Bandung: Alfabeta,2004),h.92.

Tabel 3.2 Penilaian kelayakan dari tim ahli

Persentase (%)	Keterangan	Nilai Konversi
81-100	Sangat valid	4
61-80	Cukup valid	3
40-60	Kurang valid	2
<40	Sangat tidak valid	1

(Purwanto.2012)⁴²

3. Lembar angket respon

Data respon mahasiswa terhadap modul logam tanah jarang diperoleh dari hasil pengisian lembar angket. Skor penilaian yang digunakan, yaitu: (1) sangat tidak setuju, (2) kurang setuju, (3) cukup setuju, (4) sangat setuju. Data diperoleh menggunakan rumus persentase sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Angka persentase

F : Frekuensi yang sedang dicari persentase

N : Jumlah frekuensi atau banyak individu⁴³

Tabel 3.3 Penilaian respon mahasiswa

Persentase (%)	Keterangan	Angka
81-100	Sangat setuju	4
61-80	Cukup setuju	3
40-60	Kurang setuju	2
<40	Sangat tidak setuju	1

(Arikunto.2014)⁴⁴

⁴² Purwanto, *Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. (Bandung: Rosda Karya,2012),h.102.

⁴³ Anas Sudijono, *Pengantar Statistik Pendidikan*, (Jakarta: Rajawali Pers,2015), h. 43.

⁴⁴ Arikunto, *Evaluasi Program Pendidikan: Pedoman Teoritis Praktis bagi Praktisi Pendidikan*, (Jakarta: Bumi Aksara,2010),h.35.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Pengembangan modul logam tanah jarang dilakukan menggunakan model ADDIE dengan melalui beberapa tahapan yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi.

1. Analisis (*Analysis*)

Pada tahap ini peneliti melakukan analisis kebutuhan untuk mendapatkan informasi tentang produk yang ingin dikembangkan. Analisis kebutuhan dilakukan melalui angket yang dibagikan kepada 15 mahasiswa angkatan 2020 yang telah mempelajari materi logam tanah jarang pada mata kuliah Kimia Anorganik II. Angket analisis kebutuhan berisi pertanyaan-pertanyaan yang telah dirancang oleh peneliti yang berisi 11 pertanyaan.

Berdasarkan tahap analisis kebutuhan yang telah dilakukan, adapun hasil angket yang diperoleh dari mahasiswa adalah mahasiswa mengalami kendala dalam mempelajari materi logam tanah jarang. Mahasiswa kesulitan dalam mencari referensi materi logam tanah jarang berupa jurnal atau buku karena kebanyakan referensi berbahasa Inggris. Menurut mahasiswa dosen sudah memberikan bahan ajar materi logam tanah jarang berupa PPT. Menurut mahasiswa perlu adanya tambahan bahan ajar atau referensi tentang materi logam tanah jarang untuk memudahkan mahasiswa dalam mempelajari materi logam tanah jarang dan menambah pengetahuan mahasiswa.

2. Desain (*Design*)

Pada tahap desain peneliti merancang gambaran awal untuk mengembangkan modul logam tanah jarang sesuai dengan hasil informasi yang telah diperoleh dari tahap analisis kebutuhan. Pertama pemilihan aplikasi yang akan digunakan untuk membuat modul logam tanah jarang yaitu aplikasi *Canva*. Kemudian membuat kerangka awal modul yang meliputi: cover, materi, peta konsep, kata pengantar, tujuan pembelajaran, latihan, soal evaluasi daftar pustaka. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap modul logam tanah jarang berdasarkan saran dari dosen pembimbing.

3. Pengembangan (*Development*)

Pada tahap pengembangan peneliti mengembangkan modul berdasarkan kerangka yang telah dibuat sebelumnya. Modul dirancang menggunakan aplikasi *Canva* dengan ukuran kertas A4 (21 × 29,7). Modul yang telah dikembangkan oleh peneliti dievaluasi terlebih dahulu oleh dosen pembimbing I dan II. Adapun tampilan dari modul logam tanah jarang sebagai berikut:

a. Cover

Rancangan pertama oleh peneliti adalah bagian cover atau sampul modul. Sebelumnya peneliti menggunakan warna latar hijau untuk sampul depan dengan logo berupa gambar aplikasi dari logam tanah jarang. Berdasarkan saran dari dosen pembimbing, tata letak judul

serta tulisan di sampul diubah dan sampul depan dengan warna latar putih dengan logo yang terdapat unsur-unsur logam tanah jarang.



Gambar 4.1 Cover Modul

b. Kata pengantar

Tampilan pada bagian kata pengantar diubah menjadi warna latar putih dan menambah isi kata pengantar.

Sebelum revisi

Alhamdulillah segala puji kita ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan modul dengan judul Logam Tanah Jarang.

Modul Logam Tanah jarang disusun untuk menyelesaikan tugas akhir perkuliahan (Skripsi) dan sebagai referensi bahan ajar untuk dosen dan mahasiswa Pendidikan Kimia.

Penulis menyadari modul ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran dari pembaca agar dapat membuat modul ini menjadi lebih baik lagi. Ucapan terimakasih untuk para pembaca semoga modul ini bermanfaat.

Sesudah revisi



Segala puji beserta syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. *Alhamdulillah Rabbil Aalamin*, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya beserta kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan modul yang berjudul judul Logam Tanah Jarang. Shalawat dan salam dengan ucapan *Allahumma sholli 'ala Muhammad wa 'ala ali Muhammad* penulis sampaikan untuk junjungan kita Nabi besar Muhammad Saw.

Modul yang berjudul Logam Tanah jarang disusun untuk menyelesaikan tugas akhir perkuliahan (Skripsi). Penulis berharap dengan adanya modul ini dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari materi logam tanah jarang yang terdapat pada mata kuliah kimia Anorganik II dan diharapkan dapat menjadi referensi bahan ajar yang bermanfaat untuk dosen dan mahasiswa Pendidikan Kimia UIN ARI-Raniry Banda Aceh. Terimakasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing Ibu Adnan Mayasri, M.Sc dan Bapak Safrijal, M.Pd yang telah membantu memberikan bimbingan, masukan dan arahan dalam menyelesaikan modul ini.

Penulis menyadari sepenuhnya modul ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran dari pembaca agar dapat membuat modul ini menjadi lebih baik lagi. Terimakasih penulis ucapkan kepada para pembaca semoga modul ini bermanfaat.

Gambar 4.2 Kata Pengantar

c. Daftar isi

Adanya penambahan materi pada topik ke 2 yaitu tentang materi kimia dan merubah tampilan dari penuh warna hijau menjadi warna latar putih.

Sebelum revisi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETA KONSEP	iii
TOPIK 1 Pengenalan Logam Tanah Jarang	1
A. Tujuan pembelajaran	1
B. Uraian Materi	2
1. Pengertian Logam Tanah Jarang	2
2. Sejarah logam tanah jarang	4
3. Unsur-unsur Logam Tanah Jarang	7
4. Mineral Utama Logam Tanah Jarang	8
C. Latihan Essay	12
TOPIK 2 Aplikasi Logam Tanah Jarang	14
A. Tujuan pembelajaran	14
B. Uraian Materi	15
1. Kegunaan Logam Tanah Jarang	15
C. Latihan Essay	20
TOPIK 3 Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia.....	22
A. Tujuan pembelajaran	22
B. Uraian Materi	23
1. Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia	23
2. Sumber Daya Logam Tanah Jarang di Indonesia	24
3. Eksplorasi Logam Tanah Jarang di Indonesia	25
C. Latihan Essay	26
EVALUASI	32
KUNCI JAWABAN EVALUASI	33
DAFTAR PUSTAKA	34

Sesudah revisi

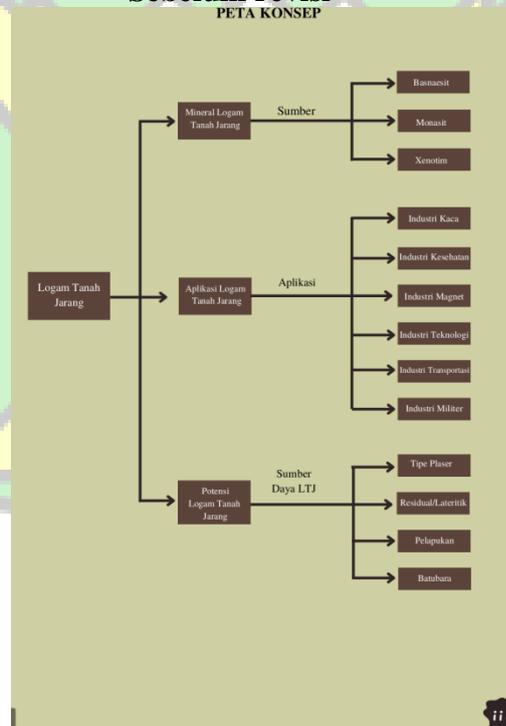
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
PETA KONSEP	vii
TOPIK 1: Pengenalan Logam Tanah Jarang	1
A. Tujuan pembelajaran	1
B. Uraian Materi	1
1. Pengertian Logam Tanah Jarang	3
2. Sejarah logam tanah jarang	4
C. Latihan	5
TOPIK 2: Unsur Blok-d dan Blok-f	5
A. Tujuan pembelajaran	5
B. Uraian Materi	5
1. Sumber Logam Tanah Jarang	6
2. Energi Ionisasi	7
3. Senyawa Ion Biner	8
4. Senyawa Koordinasi	9
5. Senyawa Organologam	10
6. Aplikasi	12
C. Latihan	12
TOPIK 3: Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia	13
A. Tujuan pembelajaran	13
B. Uraian Materi	13
1. Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia	17
2. Logam Tanah Jarang pada Batubara	18
3. Eksplorasi Logam Tanah Jarang di Indonesia	24
C. Latihan	24
EVALUASI	25
KUNCI JAWABAN EVALUASI	30
GLOSARIUM	30
DAFTAR PUSTAKA	30

Gambar 4.3 Daftar Isi

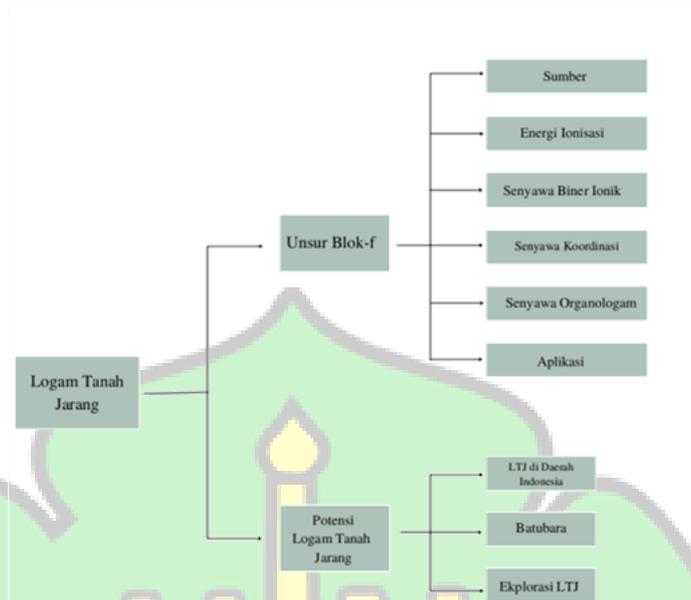
d. Peta konsep

Peta konsep diubah menjadi dua katagori agar menjadi lebih ringkas dan tampilan diubah dari warna latar hijau menjadi putih.

Sebelum revisi
PETA KONSEP



Sesudah revisi



Gambar 4.4 Peta Konsep

e. Tujuan pembelajaran

Tampilan pada tujuan pembelajaran diubah dan tujuan pembelajaran ketiga dihilangkan.

Sebelum revisi

A. Tujuan Pembelajaran

- 1 Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian logam tanah jarang
- 2 Mahasiswa dapat menjelaskan sejarah logam tanah jarang
- 3 Mahasiswa dapat menjelaskan apa saja bijih utama logam tanah jarang

Sesudah revisi

A. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian logam tanah jarang
2. Mahasiswa mampu menjelaskan sejarah logam tanah jarang

Gambar 4.5 Tujuan Pembelajaran

f. Materi

Tampilan warna juga diubah pada bagian materi dan tata letak gambar diubah menjadi samping kanan.

Sebelum revisi



Sesudah revisi

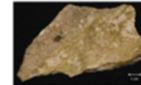
Sumber Logam Tanah Jarang

Mineral bijih utama untuk logam tanah jarang adalah monasit, bastnaesit dan danxenotime (Voncken, 2016).

- Monasit merupakan senyawa fosfat logam tanah jarang yang mengandung 50-70% oksida logam tanah jarang (L.TJ). Monasit memiliki rumus kimia umum $CePO_4$. Monasit umumnya diambil dari konsentrat yang merupakan hasil pengolahan dari endapan pada timah aluvial bersama dengan Zirkon dan Xenotim. Monasit memiliki kandungan Thorium yang cukup tinggi.
- Bastnaesit merupakan senyawa fluoro-carbonate cerium yang mengandung 60-70% oksida logam tanah jarang seperti Lanthanum dan Neodimium. Bastnaesit memiliki rumus kimia umum $CeFCO_3$. Bastnaesit ditemukan dalam batuan batuan karbonat, breksi dolomit, pegmatit dan skarn amfibol.
- Xenotim merupakan senyawa Yttrium Fosfat yang mengandung 54-65% logam tanah jarang termasuk Erbium, Cerium dan Thorium. Xenotim memiliki rumus kimia umum YPO_4 . Xenotim juga mineral yang ditemukan dalam pasir mineral berat, serta dalam pegmatit dan batuan beku. Secara geologi Monasit, Bastnaesit, Xenotim terbentuk oleh siklus sekuen pengendapan sedimen produk endapan aluvial.



Gambar 2.1 Monasit



Gambar 2.2 Bastnaesit



Gambar 2.3 Xenotim

Energi Ionisasi

Energi ionisasi (Ionization Energy, I) merupakan kuantitas energi yang harus diserap suatu atom gas untuk bisa melepas satu elektron. Elektron yang dilepas adalah elektron yang longgar. Untuk unsur tertentu, $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$. Lambung I_1 artinya energi ionisasi pertama, yaitu energi yang diperlukan untuk melucuti satu elektron dari atom netral berwujud gas. I_2 adalah energi ionisasi kedua yaitu energi yang melucuti elektron dari ion gas bermuatan $1+$. Energi ionisasi selanjutnya adalah I_3, I_4 , dan seterusnya. Setiap energi ionisasi yang berurutan akan semakin besar jika dibandingkan dengan yang mendahulunya) karena elektron yang dilepasakan diambil dari ion dengan muatan yang semakin positif, menghasilkan tarikan elektrostatis yang lebih besar. Itrium memiliki energi ionisasi yang lebih besar daripada Lanthanum karena jumlah elektron yang terisi



Topik 3

POTENSI LOGAM TANAH JARANG DI INDONESIA

A. Tujuan Pembelajaran

Mahasiswa mampu menyebutkan menjelaskan daerah mana saja yang terdapat logam tanah jarang

B. Uraian Materi

Dengan berkembangnya peradaban dan teknologi yang pesat, kebutuhan akan mineral semakin meningkat dan beragam mineral diperlukan oleh hampir semua jenis industri, seperti industri pertanian, telekomunikasi, penyediaan energi, logam tanah jarang merupakan sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui serta terbentuk melalui proses geologi yang panjang.

Berbagai negara berlomba-lomba mencari potensi dan mengembangkan logam tanah jarang secara serius seperti Amerika, Jepang, Kanada maupun negara-negara lainnya dan juga Indonesia. Berdasarkan laporan penyelidikan Indonesia sudah melakukan penyelidikan logam tanah jarang. Berikut adalah beberapa hasil penelitian mengenai keberadaan mineral L.TJ di Indonesia.



Gambar 3.1 Lokasi bekas tambang timah di pulau Singkep

Pulau Singkep

Penelitian oleh (Ngademin, 2020) tentang penentuan daerah logam tanah jarang di Pulau Singkep, Kepulauan Riau. Hasil analisis kandungan logam tanah jarang dan mineral butir menunjukkan bahwa daerah logam tanah jarang terletak pada beberapa bekas tambang timah di wilayah formasi batuan granit Muncung. Kadar lanthanum tertinggi mencapai 20100 ppm, cerium 37100 ppm, yttrium 9872 ppm dan neodimium 2840 ppm di mineral monasit, zirkon dan alunit.



Gambar 3.2 Lokasi bekas tambang timah di pulau Singkep

Aplikasi Logam Tanah Jarang

Memasuki industri modern, unsur tanah jarang merupakan komoditi yang strategis dan signifikan. Pemanfaatan unsur tanah jarang sangat dibutuhkan dalam berbagai macam bidang mulai dari industri elektronik hingga industri transportasi modern. Seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan material, unsur tanah jarang semakin dibutuhkan, dan umumnya pada industri teknologi tinggi. Logam tanah jarang (LTI) memegang peranan yang sangat penting dalam kebutuhan material produksi modern seperti dalam dunia superkonduktor, laser, optik elektronik, aplikasi LED (*Light Emitting Diode*) dan iPad, keramik.

Penggunaan logam tanah jarang sangat bervariasi seperti energi nuklir, kimia, katalis, elektronik, paduan logam dan optik. Pemanfaatan logam tanah jarang yang sederhana seperti lampu, pelapis gelas, untuk teknologi tinggi seperti fosfor, laser, magnet, baterai, dan teknologi masa depan seperti superkonduktor.



Gambar 2.12
Aplikasi LTI pada pesawat tempur



Gambar 2.13
Aplikasi LTI pada MRI (kesehatan)



Gambar 2.14
Aplikasi LTI pada magnet



Gambar 2.15
Aplikasi LTI pada kacamata



Gambar 2.16
Aplikasi LTI pada bidang laptop



Gambar 2.17
Aplikasi LTI pada handphom

Aplikasi LTI pada mobil Hybrid

Logam tanah jarang memungkinkan munculnya mobil bermesin listrik yang dapat digunakan untuk perjalanan jauh, oleh karena itu mobil hybrid mulai mulai banyak dikembangkan. Dalam pengembangan mobil hybrid, komoditas logam tanah jarang menjadi sangat strategis (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019).

Mobil hybrid adalah mobil yang memiliki dua buah mesin sistem penggerak, yaitu mesin elektrik yang menggunakan daya listrik dan mesin bensin yang penggerak menggunakan bahan bakar bensin. Mobil hybrid banyak di buat karena dinilai lebih ramah lingkungan dibanding mobil konvensional atau mobil bensin pada umumnya. Mesin ganda mobil hybrid yaitu bensin dan listrik, telah berhasil mengurangi konsumsi bahan bakar yang selama ini kita ketahui sebagai penyumbang polusi terbesar.

Komponen dasar mobil hybrid adalah mesin bensin, mesin listrik/motor listrik dan baterai. Kelompok logam Ni, Fe, Dy dan Tb yang merupakan bahan penting dalam pembuatan motor listrik dan generator mobil hybrid, sedangkan kelompok logam La, Nd dan Ce merupakan bahan penting dalam pembuatan baterai mobil hybrid Nickel-metal hydride (NMH) (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019).



Gambar 2.18 Mobil Hybrid dengan berbagai komponennya

Unsur lantanum sebagai salah satu komponen penyusun baterai Nickel-Metal Hydride (NMH). Baterai NMH terdiri dari katoda hidroksi oksida nikel dan anoda dari unsur tanah jarang (*rare earth*) yang terendam dalam elektrolit KOH. Langkah-langkah untuk memproduksi baterai NMH adalah: 1) memproduksi nikel hidroksi-oksida; 2) mendapatkan elemen tanah jarang untuk anoda; 3) menyiapkan katoda dan anoda; 4) merakit sel katoda dan anoda (Indraljaja, 2021).



Gambar 2.19 Baterai NMH yang terkandung unsur Lantanum sebagai salah satu komponen mobil Hybrid

Gambar 4.6 Materi

g. Latihan

Tampilan pada bagian latihan diubah menjadi lebih sederhana dengan latar warna putih dan kotak warna hijau.

Sebelum revisi

1. Apakah yang dimaksud dengan logam tanah jarang?
2. Sebutkan 5 unsur logam tanah jarang beserta kegunaannya!
3. Sebutkan penemu logam tanah jarang pertama kali!
4. Sebutkan dan jelaskan mineral utama logam tanah jarang!
5. Sebutkan negar-negara penghasil logam tanah jarang terbesar didunia!



Sesudah revisi

1. Jelaskan bagaimana energi ionisasi pada unsur golongan lantanida!
2. Sebutkan aplikasi unsur logam tanah jarang dalam kehidupan sehari-hari!
3. Sebutkan dan jelaskan mineral utama logam tanah jarang!
4. Bagaimana cara kerja magnet Neodymium pada pembangkit listrik tenaga angin?
5. Sebutkan unsur logam tanah jarang dari mobil hybrid!



Gambar 4.7 Latihan

h. Soal evaluasi

Soal evaluasi diberikan untuk tes keterbacaan mahasiswa terhadap modul logam tanah jarang. Tes keterbacaan dilakukan untuk melihat apakah mahasiswa bisa membaca modul logam tanah jarang atau tidak.

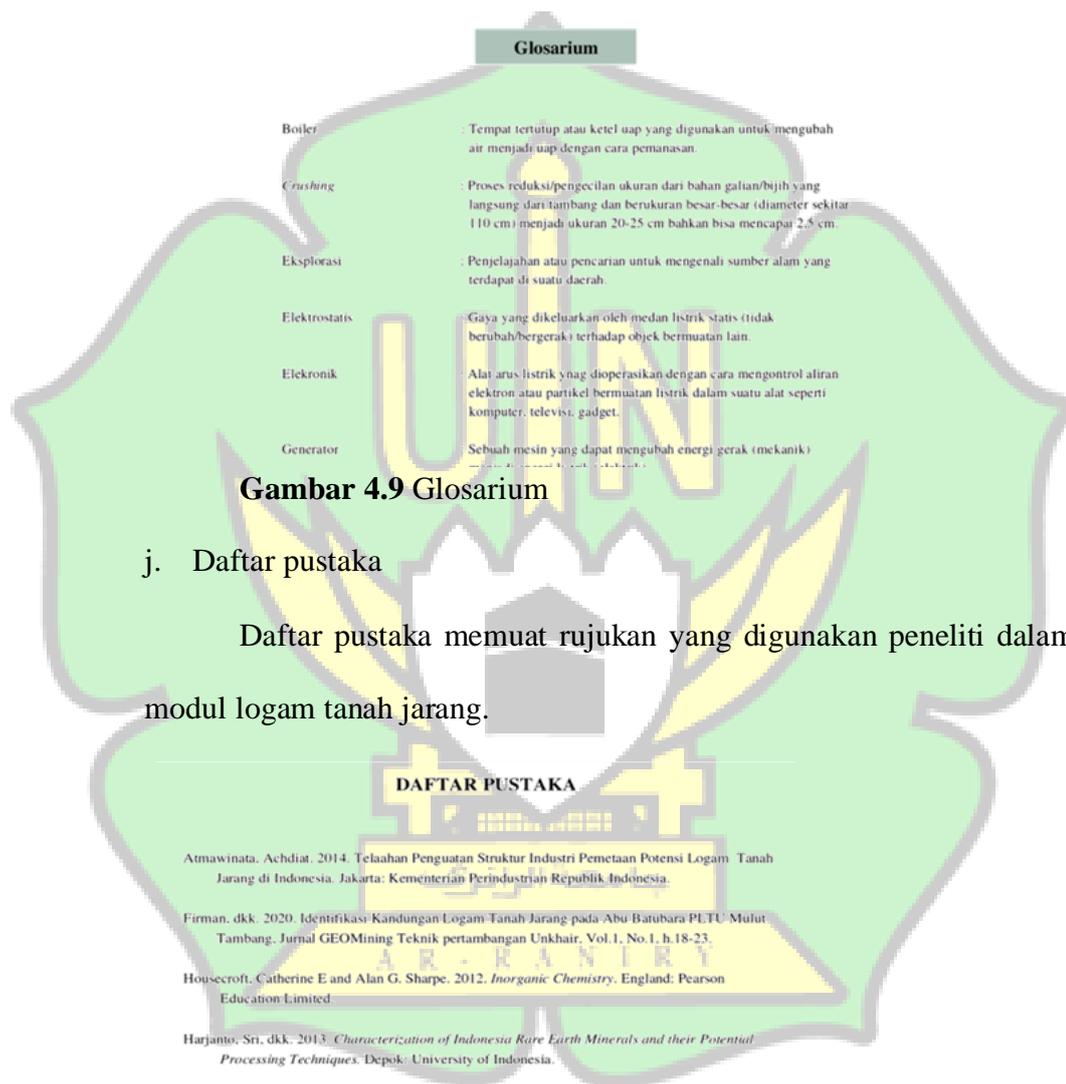
Evaluasi

1. Apakah yang dimaksud dengan logam tanah jarang?
2. Sebutkan unsur-unsur logam tanah jarang!
3. Sebutkan dan jelaskan 3 mineral utama logam tanah jarang!
4. Sebutkan negara penghasil logam tanah jarang terbesar didunia!
5. Sebutkan unsur logam tanah jarang yang terdapat pada mobil hybrid
6. Jelaskan bagaimana cara kerja magnet neodymium pada pembangkit listrik tenaga angin!
7. Jelaskan 2 analisis fisika dalam eksplorasi logam tanah jarang
8. Berdasarkan hasil beberapa penelitian unsur logam tanah jarang manakah yang paling banyak terkandung dalam suatu daerah?
9. Apakah yang dimaksud dengan analisis mineragrafi?
10. Apakah yang dimaksud dengan survei tinjau?

Gambar 4.8 Evaluasi

i. Glosarium

Adanya penambahan glosarium yang berisi istilah-istilah yang terdapat dalam modul logam tanah jarang.



Gambar 4.10 Daftar Pustaka

Modul logam tanah jarang yang telah dikembangkan dan dievaluasi oleh dosen pembimbing I dan II kemudian divalidasi oleh dosen ahli atau validator. Validasi dilakukan bertujuan untuk mendapatkan penilaian berupa kritik dan saran atas modul yang telah dikembangkan sehingga modul logam tanah jarang bisa menjadi produk yang layak digunakan.

Modul logam tanah jarang divalidasi oleh 3 validator dari Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, yaitu Bapak Muammar Yulian, M.Si, Bapak Muslem, M.Sc dan Ibu Khairun Nisah, M.Si. Jumlah indikator yang dinilai sebanyak 10 pernyataan untuk aspek media, 10 pernyataan untuk aspek materi dan 7 pernyataan untuk aspek bahasa. Jumlah total pernyataan yaitu 27 pernyataan. Skala penilaian yang digunakan adalah skor 4, skor 3, skor 2 dan skor 1. Skor tertinggi dari 27 pernyataan adalah 108. Hasil validasi oleh validator I, II dan III dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil validasi oleh validator I, II dan III

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Validator		
			I	II	III
1	Media	Ilustrasi cover modul menggambarkan isi modul	3	4	4
2		Tampilan warna cover menarik	3	4	3
3		Tampilan warna pada modul menarik untuk memotivasi mahasiswa dalam memahami materi dalam modul logam tanah jarang	3	4	3
4		Bentuk huruf dalam modul jelas dan mudah dibaca	4	4	3
5		Kesesuaian warna antara <i>background</i> , tulisan dan gambar	4	4	4
6		Kesesuaian daftar isi dengan isi modul	4	3	4

7		Kesesuaian peta konsep dengan isi modul	4	3	4
8		Kesesuaian pemilihan ukuran huruf pada cover	4	4	4
9		Penyajian gambar dalam modul ini dapat mempermudah mahasiswa untuk memahami materi yang disajikan didalam modul	4	4	3
10		Tidak terlalu banyak menggunakan jenis huruf	4	4	4
11	Materi	Penyajian materi pada modul jelas dan mudah dipahami	4	3	4
12		Materi yang disajikan sesuai dengan tingkat pemahaman mahasiswa	4	3	4
13		Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai	3	4	4
14		Penyajian materi disajikan secara sistematis	3	3	4
15		Materi dalam modul disajikan sesuai dengan daftar isi	4	4	4
16		Modul yang disajikan sesuai dengan peta konsep	4	4	4
17		Materi yang disajikan sudah benar (tidak miskonsepsi)	4	3	4
18		Gambar yang terdapat dalam modul memiliki sumber yang relevan	4	2	4
19		Lembar tugas yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang	4	4	3
20		Soal evaluasi yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang	3	4	4
21	Bahasa	Penggunaan bahasa yang digunakan dalam modul sudah sesuai dengan PUEBI	3	4	4
22		Bahasa yang digunakan dalam modul tidak menimbulkan makna yang ambigu	4	4	4
23		Penyusunan kalimat dalam modul mudah dipahami	4	4	4
24		Kesesuaian penggunaan tanda (miring, tebal dan tanda baca) pada kata dan kalimat untuk memperjelas isi materi	3	4	4
25		Penggunaan bahasa dalam modul mudah dipahami	4	4	4
26		Penggunaan rumus kimia yang tepat	4	4	4

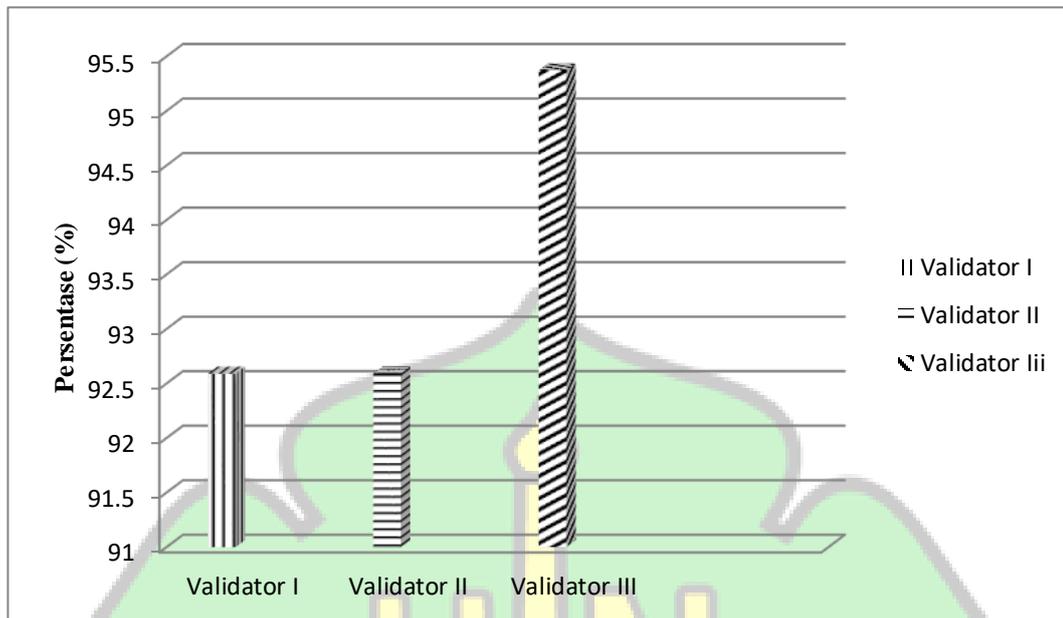
27	Bahasa yang digunakan sudah sesuai dengan pemahaman mahasiswa	4	4	4
Jumlah total skor maksimal		108	108	108
Jumlah skor yang diperoleh		100	100	103
Skor rata-rata		3,70	3,70	3,81
Persentase		92,59%	92,59%	95,37%
Tingkat persentase		81-100%	81-100%	81-100%
Kriteria		Sangat Valid	Sangat Valid	Sangat Valid

Berdasarkan dari data diatas, nilai persentase rata-rata dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\frac{92,59+92,50+95,37}{3} = 93,51\%$$

Berdasarkan hasil dari penilaian validator I, II dan III, skor rata-rata keseluruhan sebesar 3,73 dengan persentase rata-rata 93,51% dengan kriteria “sangat valid”.

Hasil persentase dari data penelitian yang sudah diperoleh dari validasi produk kemudian di interpretasikan ke dalam grafik seperti pada gambar sebagai berikut:

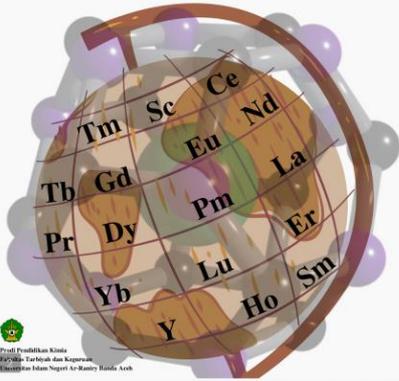
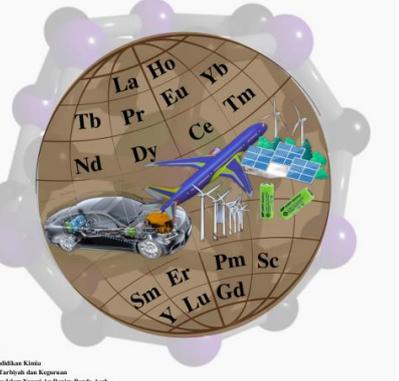


Gambar 4.11 Grafik persentase validator I, II dan III

Berdasarkan hasil validasi dari 3 validator yang telah memberikan kritik dan saran terhadap modul logam tanah jarang, peneliti melakukan evaluasi. Hasil revisi prroduk dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil revisi modul dari validator

Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
<p>Komentar dan Saran: Pembagian peta konsep sesuai dengan materi.</p>	<p>Perbaikan: Ditambahkan blok-d</p>

Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
<p>MODUL</p> <p>LOGAM TANAH JARANG (Rare Earth Element)</p> <p>Oleh: Hamim Muztatan Nim: 180208018</p>  <p>Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh</p>	<p>MODUL</p> <p>LOGAM TANAH JARANG (Rare Earth Element)</p> <p>Oleh: Hamim Muztatan Nim: 180208018</p>  <p>Prodi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh</p>
<p>Komentar dan Saran: Desain logo cover ditampilkan aplikasi dari unsur logam tanah jarang.</p>	<p>Perbaikan: Desain logo cover ditambahkan aplikasi atau kegunaan dari unsur logam tanah jarang.</p>

Sebelum Revisi	Sesudah Revisi																																																																																																																																																
<p>Tabel 1.1 Unsur-unsur Logam Tanah Jarang</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Simbol</th> <th>Nama</th> <th>Nomor Atom</th> <th>Nomor Massa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sc</td><td>Scandium</td><td>21</td><td>44.95</td></tr> <tr><td>Y</td><td>Itrium</td><td>39</td><td>88.90</td></tr> <tr><td>La</td><td>Lantanum</td><td>57</td><td>138.91</td></tr> <tr><td>Ce</td><td>Cerium</td><td>58</td><td>140.12</td></tr> <tr><td>Pr</td><td>Praseodimium</td><td>59</td><td>140.90</td></tr> <tr><td>Nd</td><td>Neodimium</td><td>60</td><td>144.24</td></tr> <tr><td>Pm</td><td>Prometium</td><td>61</td><td>146.92</td></tr> <tr><td>Sm</td><td>Samarium</td><td>62</td><td>150.35</td></tr> <tr><td>Eu</td><td>Europium</td><td>63</td><td>151.96</td></tr> <tr><td>Gd</td><td>Gadolium</td><td>64</td><td>157.25</td></tr> <tr><td>Tb</td><td>Terbium</td><td>65</td><td>158.92</td></tr> <tr><td>Dy</td><td>Dysprosium</td><td>66</td><td>162.59</td></tr> <tr><td>Ho</td><td>Holmium</td><td>67</td><td>164.93</td></tr> <tr><td>Er</td><td>Erbium</td><td>68</td><td>167.26</td></tr> <tr><td>Tm</td><td>Tulium</td><td>69</td><td>168.93</td></tr> <tr><td>Yb</td><td>Itrerbium</td><td>70</td><td>173.04</td></tr> <tr><td>Lu</td><td>Lutetium</td><td>71</td><td>174.97</td></tr> </tbody> </table>	Simbol	Nama	Nomor Atom	Nomor Massa	Sc	Scandium	21	44.95	Y	Itrium	39	88.90	La	Lantanum	57	138.91	Ce	Cerium	58	140.12	Pr	Praseodimium	59	140.90	Nd	Neodimium	60	144.24	Pm	Prometium	61	146.92	Sm	Samarium	62	150.35	Eu	Europium	63	151.96	Gd	Gadolium	64	157.25	Tb	Terbium	65	158.92	Dy	Dysprosium	66	162.59	Ho	Holmium	67	164.93	Er	Erbium	68	167.26	Tm	Tulium	69	168.93	Yb	Itrerbium	70	173.04	Lu	Lutetium	71	174.97	<p>Tabel 1.1 Unsur-unsur Logam Tanah Jarang</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Simbol</th> <th>Nama</th> <th>Nomor Atom</th> <th>Nomor Massa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sc</td><td>Scandium</td><td>21</td><td>44.95</td></tr> <tr><td>Y</td><td>Itrium</td><td>39</td><td>88.90</td></tr> <tr><td>La</td><td>Lantanum</td><td>57</td><td>138.91</td></tr> <tr><td>Ce</td><td>Cerium</td><td>58</td><td>140.12</td></tr> <tr><td>Pr</td><td>Praseodimium</td><td>59</td><td>140.90</td></tr> <tr><td>Nd</td><td>Neodimium</td><td>60</td><td>144.24</td></tr> <tr><td>Pm</td><td>Prometium</td><td>61</td><td>146.92</td></tr> <tr><td>Sm</td><td>Samarium</td><td>62</td><td>150.35</td></tr> <tr><td>Eu</td><td>Europium</td><td>63</td><td>151.96</td></tr> <tr><td>Gd</td><td>Gadolium</td><td>64</td><td>157.25</td></tr> <tr><td>Tb</td><td>Terbium</td><td>65</td><td>158.92</td></tr> <tr><td>Dy</td><td>Dysprosium</td><td>66</td><td>162.59</td></tr> <tr><td>Ho</td><td>Holmium</td><td>67</td><td>164.93</td></tr> <tr><td>Er</td><td>Erbium</td><td>68</td><td>167.26</td></tr> <tr><td>Tm</td><td>Tulium</td><td>69</td><td>168.93</td></tr> <tr><td>Yb</td><td>Itrerbium</td><td>70</td><td>173.04</td></tr> <tr><td>Lu</td><td>Lutetium</td><td>71</td><td>174.97</td></tr> </tbody> </table> <p>* Blok-d Blok-f</p>	Simbol	Nama	Nomor Atom	Nomor Massa	Sc	Scandium	21	44.95	Y	Itrium	39	88.90	La	Lantanum	57	138.91	Ce	Cerium	58	140.12	Pr	Praseodimium	59	140.90	Nd	Neodimium	60	144.24	Pm	Prometium	61	146.92	Sm	Samarium	62	150.35	Eu	Europium	63	151.96	Gd	Gadolium	64	157.25	Tb	Terbium	65	158.92	Dy	Dysprosium	66	162.59	Ho	Holmium	67	164.93	Er	Erbium	68	167.26	Tm	Tulium	69	168.93	Yb	Itrerbium	70	173.04	Lu	Lutetium	71	174.97
Simbol	Nama	Nomor Atom	Nomor Massa																																																																																																																																														
Sc	Scandium	21	44.95																																																																																																																																														
Y	Itrium	39	88.90																																																																																																																																														
La	Lantanum	57	138.91																																																																																																																																														
Ce	Cerium	58	140.12																																																																																																																																														
Pr	Praseodimium	59	140.90																																																																																																																																														
Nd	Neodimium	60	144.24																																																																																																																																														
Pm	Prometium	61	146.92																																																																																																																																														
Sm	Samarium	62	150.35																																																																																																																																														
Eu	Europium	63	151.96																																																																																																																																														
Gd	Gadolium	64	157.25																																																																																																																																														
Tb	Terbium	65	158.92																																																																																																																																														
Dy	Dysprosium	66	162.59																																																																																																																																														
Ho	Holmium	67	164.93																																																																																																																																														
Er	Erbium	68	167.26																																																																																																																																														
Tm	Tulium	69	168.93																																																																																																																																														
Yb	Itrerbium	70	173.04																																																																																																																																														
Lu	Lutetium	71	174.97																																																																																																																																														
Simbol	Nama	Nomor Atom	Nomor Massa																																																																																																																																														
Sc	Scandium	21	44.95																																																																																																																																														
Y	Itrium	39	88.90																																																																																																																																														
La	Lantanum	57	138.91																																																																																																																																														
Ce	Cerium	58	140.12																																																																																																																																														
Pr	Praseodimium	59	140.90																																																																																																																																														
Nd	Neodimium	60	144.24																																																																																																																																														
Pm	Prometium	61	146.92																																																																																																																																														
Sm	Samarium	62	150.35																																																																																																																																														
Eu	Europium	63	151.96																																																																																																																																														
Gd	Gadolium	64	157.25																																																																																																																																														
Tb	Terbium	65	158.92																																																																																																																																														
Dy	Dysprosium	66	162.59																																																																																																																																														
Ho	Holmium	67	164.93																																																																																																																																														
Er	Erbium	68	167.26																																																																																																																																														
Tm	Tulium	69	168.93																																																																																																																																														
Yb	Itrerbium	70	173.04																																																																																																																																														
Lu	Lutetium	71	174.97																																																																																																																																														
<p>Komentar dan Saran: Dibedakan antara dua warna yang terdapat pada unsur lantanida</p>	<p>Perbaikan: Dibedakan dengan keterangan dibawah tabel.</p>																																																																																																																																																

4. Implementasi (*Implementation*)

Tahap implementasi dilakukan setelah peneliti mengembangkan modul dan sudah di validasi oleh dosen ahli. Tahap implementasi dilakukan untuk melihat kelayakan modul logam tanah jarang yang telah dikembangkan oleh peneliti berdasarkan hasil respon mahasiswa. Adapun yang menjadi responden adalah 25 mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia angkatan 2020 yang telah mempelajari materi logam tanah jarang atau golongan lantanida pada mata kuliah Kimia Anorganik II.

Langkah pertama mahasiswa akan menjawab soal tes awal yang terdiri dari 10 soal essay tentang logam tanah jarang yang telah mahasiswa pelajari, hal ini dilakukan untuk melihat apakah mahasiswa sudah paham dengan materi logam tanah jarang kemudian dibagikan angket respon yang berisi 17 pernyataan kepada mahasiswa. Terakhir mahasiswa menjawab soal evaluasi yang terdiri dari 10 soal essay. Soal evaluasi digunakan sebagai tes keterbacaan mahasiswa terhadap modul yang telah dikembangkan oleh peneliti. Hasil respon mahasiswa dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

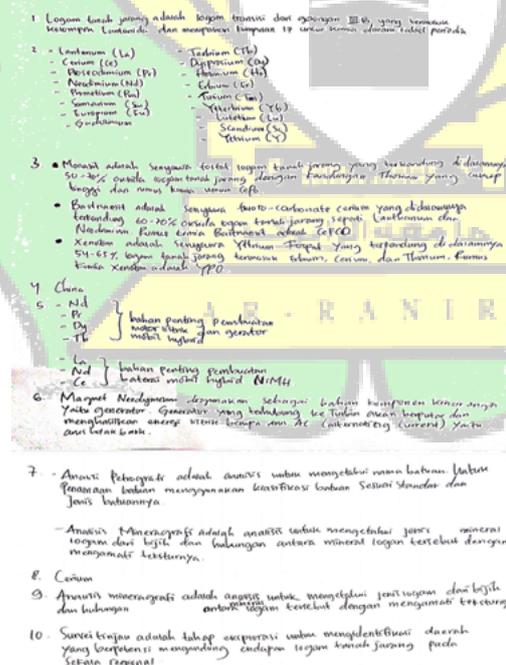
Tabel 4.3 Angket respon mahasiswa

No	Pernyataan	Skor			
		4	3	2	1
1	Desain yang terdapat pada modul Logam Tanah Jarang membuat saya tertarik untuk membacanya.	12	12	1	0
2	Tampilan sampul modul ini menarik sesuai materi.	19	6	0	0
3	Warna yang disediakan dalam modul ini menarik	14	10	1	0

4	Bahasa yang digunakan dalam modul ini mudah dimengerti	10	15	0	0
5	Kesesuaian judul dengan isi materi	9	16	0	0
6	Penyajian materi dalam modul ini membuat saya lebih memahami tentang Logam Tanah Jarang	18	7	0	0
7	Modul ini menambah pengetahuan saya tentang Logam Tanah Jarang	9	16	0	0
8	Jenis dan ukuran tulisan jelas serta mudah dibaca	11	14	0	0
9	Latihan essay yang diberikan mudah untuk dipahami sehingga memperkuat pemahaman saya	18	7	0	0
10	Soal-soal evaluasi yang diberikan mudah untuk dipahami sehingga memperkuat pemahaman saya	8	17	0	0
11	Terdapat rujukan (referensi) tentang materi yang disajikan didalam modul	19	6	0	0
12	Penyajian gambar dalam modul ini dapat mempermudah saya untuk memahami materi yang disajikan didalam modul	14	11	0	0
13	Modul Logam Tanah Jarang, dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi bagi saya	19	6	0	0
14	Penggunaan rumus kimia yang tepat	10	15	0	0
15	Penggunaan tanda baca yang tepat	16	9	0	0
16	Modul Logam Tanah Jarang, menyajikan konsep yang jelas membuat saya terarah untuk membaca	7	18	0	0
17	Modul ini praktis atau mudah dibawa kemana saja	10	15	0	0
Jumlah Total Skor		223	200	2	0
Jumlah Skor		892	600	4	0
Jumlah Total Skor		1496			
Rata-Rata		59,84			
Persentase (%)		88			
Tingkat persentase (%)		81-100			
Kriteria		Sangat Setuju			

Berdasarkan hasil respon mahasiswa terhadap modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Ada 17 pernyataan yang digunakan dalam angket respon yang diberikan kepada 25

mahasiswa dan menggunakan skala penilaian sangat setuju (4), setuju (3), kurang setuju (2) dan tidak setuju (1). Data-data diatas menunjukkan pada pernyataan nomor 1 terdapat 1 mahasiswa memberikan skor 2 dan pernyataan nomor 3 terdapat 1 mahasiswa memberikan skor 2 yang artinya mahasiswa memberikan penilaian “kurang setuju” terhadap pernyataan tersebut. Hal ini memberikan masukan kepada peneliti untuk merevisi kembali bagian yang terdapat kekurangan dalam modul tersebut. Hasil persentase yang didapat adalah sebesar 88% yang dapat disimpulkan bahwa mahasiswa “sangat setuju” modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh digunakan. Hasil soal evaluasi yang telah mahasiswa jawab menunjukkan bahwa banyak mahasiswa menjawab dengan benar. Hal ini menunjukkan bahwa modul logam tanah jarang bisa terbaca oleh mahasiswa.

- 
1. Logam tanah jarang adalah logam transisi dari golongan III B, yang termasuk kelompok Lantanida. Dan merupakan kelompok 14 unsur kimia dalam tabel periodik.
- 2.
- | | |
|---------------------|-------------------|
| - Lantanum (La) | - Scandium (Sc) |
| - Cerium (Ce) | - Yttrium (Y) |
| - Praseodymium (Pr) | - Europium (Eu) |
| - Neodymium (Nd) | - Gadolinium (Gd) |
| - Promethium (Pm) | - Terbium (Tb) |
| - Samarium (Sm) | - Dysprosium (Dy) |
| - Europium (Eu) | - Holmium (Ho) |
| - Gadolinium | - Erbium (Er) |
| | - Thulium (Tm) |
| | - Ytterbium (Yb) |
| | - Lutetium (Lu) |
| | - Scandium (Sc) |
| | - Yttrium (Y) |
- 3.
- Monat adalah senyawa terlarut logam tanah jarang yang berwujud di dalamnya 50-70% oksida logam tanah jarang dengan formula kimia yang mirip logam dan rumus kimia umum Ln_2O_3 .
 - Fluorinat adalah senyawa fluoro-carbonate cerium yang dikawatirnya terdapat 50-70% oksida logam tanah jarang seperti Lantanum dan Neodimium. Rumus kimia fluorinat adalah Ln_2CO_3 .
 - Xenonit adalah senyawa Yttrium-Fluorapat yang terdapat di dalamnya 50-65% logam tanah jarang termasuk cerium, cerium dan Thulium. Rumus kimia Xenonit adalah YPO_4 .
4. Clana
- 5.
- | | |
|------|--|
| - Nd | } bahan penting pembuat magnet permanen dan sensor |
| - Pr | |
| - Dy | |
| - Tb | |
| - La | } bahan penting pembuat katoda tabung sinar katoda |
| - Ce | |
6. Magnet Neodymium digunakan sebagai bahan komponen motor listrik. Yttrium digunakan sebagai bahan pelapis yang melindungi ke tahanan mesin, kopas dan menghasilkan energi. Yttrium juga ada di cat anti-merah (corrosion) serta anti berak kawat.
- 7.
- Analisis Petrografi adalah analisis untuk mengetahui nama katoda. Untuk Penentuan bobot menggunakan kristalisasi bobot sesuai standar dan jenis bahannya.
 - Analisis Mineralografi adalah analisis untuk mengetahui jenis mineral logam dan jenis dan hubungan antara mineral logam tersebut dengan masyarakat khususnya.
8. Cerium
9. Analisis mineralografi adalah analisis untuk mengetahui jenis unsur dan jenis dan hubungan antara logam tersebut dengan masyarakat khususnya.
10. Sensus kimia adalah tahap adaptasi untuk mempelajari daerah yang berpengaruh terhadap logam tanah jarang pada setiap regional.

Gambar 4.12 Jawaban soal evaluasi

5. Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi merupakan tahap yang dilakukan pada setiap tahapan pengembangan ADDIE. Evaluasi dilakukan pada tahap analisis kebutuhan dari hasil analisis kebutuhan mahasiswa yang telah didapatkan. Tahap desain dilakukan evaluasi dari saran dosen pembimbing I dan II. Tahap pengembangan dilakukan evaluasi berupa saran yang didapatkan dari dosen pembimbing I dan II serta validator agar modul yang dikembangkan peneliti menjadi lebih baik lagi. Tahap implementasi dilakukan evaluasi berdasarkan hasil respon mahasiswa serta nilai dari soal tes awal dan soal evaluasi.

B. Pembahasan

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti berjudul pengembangan modul logam tanah jarang yang bertujuan untuk memberikan pengetahuan lebih kepada mahasiswa. Penelitian dan pengembangan (R&D) ini menggunakan model ADDIE dengan lima tahap dalam proses penelitian yaitu, tahap analisis (*Analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*).

Berdasarkan tahap analisis kebutuhan yang telah dilakukan, mahasiswa mengalami kendala dalam mempelajari materi logam tanah jarang. Menurut mahasiswa bahan ajar yang diberikan oleh dosen tentang materi logam tanah jarang berupa PPT dan belum adanya modul yang diberikan. Mahasiswa juga kesulitan dalam mencari referensi materi logam tanah jarang karena kebanyakan referensi berbahasa asing. Menurut mahasiswa perlu adanya

pengembangan modul logam tanah jarang untuk memudahkan mahasiswa dalam mempelajari materi logam tanah jarang dan menambah pengetahuan mahasiswa.

Pada tahap desain peneliti merancang gambaran awal atau desain awal pada aplikasi *Canva* untuk mengembangkan modul logam tanah jarang sesuai dengan hasil informasi yang diperoleh dari tahap analisis kebutuhan. Pertama pemilihan aplikasi yang akan digunakan untuk membuat modul logam tanah jarang yaitu aplikasi *Canva*. Kemudian membuat kerangka awal modul yang meliputi: cover, peta konsep, kata pengantar, materi, tujuan pembelajaran, latihan, soal evaluasi daftar pustaka. Pada tahap desain dilakukan evaluasi terhadap modul logam tanah jarang berdasarkan saran dari dosen pembimbing.

Kerangka awal yang telah selesai didesain kemudian dikembangkan dengan aplikasi *Canva* dan dievaluasi berdasarkan saran dari dosen pembimbing. Produk yang telah dikembangkan oleh peneliti pada tahap pengembangan (*development*) dan di evaluasi oleh dosen pembimbing I dan II selanjutnya divalidasi oleh dosen ahli. Validasi dilakukan bertujuan untuk mendapatkan penilaian berupa komentar dan masukan atas modul yang telah dikembangkan sehingga modul logam tanah jarang bisa menjadi produk yang layak digunakan. Validator terdiri dari tiga orang dosen ahli yaitu, dosen dari Fakultas Sains dan Teknologi Prodi Kimia. Jumlah indikator yang dinilai sebanyak 10 pernyataan untuk aspek media, 10 pernyataan untuk aspek materi dan 7 pernyataan untuk aspek bahasa. Jumlah total pernyataan yaitu 27

pernyataan. Skala penilaian yang digunakan adalah skor 4, skor 3, skor 2 dan skor 1.

Hasil validasi oleh 3 validator, validator I dengan jumlah skor yang diperoleh sebesar 100 dengan skor rata-rata sebesar 3,70 dengan persentase sebesar 92,59% dengan kriteria “sangat valid”. Validator II dengan jumlah skor yang diperoleh sebesar 100 dengan skor rata-rata sebesar 3,70 dengan persentase sebesar 92,59% dengan kriteria “sangat valid”. Validator III dengan jumlah skor yang diperoleh sebesar 108 dengan skor rata-rata sebesar 3,81 dengan persentase sebesar 95,37% dengan kriteria “sangat valid”. Hasil dari ketiga validator menunjukkan skor rata-rata keseluruhan sebesar 3,73 dan persentase rata-rata sebesar 93,51% dengan kriteria “sangat valid”.

Modul logam tanah jarang yang telah divalidasi oleh dosen ahli/validator lalu direvisi sesuai masukan yang diberikan oleh validator kemudian diimplementasikan atau diterapkan kepada mahasiswa angkatan 2020 Prodi Pendidikan Kimia untuk melihat respon mahasiswa terhadap produk yang telah dikembangkan oleh peneliti. Angket respon terdiri dari 17 pernyataan yang diberikan kepada 25 mahasiswa dengan skala penilaian sangat setuju (4), setuju (3), kurang setuju (2) dan tidak setuju (1).

Berdasarkan hasil respon mahasiswa yang didapat adalah sebesar 88% yang dapat disimpulkan bahwa mahasiswa “sangat setuju” modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh digunakan atau dikembangkan. Tahap terakhir yaitu evaluasi. Evaluasi dilakukan pada modul dari tahap analisis kebutuhan sampai tahap implementasi.

Peneliti melakukan tes keterbacaan terhadap modul logam tanah jarang untuk melihat apakah mahasiswa bisa membaca modul logam tanah jarang. Tes keterbacaan dilakukan dengan memberikan soal evaluasi yang terdiri dari 10 soal essay. Berdasarkan jawaban mahasiswa hasil menunjukkan bahwa mahasiswa bisa menjawab soal evaluasi dengan benar. Hal ini menunjukkan bahwa modul logam tanah jarang bisa terbaca oleh mahasiswa.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Parmin (2012). Pada penelitian ini subjek yang digunakan adalah mahasiswa Pendidikan IPA semester tiga yang mengikuti mata kuliah Strategi Belajar Mengajar IPA. Hasil menunjukkan sebanyak 17 mahasiswa mendapat nilai AB dan A, sedangkan mahasiswa lainnya tertarik menggunakan modul tersebut.⁴⁵

Penelitian lain dilakukan oleh Khotim (2015). Pada penelitian ini menggunakan metode R&D dengan model 4D tetapi langkah penelitian yang dilakukan hanya sampai 3D (Define, Design dan Develop) dikarenakan pada penelitian ini tidak dilakukan penyebaran produk hanya sampai uji coba produk saja pada tahap *Develop*. Hasil validasi modul menunjukkan ahli materi memberikan nilai 3,82, ahli bahasa sebesar 3,69 dan ahli media sebesar 3,9 dengan kriteria sangat layak. Pada saat uji coba skala kecil diperoleh rata-rata persentase 87,5% dengan kriteria sangat baik dan uji coba skala besar memperoleh skor 93,6% dengan kriteria sangat baik.⁴⁶

⁴⁵ Parmin dan Peniati, "Pengembangan Modul Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar IPA Berbasis Hasil Penelitian Pembelajaran". *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2012, Vol. 1, No. 1, h. 15.

⁴⁶ Hikmatul Nurul Khotim, "Pengembangan Modul Kimia Berbasis Masalah Pada Materi Asam Basa", *Chemistry in Education*, 2015, Vol. 4, No. 2, h. 69

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengembangan modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh sangat valid untuk digunakan dalam pembelajaran. Hal ini berdasarkan hasil validasi dari tiga validator yang menunjukkan skor rata-rata keseluruhan sebesar 3,73 dan persentase rata-rata sebesar 93,51% dengan kriteria “sangat valid”
2. Hasil respon peserta didik terhadap pengembangan modul logam tanah jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh adalah “sangat setuju” dengan persentase 88%.

B. Saran

Berikut saran yang dapat diajukan oleh peneliti terhadap penelitian dan pengembangan sebagai berikut:

1. Modul logam tanah jarang dapat dikembangkan lagi dengan membuat tampilannya lebih menarik, ditambahkan gambar-gambar yang jelas dan cerah, penggunaan bahasa yang lebih mudah dipahami dan dengan penambahan materi lainnya yang dapat menambah wawasan pembaca.

2. Diharapkan adanya peneliti lainnya yang melanjutkan penelitian ini dengan memberikan kreativitas, inovatif, tampilan yang lebih menarik dan menjadikan modul logam tanah jarang yang mudah dibaca dan dipahami oleh pembaca.



DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. (2010). *Evaluasi Program Pendidikan: Pedoman Teoritis Praktis Bagi Praktisi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Asara.
- Atmawinata, Achdiat. (2011). *Pengembangan Industri REE di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Perindustrian.
- Atmawinata, Achdiat. (2014). *Telaahan Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Baunsele, Anselmus Boy. (2020). Peningkatan pemahaman terhadap Ilmu Kimia melalui Kegiatan praktikum Kimia Sederhana di Kota Soe. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 10(10), 44.
- Cahyadi, Rahmat Arofah Hari. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis ADDIE Model. *Halaga: Islamic Education Journal*, 3(1), 36-37.
- Delvi, Andira. (2013). *Kesulitan Siswa dalam mempelajari Materi Prisma di Kelas X SMA Negeri 1 Krueng Barona Jaya tahun pelajaran 2012/2013*, Skripsi, Banda Aceh: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Syiah Kuala.
- Depdiknas. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Ditjen Dikdasmen.
- Dahar, Ratna. (1989). *Teori-teori Belajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Guskarnali. (2020). Identifikasi Keberadaan Logam Tanah Jarang (LTJ) Pada Tailing Timah Menggunakan Alat XRF Portable Dan XRF Max/Portable Kecamatan Merawang. *Jurnal Geosapta*, 6(7), 123.
- Housecroft, Catherine E. 2012. *Inorganic Chemistry*. England: Person Education Limited.
- Herlani, Ratmi. (2011). *Mempelajari Pengaruh Logam Tanah Jarang Serium (Ce) dan Lantanum (La) pada Analisis torium dengan Metoda pendar Sinar-X*. Yogyakarta: Pusat teknologi Akselerator dan Proses Bahan.
- Harjanto, Sri. (2013). *Characterization of Indonesia Rare Earth Minerals and Their Potential Processing Technique*. Depok: University of Indonesia.

- Hakim, Thursan. (2005). *Belajar secara Efektif*. Jakarta: Puspa .
- Hamalik, Omear. (2007). *Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Khotim, Hikmatul Nurul. (2015). Pengembangan Modul Kimia Berbasis Masalah Pada Materi Asam Basa. *Jurnal Chemistry In Education*, 4(2). 69.
- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mieral. (2019). *Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi.
- Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. (2022). *Mengenal Metode Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model 4D*. Medan: Universitas Medan Area.
- Lehman. (1991). *Worskhop On Igneous Petrogy And Granite-Related Ore Formation*. Malaysia: Seatrad Centreand Undp.
- Muhibbin. (2005). *Psikologi Pendidikan suatu Pendekatan Baru*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Majid, Abdul. (2007). *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdaka.
- Nahar, Novi Irwan. (2016). Penerapan Teori Belajar Behavioristik dalam Proses Pembelajaran, *Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 1(1), 64-65.
- Nugroho, Puspo. (2015). Pandangan Kognitivisme dan Aplikasinya dalam pembelajaran Pendidikan Agama Islam Anak Usia Dini. *ThufuLA: Jurnal Inovasi Pendidikan Islam Anak Usia Dini*, 2(2), 50.
- Neolaka, Amos., dan Grace Amalian. (2017). *Landasan Pendidikan*. Depok: Kencana.
- Parmin dan Peniati. (2012). Pengembangan Modul Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar IPA Berbasis Hasil Penelitian Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 15.
- Prastowo, Andi. (2015). *Panduan Kreatif membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Prasetyo, Eko. (2015). *Ternyata Penelitian Itu Mudah*. Lumajang: eduNomi.
- Rosyid, Fairuz. (2019). Teori Belajar kognitif dan Impilikasinya dalam Pembelajaran Bahasa Arab. *Jurnal Nunalisa*, 9(1), 97.

- Raiser, A Robert dan John Depsey. *Trend and Issue in Instruction Design and Technology*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Republik Indonesia, Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2002, Lembaran Negara Tahun 2002 No. 18, Tambahan lembaran Negara Republik Indonesia No. 4219.
- Saputra, Budiyo. (2011). *Manajemen Penelitian Pengembangan*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo,.
- Sihotang, Ijah Mulyani., dan Cahaya. (2022). Penggunaan Modul sebagai Bahan Ajar dalam Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Akuntansi. *Liabilities Jurnal Pendidikan Akuntansi*, 5(1), 80.
- Soetopo, Bambang. (2013). Studi Geologi dan Logam Tanah Jarang Daerah Air Gegas Bangka Selatan. *Jurnal Eksplorium*, 34(1), 53.
- Suwargi, Endang., dan Dwi Nugroho. (1991). *Hasil penelitian logam jarang di Pegunungan Tigapuluh*. Riau: Direktorat Sumberdaya Mineral.
- Suwargi, Endang. (2010). Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 5(3), 131-137.
- Suganal. (2018). Identifikasi Keterdapatan Unsur Logam Tanah Jarang dalam Abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin, Sumatera Barat. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(2), 111.
- Sumantri, Budi Agus., dan Nurul Ahmad. (2019). Teori Belajar Humanistik dan Implikasinya terhadap Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Fondatia: Jurnal Pendidikan Dasar*, 3(2), 3.
- Suwartaya. (2020). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar Pembelajaran Jarak Jauh (BA-PJJ) Sekolah Dasar*. Pekalongan: Dinas pendidikan.
- Saleh, Mawardi. (2016). Konstruktivisme: sebuah Analisis Perspektif Pembelajaran. *Jurnal Transformasi*, 2(2), 1-2.
- Sugiyono. (2018). *Metodelogi Penelitian Kombinasi*, Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Sudjono, Anjas. (2010). *Pengantar Statistik Pendidikan*, Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Soesilo. (2019). *Ragam dan Prosedur Penelitian Tindakan*. Salatiga: Satya Wacana University press.
- Sukiman. (2013). *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Pedagogik.
- Tegeh, I Made. (2014). *Model Penelitian Pengembangan*. Singaraja: Yogyakarta Graha Ilmu.
- Trianto. (2007). *Pengantar Penelitian Pendidikan bagi Pengembangan Profesi Pendidikan Tenaga Kependidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Voncken. (2016). *The Rare Earth Elements an Introduction*. The Netherland: Civil Engineering and Geosciences Delft University of Technology.
- Widodo, Chomsin S., dan Jasmadi. (2008). *Paduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Yuhelda. (2020). *Pengolahan dan Pemanfaatan Rare Earth Element*. Jakarta: Pusat Survei Geologi, Badan geologi.

Lampiran 1

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FTK UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
 Nomor: B-1998/Un.08/FTK/Kp.07.6/02/2022

TENTANG:
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FTK UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

- Menimbang** : a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi dan ujian munaqasyah mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi tersebut yang dituangkan dalam Surat Keputusan Dekan;
- b. bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai pembimbing skripsi.
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
6. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013, Tentang Perubahan IAIN Ar-Raniry Banda Aceh Menjadi UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, Tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
8. Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry;
9. Keputusan Menteri Agama Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia;
10. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011 tentang Penetapan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh Pada Kementerian Agama Sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;
11. Surat Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 Tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang Kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
- Memperhatikan** : Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Prodi PKM Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 24 Januari 2022.

MEMUTUSKAN

- Mencetak** :
PERTAMA : Menunjuk Saudara:
- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1. Adean Mayasri, M.Sc | sebagai Pembimbing Pertama |
| 2. Safrizal, M.Pd | sebagai Pembimbing Kedua |
- Untuk membimbing Skripsi:
- Nama : Hanum Muziatun
 NIM : 180208018
 Prodi : Pendidikan Kimia
 Judul Skripsi : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-raniry Banda Aceh.
- KEDUA** : Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut di atas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2022 Nomor: 025.04.2.423925/2022 tanggal 17 November 2021;
- KETIGA** : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir semester Genap Tahun Akademik 2021/2022;
- KEEMPAT** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

Ditetapkan di : Banda Aceh
 Pada Tanggal : 08 Februari 2022

Aa. Rektor
 Dekan,



Muslim Razati

Tembusan

1. Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ketua Prodi PKM Fakultas Tarbiyah dan Keguruan;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.

Lampiran 2



KEMENTERIAN AGAMA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
 FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
 Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
 Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-14545/Un.08/FTK-I/TL.00/11/2022

Lamp :-

Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,
 Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
 Pimpinan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **HANUM MUZIATUN / 180208018**
 Semester/Jurusan : IX / Pendidikan Kimia
 Alamat sekarang : Lr pelangi, desa tanjung selamat, kec. Syiah kuala, kab. Aceh Besar

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 08 November 2022
 an. Dekan
 Wakil Dekan Bidang Akademik dan
 Kelembagaan,



Berlaku sampai : 31 Desember
 2022

Habiburrahim, M.Com., M.S., Ph.D.

AR-RANIRY

Lampiran 3



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
PRODI PENDIDIKAN KIMIA

Jl. Syekh Abdul Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
 Telp. (0651) 7553020 www.tarbiyah-ar-raniry.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor: B-305/Un.08/PKM/PP.00.9/12/2022

Ketua Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : **Hanum Muziatun**
 NIM : 180208018
 Program Studi : Pendidikan Kimia
 Alamat : Lr. Pelangi Desa Tanjung Selamat Kec. Syiah Kuala Kabupaten Aceh Besar.

Benar yang nama tersebut di atas, telah selesai melaksanakan penelitian dan pengumpulan data Skripsi di Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan judul:

Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Banda Aceh, 2 Desember 2022
 Ketua Prodi Pendidikan Kimia,


Mujakir

A R - R A N I R Y

Lampiran 4

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)
MATA KULIAH: KIMIA ANORGANIK II
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS TARBIAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY Banda Aceh

A. IDENTITAS

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Prodi | : Pendidikan Kimia |
| 2. Kode Mata kuliah | : PKM17041 |
| 3. Nama Mata kuliah | : Kimia Anorganik II |
| 4. Semester/SKS | : IV/2 SKS |
| 5. Jenis Mata Kuliah | : Wajib |
| 6. Koordinator Mata Kuliah | : Adean Mayasri, M.Sc. |
| 7. Dosen Pengampu | : Adean Mayasri, M.Sc. |

B. CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN (CPL-Prodi)

1. Sikap:
 - Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral dan etika (S2)
 - Bertanggung jawab sepenuhnya terhadap nilai-nilai akademik yaitu kejujuran, kebebasan dan otonomi akademik yang diembannya (S12)
2. Pengetahuan:
 - Melakukan pendalaman bidang kajian kimia sesuai dengan lingkungan dan perkembangan jaman (PP15)
 - Menguasai konsep, metode keilmuan, substansi materi, struktur, dan pola pikir keilmuan kimia (PP16)
3. Keterampilan Umum:
 - Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, desain atau kritik seni (KU3)
 - Mampu memanfaatkan teknologi informasi baik secara mandiri maupun bekerja-sama untuk pembelajaran (KU9)
4. Keterampilan Khusus:
 - Mampu mengaplikasikan bidang keahliannya dan memanfaatkan ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau seni pada bidangnya dalam penyelesaian masalah serta mampu beradaptasi terhadap situasi yang dihadapi; (KK1)
5. Keterampilan Tambahan:
 - Mampu merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran siswa aktif, yang memanfaatkan potensi lingkungan setempat sesuai standar proses dan mutu yang ditetapkan; (KT1.a.)

C. CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (CPMK)

1. Mampu melakukan simulasi atas materi yang diperoleh (M1);
2. Mampu mengaplikasikan teori-teori kimia anorganik II dalam kehidupan sehari-hari (M2);
3. Mampu merancang atau merencanakan simulasi dalam mengaplikasikan teori kimia anorganik II yang dipelajari (M3);
4. Mampu memahami dan menggunakan dengan tepat kimia anorganik II yang sesuai dengan kasus yang dihadapi, sehingga menghasilkan kesimpulan yang terbaik, yang berguna dalam pengambilan keputusan (M4).

D. DESKRIPSI MATA KULIAH

Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib bagi semua mahasiswa pada program studi Pendidikan Kimia lanjutan dari Kimia Anorganik I yang meliputi : Ikatan Logam, Ikatan Ionik, Metalurgi, Unsur-Unsur Golongan Utama, Transisi, Lantanida dan Aktinida.

E. MATRIKS KEGIATAN PEMBELAJARAN

Per-kemampuan	Kemampuan Akhir yang diharapkan (sub CPMK)	Bahan Kajian /Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran	Metode Pembelajaran	Alokasi waktu	Pengalaman Belajar mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator, bobot)	Referensi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
I	<p>-Mahasiswa mampu menunjukkan sikap menerima perjanjian kontrak kuliah dengan baik dan penuh tanggungjawab</p> <p>-Mahasiswa termotivasi untuk menguasai kompetensi akhir yang diharapkan</p> <p>-Mahasiswa dapat mengingat dan menjelaskan kembali materi dasar kimia dasar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrak perkuliahan • Review materi Kimia Anorganik I • Pengenalan Kimia Anorganik II 	Kuliah, Tutorial	Ceramah, Diskusi, Pembelajaran Berbasis Masalah	PTM 2 x 50 menit	<p>PTM</p> <p>-Mahasiswa mendengar penjelasan tentang ruang lingkup perkuliahan dan materi ajar</p> <p>-Mahasiswa berdiskusi tentang ruang lingkup perkuliahan dan materi ajar (2x50 menit)</p> <p>TKT 2 x 60 menit</p> <p>TKM</p>	<p>-Bentuk penilaian tes tulis/lisan -kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan -ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan -mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</p>	Adlim, 2010, Kimia Anorganik Atkins, 2000, Inorganic Chemistry

	kegunaan dari golongan halogen dan gas mulia	<ul style="list-style-type: none"> - Sumber dan produksi halogen - Kegunaan halogen Gas Mulia - Sifat kimiawi gas mulia - Sumber dan produksi gas mulia - Kegunaan gas mulia 			<p>penjelasan tentang materi perkuliahan</p> <p>-Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit)</p> <p>TKT Tugas 13: Menyusun ringkasan materi yang dipelajari dan memberi pengembangan materi melalui referensi lain (2x60 menit)</p> <p>TKM Tugas 14: Membaca referensi lain yang berkaitan dengan materi ajar</p>	<p>indikator penilaian adalah kecepatan dan penguasaan</p> <p>-kecepatan menjelaskan pengetahuan materi yang ditanyakan</p> <p>-mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</p>	Atkins, 2000, Inorganic Chemistry
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------------

					(2x60 menit)			
15	Mahasiswa mampu menjelaskan sifat, sumber, produksi, kegunaan dari golongan Lantanida dan Aktinida	<p>Lantanida</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sifat kimiawi lantanida - Sumber dan produksi lantanida - Kegunaan lantanida <p>Aktinida</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sifat kimiawi Aktinida - Sumber dan produksi aktinida - Kegunaan aktinida 	Kuliah, Tutorial	dikusi, tanya jawab, tes	<p>PTM 2 x 50 menit</p> <p>TKT 2 x 60 menit</p> <p>TKM 2 x 60 menit</p>	<p>PTM</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mahasiswa mendengar penjelasan tentang materi perkuliahan -Mahasiswa berdiskusi tentang materi perkuliahan (2x50 menit) <p>TKT Tugas 13: Menyusun ringkasan materi yang dipelajari dan memberi pengembangan materi melalui referensi lain (2x60 menit)</p> <p>TKM Tugas 14: Membaca referensi lain yang berkaitan dengan materi ajar (2x60 menit)</p>	<p>-Bentuk penilaian tes meliputi esay</p> <p>-kriteria dan indikator penilaian adalah kecepatan dan penguasaan</p> <p>-kecepatan menjelaskan pengetahuan materi yang ditanyakan</p> <p>-mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</p>	Adim, 2010, Kimia Anorganik Atkins, 2000, Inorganic Chemistry
16	Mahasiswa mampu menjawab soal-soal tes terhadap materi yang telah diajarkan dari pertemuan 9-15 minimal 75%	Materi ajar yang telah dipelajari dari pertemuan 9-15	Ujian akhir semester (UAS)		<p>PTM 2 x 50 menit</p>	<p>Mahasiswa menjawab soal-soal yang diujikan dengan benar</p>	<p>-Bentuk penilaian tes yaitu esay</p> <p>-kriteria dan indikator penilaian adalah kecepatan dan penguasaan</p> <p>-kecepatan menjelaskan pengetahuan materi yang ditanyakan</p> <p>-mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</p>	

F. REFERENSI

1. **Wajib**
Adim, Kimia Anorganik
Atkins, Inorganic Chemistry
2. **Pendukung**
Zarfaida Fitri, Kimia Anorganik Bagian I
Cotton & Wilkinson, Kimia Anorganik Dasar

Mengetahui:
Ketua Prodi Pendidikan Kimia,

Dr. Mujakir, M.Pd.Sl
NIP. 197703052009121004

Banda Aceh, 1 Maret 2020
Koordinator Mata Kuliah Dosen Pengampu,

Adean Mayasri, M.Sc.
NIP. 199203122018012002

Lampiran 5

VALIDASI INSTRUMEN

Lembar Validasi Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia Uin Ar-Raniry Banda Aceh

Petunjuk:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada salah satu skor validasi yang sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu jika:

Skor 2 : Apabila pernyataan sudah komunikatif dan sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 1 : Apabila pernyataan sudah komunikatif tetapi belum sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 0 : Apabila pernyataan tidak komunikatif dan tidak sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti

Pertanyaan Nomor	Skor Validasi		
	2	1	0
1	✓		
2	✓		
3			
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		
10	✓		

Kritik dan Saran

.....

.....

.....

.....

Banda Aceh, 2022

Validator,

Muhammad, M.Pd

NIP. 19721110200700030

VALIDASI INSTRUMEN

Formulir Validasi Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia Uin Ar-Raniry Banda Aceh

Petunjuk:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada salah satu skor validasi yang sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu jika:

Skor 2 : Apabila pernyataan sudah komunikatif dan sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 1 : Apabila pernyataan sudah komunikatif tetapi belum sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 0 : Apabila pernyataan tidak komunikatif dan tidak sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti

Pertanyaan Nomor	Skor Validasi		
	2	1	0
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		
10	✓		

Kritik dan Saran

.....

.....

.....

.....

Banda Aceh, 2022

Validator,


(..... F. Badisyah, M.Pd.....)

Lampiran 6

LEMBAR ANGKET ANALISIS KEBUTUHAN

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan
Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Peneliti : Hanum Muziatun

Pembimbing 1 : Adean Mayasri, M.Sc

Pembimbing 2 : Safrijal, M.Pd

A. Identitas Mahasiswa

Nama : Maharani Permata Azizah

Angkatan : 2020

Instansi : Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

B. Petunjuk: Silahkan dibaca pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan seksama dan berikan tanda centang (√) pada salah satu jawaban

No	Pertanyaan	Jawaban		Alasan
		Ya	Tidak	
A. Kendala mempelajari materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang				
1	Apakah mahasiswa mengalami kendala dalam pembelajaran mata kuliah kimia anorganik 2 khususnya materi lantanida/Logam Tanah Jarang?	√		Iya, dikarenakan ada satu dan lain hal yang menyebabkan adanya halangan pada Sehingga banyak jam kosong
2	Apakah dosen memberikan bahan ajar materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang? kepada mahasiswa?		√	Tidak, dikarenakan pada saat perkuliahan kemarin mahasiswa di suruh untuk mempresentasikan materi tersebut dengan penambahan materi dari dosen

3	Apakah dosen pernah menggunakan modul golongan lantanida/Logam Tanah jarang dalam proses pembelajaran?		√	Tidak, dosen hanya memberikan judul materi tersebut dan mahasiswa mempresentasikannya dengan tambahan materi dari dosen
3	Apakah mahasiswa mengalami kendala dalam mencari bahan ajar pada materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?	√		Iya, sedikit mengalami kendala dikarenakan sedikit referensi tentang materi tersebut
4	Apakah mahasiswa memiliki buku yang terdapat materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?		√	Tidak, dikarenakan buku tentang materi tersebut sedikit sulit dicari
5	Apakah mahasiswa mudah memahami materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang dari referensi yang di dapat?		√	Tidak, dikarenakan referensi yang di temukan kebanyakan berbahasa asing jadi memerlukan sedikit waktu untuk memahaminya
6	Apakah mahasiswa sebelumnya tau bahwa golongan lantanida disebut juga logam tanah jarang?	√		Iya, dikarenakan sudah belajar sekilas pada dasar kimia
7	Apakah selama perkuliahan mahasiswa sering belajar tentang materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?		√	Tidak, Dikarenakan kurangnya waktu untuk belajar materi tersebut diluar jam kuliah
B Kebutuhan modul Logam Tanah Jarang				
8	Apakah mahasiswa setuju apabila dikembangkan bahan ajar berupa modul Logam Tanah Jarang?	√		Sangat setuju, dikarenakan modul ini akan sangat membantu untuk memahami materi lantanida
9	Apakah mahasiswa tertarik menggunakan modul pembelajaran untuk mata kuliah	√		Sangat tertarik, karena mungkin saja dengan adanya modul ini membuat lebih mengerti tentang materi tersebut

	kimia anorganik 2 khususnya materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang?			
10	Apakah dengan adanya modul materi golongan lantanida/Logam Tanah Jarang akan memudahkan mahasiswa dalam pembelajaran?	√		Iya, Dikarenakan ini merupakan solusi untuk mempermudah dalam memahami materi tersebut

Lampiran 7

VALIDASI INSTRUMEN

Lembar Validasi Produk Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia Uin Ar-Raniry Banda Aceh

Petunjuk:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada salah satu skor validasi yang sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu jika:

Skor 2 : Apabila pernyataan sudah komunikatif dan sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 1 : Apabila pernyataan sudah komunikatif tetapi belum sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 0 : Apabila pernyataan tidak komunikatif dan tidak sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti

Aspek Media	Skor Validasi		
	2	1	0
Pertanyaan Nomor			
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		
10	✓		

Aspek Materi	Skor Validasi		
	2	1	0
Pertanyaan Nomor			
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		

Aspek Bahasa Pertanyaan Nomor	Skor Validasi		
	2	1	0
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		

Kritik dan Saran

.....

.....

.....

.....

.....

Banda Aceh, 1 November 2022

Validator,



Np.197211102007011050

VALIDASI INSTRUMEN

Lembar Validasi Produk Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia Uin Ar-Raniry Banda Aceh

Petunjuk:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada salah satu skor validasi yang sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu jika:

Skor 2 : Apabila pernyataan sudah komunikatif dan sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 1 : Apabila pernyataan sudah komunikatif tetapi belum sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 0 : Apabila pernyataan tidak komunikatif dan tidak sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti

Aspek Media	Skor Validasi		
	2	1	0
Pertanyaan Nomor			
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		
10	✓		

Aspek Materi	Skor Validasi		
	2	1	0
Pertanyaan Nomor			
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		

Aspek Bahasa Pertanyaan Nomor	Skor Validasi		
	2	1	0
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		

Kritik dan Saran

Nateli → Pertanyaan terkait kebenaran konsep

Banda Aceh, October 2022

Validator,

(..... T. Badiisyah, M.Pd.)

جامعة الرانيري

AR-RANIRY

Lampiran 8

LEMBAR VALIDASI PRODUK

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan
Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Peneliti : Hanum Muziatun

Pembimbing 1 : Adean Mayasri, M.Sc

Pembimbing 2 : Safrijal, M.Pd

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Peneliti bermaksud mengadakan validasi modul logam tanah jarang ini. Oleh karena itu, dimohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap modul yang telah peneliti kembangkan. Penilaian dari Bapak/Ibu akan digunakan sebagai masukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas modul yang telah peneliti kembangkan sehingga dapat diketahui bahwa modul ini layak atau tidak untuk digunakan.

B. Identitas Validator Ahli

Nama : Khairun Nisan

Instansi : Fakultas Sains & Teknologi

C. Petunjuk Penilaian

1. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk mengisi Identitas Validator.
2. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia.
3. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk memberikan kritik dan saran pada lembar yang telah disediakan.

4. Skala penilaian :

Skor 4 = Sangat Baik

Skor 2 = Cukup Baik

Skor 3 = Baik

Skor 1 = Kurang Baik

5. Atas kesediaan Bapak/Ibu, saya ucapkan terimakasih.

No	Aspek Media	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Ilustrasi cover modul menggambarkan isi modul	✓			
2	Tampilan warna cover menarik		✓		
3	Tampilan warna pada modul menarik untuk memotivasi mahasiswa dalam memahami materi dalam modul logam tanah jarang		✓		
4	Bentuk huruf dalam modul jelas dan mudah dibaca		✓		
5	Kesesuaian warna antara <i>background</i> , tulisan dan gambar	✓			
6	Kesesuaian daftar isi dengan isi modul	✓			
7	Kesesuaian peta konsep dengan isi modul	✓			
8	Kesesuaian pemilihan ukuran huruf pada cover	✓			
9	Penyajian gambar dalam modul ini dapat mempermudah mahasiswa untuk memahami materi yang disajikan didalam modul		✓		
10	Tidak terlalu banyak menggunakan jenis huruf	✓			

جامعة الراتريك

A R - R A N I R Y

No	Aspek Materi	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Penyajian materi pada modul jelas dan mudah dipahami	✓			
2	Materi yang disajikan sesuai dengan tingkat pemahaman mahasiswa	✓			
3	Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai	✓			
4	Penyajian materi disajikan secara sistematis	✓			
5	Materi dalam modul disajikan sesuai dengan daftar isi	✓			
6	Modul yang disajikan sesuai dengan peta konsep	✓			
7	Materi yang disajikan sudah benar (tidak miskonsepsi)	✓			
8	Gambar yang terdapat dalam modul memiliki sumber yang relevan	✓			
9	Lembar tugas yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang		✓		
10	Soal evaluasi yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang	✓			

No	Aspek Bahasa	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Penggunaan bahasa yang digunakan dalam modul sudah sesuai dengan PUEBI	✓			
2	Bahasa yang digunakan dalam modul tidak menimbulkan makna yang ambigu	✓			
3	Penyusunan kalimat dalam modul mudah dipahami	✓			
4	Kesesuaian penggunaan tanda (miring, tebal dan	✓			

	tanda baca) pada kata dan kalimat untuk memperjelas isi materi				
5	Penggunaan bahasa dalam modul mudah dipahami	✓			
6	Penggunaan rumus kimia yang tepat	✓			
7	Bahasa yang digunakan sudah sesuai dengan pemahaman mahasiswa	✓			

D. Kritik dan Saran

Diperlukan peransahan revisi untuk gambar saja lebih cerah

E. Kesimpulan

Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi
2. Layak digunakan dengan revisi
3. Tidak layak digunakan

*) Lingkari salah satu

Banda Aceh, 30 November 2022

Validator

Khairul Nisab
 Khairul Nisab
 (.....)

Lampiran 9

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN VALIDASI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Khaerun Nisah
 Pekerjaan : Dosen
 Instansi : UIN Ar-Raniry, Banda Aceh.

Telah memvalidasi aspek materi dari produk pengembangan yang telah dikembangkan oleh :

Nama : Hanum Muziatun
 NIM : 180208018
 Program Studi : Pendidikan Kimia
 Instansi : Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh

Produk yang dikembangkan berupa Modul Logam Tanah Jarang yang akan digunakan untuk penelitian di Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Setelah memvalidasi produk yang telah dikembangkan tersebut, maka masukan yang diberikan adalah

→ Masukan telah diberikan dan terlampir pada modul. (8 November 2022)

→ Sudah disesuaikan sesuai arahan dan masukan.

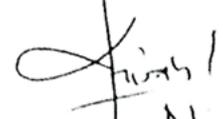
Demikian surat pernyataan keaslian validasi ini dibuat dengan sebenar-benarnya agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Banda Aceh, November 2022

Validator


 Khaerun Nisah

*Lampiran 10***LEMBAR VALIDASI PRODUK**

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Peneliti : Hanum Muziatun

Pembimbing 1 : Adean Mayasri, M.Sc

Pembimbing 2 : Safrijal, M.Pd

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Peneliti bermaksud mengadakan validasi modul logam tanah jarang ini. Oleh karena itu, dimohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap modul yang telah peneliti kembangkan. Penilaian dari Bapak/Ibu akan digunakan sebagai masukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas modul yang telah peneliti kembangkan sehingga dapat diketahui bahwa modul ini layak atau tidak untuk digunakan.

B. Identitas Validator Ahli

Nama : *Muslem, M.Sc.*

Instansi : *Prodi Kimia, FST, UIN Ar-Raniry.*

C. Petunjuk Penilaian

1. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk mengisi Identitas Validator.
2. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia
3. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk memberikan kritik dan saran pada lembar yang telah disediakan.

4. Skala penilaian :

Skor 4 = Sangat Baik

Skor 2 = Cukup Baik

Skor 3 = Baik

Skor 1 = Kurang Baik

5. Atas kesedian Bapak/Ibu, saya ucapkan terimakasih.

No	Aspek Media	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Ilustrasi cover modul menggambarkan isi modul	✓			
2	Tampilan warna cover menarik	✓			
3	Tampilan warna pada modul menarik untuk memotivasi mahasiswa dalam memahami materi dalam modul logam tanah jarang	✓			
4	Bentuk huruf dalam modul jelas dan mudah dibaca	✓			
5	Kesesuaian warna antara <i>background</i> , tulisan dan gambar	✓			
6	Kesesuaian daftar isi dengan isi modul		✓		
7	Kesesuaian peta konsep dengan isi modul		✓		
8	Kesesuaian pemilihan ukuran huruf pada cover	✓			
9	Penyajian gambar dalam modul ini dapat mempermudah mahasiswa untuk memahami materi yang disajikan didalam modul	✓			
10	Tidak terlalu banyak menggunakan jenis huruf	✓			

No	Aspek Materi	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Penyajian materi pada modul jelas dan mudah dipahami		✓		
2	Materi yang disajikan sesuai dengan tingkat pemahaman mahasiswa		✓		
3	Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai	✓			
4	Penyajian materi disajikan secara sistematis		✓		
5	Materi dalam modul disajikan sesuai dengan daftar isi	✓			
6	Modul yang disajikan sesuai dengan peta konsep	✓			
7	Materi yang disajikan sudah benar (tidak miskonsepsi)		✓		
8	Gambar yang terdapat dalam modul memiliki sumber yang relevan			✓	
9	Lembar tugas yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang	✓			
10	Soal evaluasi yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang	✓			

No	Aspek Bahasa	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Penggunaan bahasa yang digunakan dalam modul sudah sesuai dengan PUEBI	✓			
2	Bahasa yang digunakan dalam modul tidak menimbulkan makna yang ambigu	✓			
3	Penyusunan kalimat dalam modul mudah dipahami	✓			
4	Kesesuaian penggunaan tanda (miring, tebal dan	✓			

	tanda baca) pada kata dan kalimat untuk memperjelas isi materi	✓			
5	Penggunaan bahasa dalam modul mudah dipahami	✓			
6	Penggunaan rumus kimia yang tepat	✓			
7	Bahasa yang digunakan sudah sesuai dengan pemahaman mahasiswa	✓			

D. Kritik dan Saran

... Deskripsi dan lebih diteliti di bagian
 ... Petasi logam tanah jarang di bagian
 ... Basin eksplorasi, dipas seduh bebun
 ... Sub bab, studi geologi, studi geoteknik dan
 ... geoteknik. Perhatikan sistem acuan tepat
 ICP OES & ICP MS

E. Kesimpulan

Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi
2. Layak digunakan dengan revisi
3. Tidak layak digunakan

*) Lingkari salah satu

Banda Aceh, ... 4/11/... 2022

Validator

Hand
 (... Muslim, M.Sc.)

Lampiran 11

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN VALIDASI

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : *Muslem, S.Si, M.Sc.*
 Pekerjaan : *Dosen Prodi Kimia FST*
 Instansi : *UIN Ar-Raniry*

Telah memvalidasi aspek materi dari produk pengembangan yang telah dikembangkan oleh

Nama : Hanum Muziatun
 NIM : 180208018
 Program Studi : Pendidikan Kimia
 Instansi : Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh

Produk yang dikembangkan berupa Modul Logam Tanah Jarang yang akan digunakan untuk penelitian di Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Setelah memvalidasi produk yang telah dikembangkan tersebut, maka masukan yang diberikan adalah

1. Deskripsi lebih sistematis di bagian potansi logam tanah jarang Indonesia
2. Buat sub bab tentang ~~dan~~ sumber materi eksplorasi
3. Lengkapi metode Identifikasi & analisis termasuk ICP-OES, ICP-MS dengan standar ppm atau ppb.

Demikian surat pernyataan keaslian validasi ini dibuat dengan sebenar-benarnya agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Banda Aceh, 4/11/2022

Validator

Muslem
 Muslem, M.Sc.

Lampiran 12

LEMBAR VALIDASI PRODUK

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Peneliti : Hanum Muziatun

Pembimbing 1 : Adean Mayasri, M.Sc

Pembimbing 2 : Safrijal, M.Pd

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Peneliti bermaksud mengadakan validasi modul logam tanah jarang ini. Oleh karena itu, dimohon kesediaan Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap modul yang telah peneliti kembangkan. Penilaian dan Bapak/Ibu akan digunakan sebagai masukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas modul yang telah peneliti kembangkan sehingga dapat diketahui bahwa modul ini layak atau tidak untuk digunakan.

B. Identitas Validator Ahli

Nama : Muammer Yulian

Instansi : UIN Ar-Raniry

C. Petunjuk Penilaian

1. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk mengisi Identitas Validator.
2. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia.
3. Mohon kepada Bapak/Ibu untuk memberikan kritik dan saran pada lembar yang telah disediakan.

4. Skala penilaian :

Skor 4 = Sangat Baik

Skor 2 = Cukup Baik

Skor 3 = Baik

Skor 1 = Kurang Baik

5. Atas kesedian Bapak/Ibu, saya ucapkan terimakasih.

No	Aspek Media	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Ilustrasi cover modul menggambarkan isi modul		✓		
2	Tampilan warna cover menarik		✓		
3	Tampilan warna pada modul menarik untuk memotivasi mahasiswa dalam memahami materi dalam modul logam tanah jarang		✓		
4	Bentuk huruf dalam modul jelas dan mudah dibaca	✓			
5	Kesesuaian warna antara <i>background</i> , tulisan dan gambar	✓			
6	Kesesuaian daftar isi dengan isi modul	✓			
7	Kesesuaian peta konsep dengan isi modul	✓			
8	Kesesuaian pemilihan ukuran huruf pada cover	✓			
9	Penyajian gambar dalam modul ini dapat mempermudah mahasiswa untuk memahami materi yang disajikan didalam modul	✓			
10	Tidak terlalu banyak menggunakan jenis huruf	✓			

No	Aspek Materi	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Penyajian materi pada modul jelas dan mudah dipahami	✓			
2	Materi yang disajikan sesuai dengan tingkat pemahaman mahasiswa	✓			
3	Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai		✓		
4	Penyajian materi disajikan secara sistematis		✓		
5	Materi dalam modul disajikan sesuai dengan daftar isi	✓			
6	Modul yang disajikan sesuai dengan peta konsep	✓			
7	Materi yang disajikan sudah benar (tidak miskonsepsi)	✓			
8	Gambar yang terdapat dalam modul memiliki sumber yang relevan	✓			
9	Lembar tugas yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang	✓			
10	Soal evaluasi yang disajikan sudah sesuai dengan materi logam tanah jarang		✓		

No	Aspek Bahasa	Skala Penilaian			
		4	3	2	1
1	Penggunaan bahasa yang digunakan dalam modul sudah sesuai dengan PUEBI		✓		
2	Bahasa yang digunakan dalam modul tidak menimbulkan makna yang ambigu	✓			
3	Penyusunan kalimat dalam modul mudah dipahami	✓			
4	Kesesuaian penggunaan tanda (miring, tebal dan		✓		

	tanda baca) pada kata dan kalimat untuk memperjelas isi materi				
5	Penggunaan bahasa dalam modul mudah dipahami	✓			
6	Penggunaan rumus kimia yang tepat	✓			
7	Bahasa yang digunakan sudah sesuai dengan pemahaman mahasiswa	✓			

D. Kritik dan Saran

Secara umum modul yg. disusun sudah sangat baik, hanya desain sampul dapat dibuat lebih menarik, misalnya dgn menampilkan aplikasi/perangkat dari unsur tanah jarang + referensinya. Dalam penulisan juga ada beberapa kesalahan kecil. Substansi & format menyaji sudah baik ke depan.

E. Kesimpulan

Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi
- ② Layak digunakan dengan revisi minor
3. Tidak layak digunakan

*) Lingkari salah satu

Banda Aceh, 4 - 11 - 2022

Validator

AR-RANIRY

(Signature)

Lampiran 13

VALIDASI INSTRUMEN

Lembar Validasi Angket Respon Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia Um Ar-Raniry Banda Aceh

Petunjuk:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada salah satu skor validasi yang sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu jika:

Skor 2 : Apabila pernyataan sudah komunikatif dan sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 1 : Apabila pernyataan sudah komunikatif tetapi belum sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

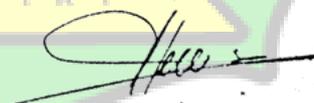
Skor 0 : Apabila pernyataan tidak komunikatif dan tidak sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti

Pertanyaan Nomor	Skor Validasi		
	2	1	0
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		
10	✓		
11	✓		
12	✓		
13	✓		
14	✓		
15	✓		
16	✓		

Tambah

Banda Aceh, Oktober, 2022

Validator,



(..... Nurbayani, MA)

VALIDASI INSTRUMEN

Lembar Validasi Angket Respon Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia Uin Ar-Raniry Banda Aceh

Petunjuk:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada salah satu skor validasi yang sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu jika:

Skor 2 : Apabila pernyataan sudah komunikatif dan sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

Skor 1 : Apabila pernyataan sudah komunikatif tetapi belum sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti.

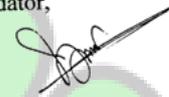
Skor 0 : Apabila pernyataan tidak komunikatif dan tidak sesuai dengan isi konsep yang akan diteliti

Pertanyaan Nomor	Skor Validasi		
	2	1	0
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6	✓		
7	✓		
8	✓		
9	✓		
10	✓		
11	✓		
12	✓		
13	✓		
14	✓		
15	✓		
16	✓		
17	✓		

Kritik dan Saran

.....
.....
.....
.....
.....

Banda Aceh, 21 Oktober... 2022
Validator,



(.....T. Badliyah.....)



Lampiran 14

LEMBAR ANGKET RESPON MAHASISWA

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Logam Tanah Jarang pada Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Peneliti : Hanum Muziatun

Pembimbing 1 : Adean Mayasri, M.Sc

Pembimbing 2 : Safrijal, M.Pd

A. Identitas Mahasiswa

Nama : Simah Beras

Angkatan : 2020

Instansi : UIN Ar-raniry

B. Petunjuk :

1. Berikan jawaban yang sesuai dengan memberikan tanda (√) dengan kriteria sebagai berikut:

SS : Sangat Setuju
 S : Setuju
 KS : Kurang Setuju
 TS : Tidak Setuju

2.

No	Kriteria Penilaian	Pilihan Jawaban			
		SS	S	KS	TS
1	Desain yang terdapat pada modul Logam Tanah Jarang membuat saya tertarik untuk membacanya.	✓			
2	Tampilan sampul modul ini menarik sesuai materi.	✓			

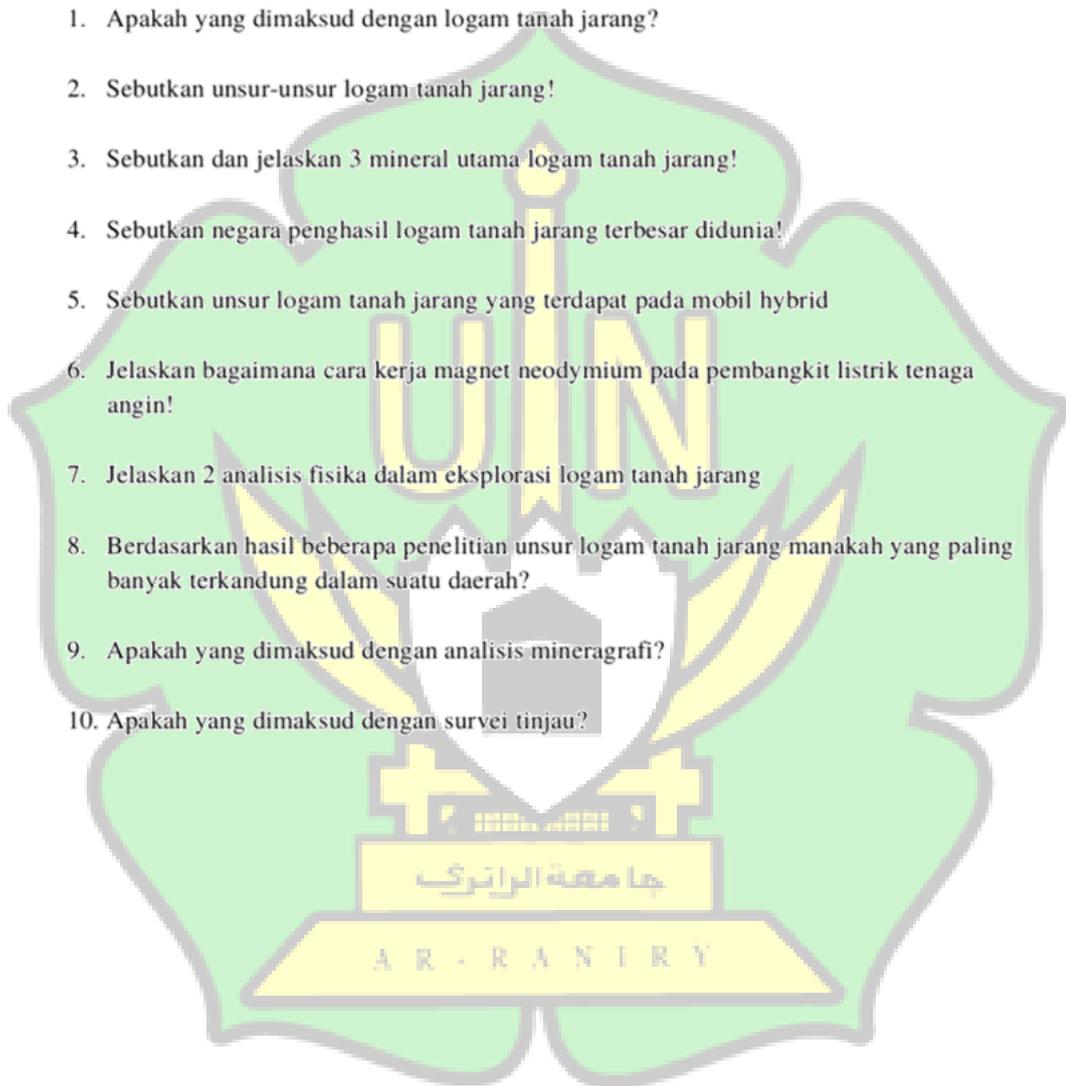
3	Warna yang disediakan dalam modul ini menarik	✓				
4	Bahasa yang digunakan dalam modul ini mudah dimengerti	✓				
5	Kesesuaian judul dengan isi materi		✓			
6	Penyajian materi dalam modul ini membuat saya lebih memahami tentang Logam Tanah Jarang	✓				
7	Modul ini menambah pengetahuan saya tentang Logam Tanah Jarang	✓				
8	Jenis dan ukuran tulisan jelas serta mudah dibaca	✓				
9	Latihan essay yang diberikan mudah untuk dipahami sehingga memperkuat pemahaman saya		✓			
10	Soal-soal evaluasi yang diberikan mudah untuk dipahami sehingga memperkuat pemahaman saya		✓			
11	Terdapat rujukan (referensi) tentang materi yang disajikan didalam modul	✓				
12	Penyajian gambar dalam modul ini dapat mempermudah saya untuk memahami materi yang disajikan didalam modul	✓				
13	Modul Logam Tanah Jarang, dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi bagi saya	✓				
14	Penggunaan rumus kimia yang tepat	✓				
15	Penggunaan tanda baca yang tepat	✓				
16	Modul Logam Tanah Jarang, menyajikan konsep yang jelas membuat saya terarah untuk membaca	✓				
17	Modul ini praktis atau mudah dibawa kemana saja	✓				

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

*Lampiran 15***Evaluasi**

1. Apakah yang dimaksud dengan logam tanah jarang?
2. Sebutkan unsur-unsur logam tanah jarang!
3. Sebutkan dan jelaskan 3 mineral utama logam tanah jarang!
4. Sebutkan negara penghasil logam tanah jarang terbesar didunia!
5. Sebutkan unsur logam tanah jarang yang terdapat pada mobil hybrid
6. Jelaskan bagaimana cara kerja magnet neodmium pada pembangkit listrik tenaga angin!
7. Jelaskan 2 analisis fisika dalam eksplorasi logam tanah jarang
8. Berdasarkan hasil beberapa penelitian unsur logam tanah jarang manakah yang paling banyak terkandung dalam suatu daerah?
9. Apakah yang dimaksud dengan analisis mineragrafi?
10. Apakah yang dimaksud dengan survei tinjau?



Lampiran 16

Gambar 1. Mahasiswa mengisi angket analisis kebutuhan



Gambar 2. Mahasiswa mengisi angket analisis kebutuhan



Gambar 3. Mahasiswa mengisi angket respon modul



Gambar 4. Mahasiswa mengisi soal evaluasi

جامعة الرانيري

AR-RANIRY

Lampiran 17

MODUL

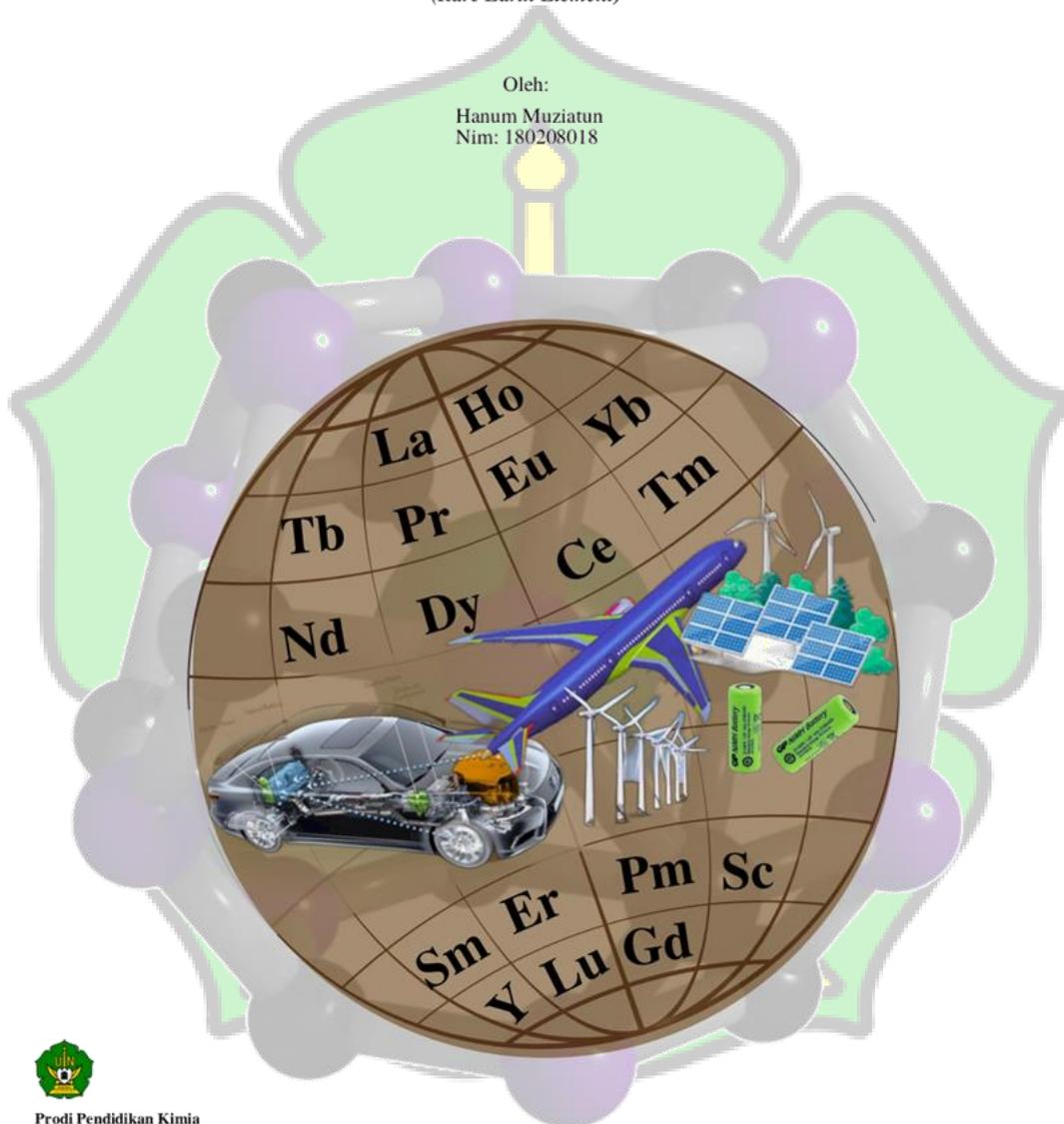
LOGAM TANAH JARANG

(Rare Earth Element)

Oleh:

Hanum Muziatun

Nim: 180208018



Prodi Pendidikan Kimia
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji beserta syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. *Alhamdulillah Rabbil Aalamin*, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya beserta kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan modul yang berjudul Logam Tanah Jarang. Shalawat dan salam dengan ucapan *Allahumma sholli 'ala Muhammad wa 'ala ali Muhammad* penulis sampaikan untuk junjungan kita Nabi besar Muhammad Saw.

Modul yang berjudul Logam Tanah jarang disusun untuk menyelesaikan tugas akhir perkuliahan (Skripsi). Penulis berharap dengan adanya modul ini dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari materi logam tanah jarang yang terdapat pada mata kuliah Kimia Anorganik II dan diharapkan dapat menjadi referensi bahan ajar yang bermanfaat untuk dosen dan mahasiswa Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Terimakasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing Ibu Adean Mayasri, M.Sc dan Bapak Safrijal, M.Pd yang telah membantu memberikan bimbingan, masukan dan arahan dalam menyelesaikan modul ini.

Penulis menyadari sepenuhnya modul ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran dari pembaca agar dapat membuat modul ini menjadi lebih baik lagi. Terimakasih penulis ucapkan kepada para pembaca semoga modul ini bermanfaat.

Banda Aceh, September 2022

جا معة الرانيري

Hanum Muziatun

A R - R A N I R Y

Tabel 1.1 Unsur-unsur Logam Tanah Jarang

Simbol	Nama	Nomor Atom	Nomor Massa
Sc	Scandium	21	44.95
Y	Ittrium	39	88.90
La	Lantanum	57	138.91
Ce	Cerium	58	140.12
Pr	Proseodimium	59	140.90
Nd	Neodimium	60	144.24
Pm	Prometium	61	146.92
Sm	Samarium	62	150.35
Eu	Europium	63	151.96
Gd	Gadolinium	64	157.25
Tb	Terbium	65	158.92
Dy	Dysprosium	66	162.59
Ho	Holmium	67	164.93
Er	Erbium	68	167.26
Tm	Tulium	69	168.93
Yb	Itterbium	70	173.04
Lu	Lutetium	71	174.97

*  Blok-d  Blok-f

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
PETA KONSEP	vi
TOPIK 1: Pengenalan Logam Tanah Jarang	1
A. Tujuan pembelajaran	1
B. Uraian Materi	1
1. Pengertian Logam Tanah Jarang	1
2. Sejarah logam tanah jarang	3
C. Latihan	4
TOPIK 2: Unsur Blok-d dan Blok-f	5
A. Tujuan pembelajaran	5
B. Uraian Materi	5
1. Sumber Logam Tanah Jarang	6
2. Energi Ionisasi	6
3. Senyawa Ion Biner	7
4. Senyawa Koordinasi	8
5. Senyawa Organologam	9
6. Aplikasi	10
C. Latihan	12
TOPIK 3: Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia	13
A. Tujuan pembelajaran	13
B. Uraian Materi	13
1. Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia	13
2. Logam Tanah Jarang pada Batubara	17
3. Eksplorasi Logam Tanah Jarang di Indonesia	18
C. Latihan	24
EVALUASI	25
KUNCI JAWABAN EVALUASI	30
GLOSARIUM	30
DAFTAR PUSTAKA	30

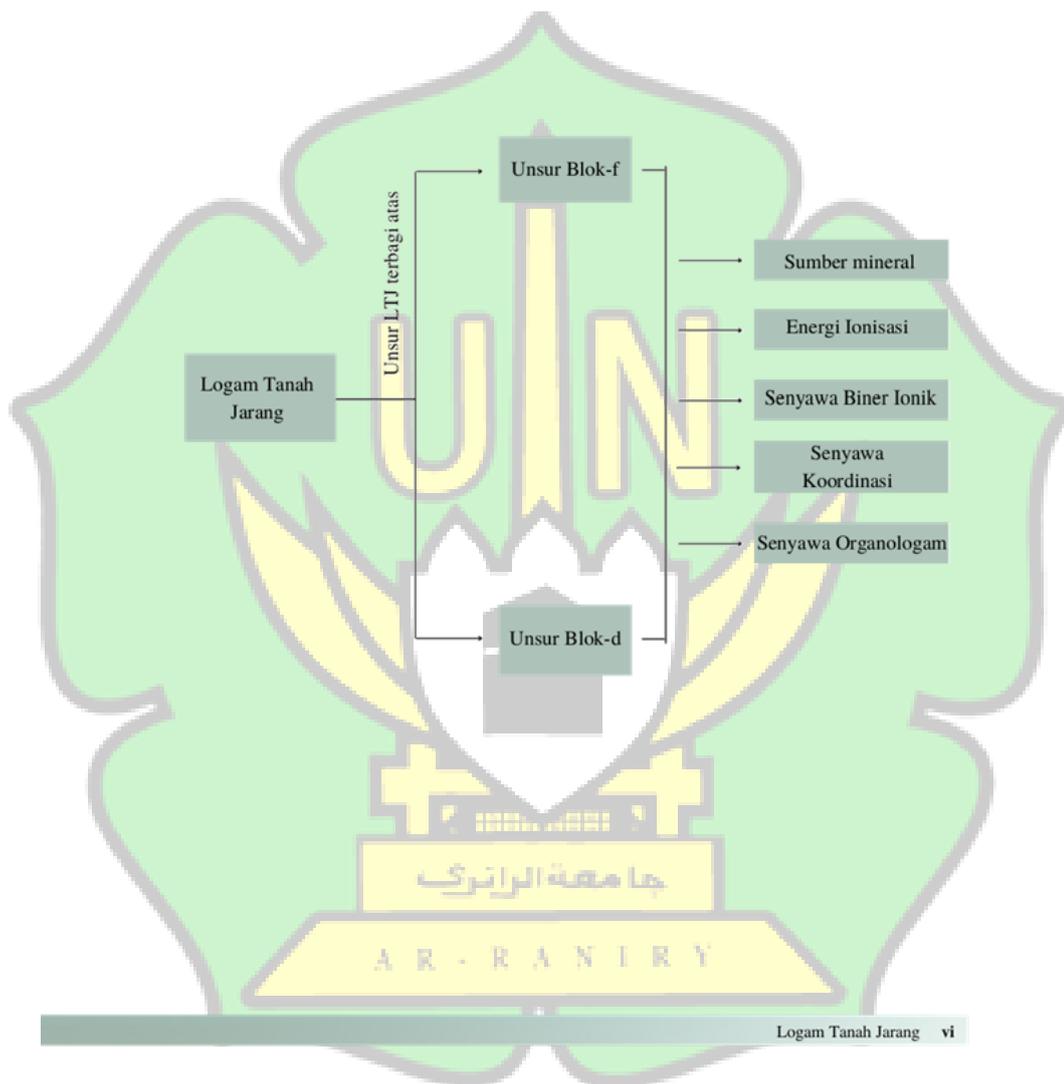
جامعة الرانيري

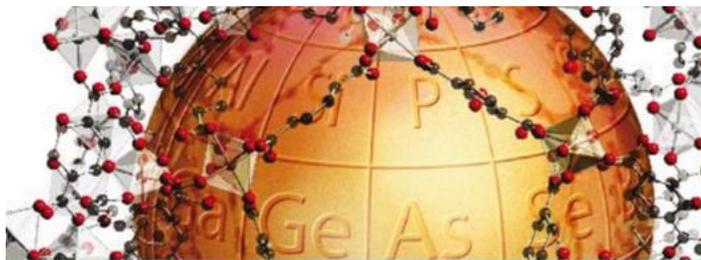
A R - R A N I R Y

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Negara-negara penghasil LTJ terbesar didunia	2
Gambar 1.2 Kelimpahan unsur logam tanah jarang	2
Gambar 1.3 Karl Axel Arrhenius (Penemu LTJ)	2
Gambar 2.1 Monasit	6
Gambar 2.2 Bastnasit	6
Gambar 2.3 Xenotime	6
Gambar 2.4 Koordinasi LnF	7
Gambar 2.5 Struktur LaCl	7
Gambar 2.6 Struktur CeF	7
Gambar 2.10 Kegunaan logam tanah jarang	11
Gambar 2.11 Mobil Hybrid dengan berbagai komponennya	11
Gambar 2.12 Baterai NiMH yang terkandung unsur Lantanum sebagai salah satu komponen mobil Hybrid	11
Gambar 2.13 Komponen penyusun kincir angin	12
Gambar 2.14 Pembangkit Listrik Tenaga Angin	12
Gambar 3.1 Lokasi bekas tambang timah di pulau Singkep	13
Gambar 3.2 Pengambilan Batubara di lapangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan	14
Gambar 3.3 Pegunungan Tiga Puluh, Riau	14
Gambar 3.4 Lokasi penelitian di Sabang Pulau Weh	14
Gambar 3.5 Pertambangan Emas Poboya, Palu	14
Gambar 3.6 PT Citra Palu Minerals, Palu	15
Gambar 3.7 PLTU Ombilin, Sumatera Barat	15
Gambar 3.8 Lokasi penelitian di Bukit Sambung Giri, Bangka Belitung	16
Gambar 3.9 Boiler/ketel uap	17
Gambar 3.10 Skema pembentukan abu batubara pada PLTU	17
Gambar 3.11 PLTU Mulut Tambang, Muara Enim, Sulawesi Selatan	18
Gambar 3.12 Langkah-langkah dalam Eksplorasi LTJ	23
Gambar 3.13 Youtube Potensi dan Arah Eksplorasi LTJ di Indonesia	25
Gambar 3.14 Mikroskop polarisasi sinar tembus	26
Gambar 3.15 Mikroskop polarisasi sinar pantul	27
Gambar 3.16 Mikroskop stereo binokuler	28
Gambar 3.17 X-Ray Diffraction (XRD)	29
Gambar 3.18 Mikroskop Raman	31
Gambar 3.19 Alat Scanning Electron Microscope (SEM)	32
Gambar 3.20 ICP (Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer)	33

PETA KONSEP





Topik 1

PENGENALAN LOGAM TANAH JARANG

A. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian logam tanah jarang
2. Mahasiswa mampu menjelaskan sejarah logam tanah jarang

B. Uraian Materi

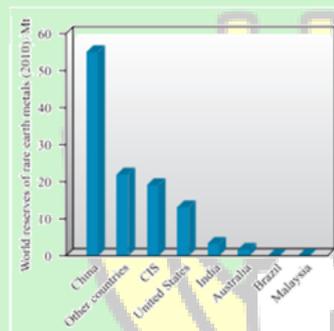
Logam tanah jarang (LTJ) adalah kelompok lantanida yang merupakan logam transisi dari golongan IIIB (Soetopo, 2013). *Rare Earth Element* (REE) di Indonesia dikenal dengan Logam Tanah Jarang (LTJ) merupakan kumpulan 17 unsur kimia yang terdapat pada tabel periodik, 15 unsur pada kelompok lantanida ditambah unsur Yttrium (Y) dan Scandium (Sc). Unsur-unsur lantanida terdiri dari Lantanum (La), Cerium (Ce), Praseodimium (Pr), Neodimium (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Disprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb), Lutetium (Lu) (Yuhelda, 2020)

Istilah logam tanah jarang didasarkan pada asumsi semula yang menyatakan bahwa keberadaan logam tanah jarang ini tidak banyak dijumpai. Namun pada kenyataannya kelimpahan logam tanah jarang ini melebihi unsur lain dalam kerak bumi. Keberadaan logam tanah jarang umumnya dijumpai dalam sebaran dengan jumlah yang tidak besar dan menyebar secara terbatas. Seperti halnya Thulium (Tm) dan Lutetium (Lu) merupakan dua unsur yang terkecil kelimpahannya didalam kerak bumi tetapi 200 kali lebih banyak dibandingkan kelimpahan emas (Au). Meskipun demikian unsur-unsur tersebut sangat sukar untuk ditambang karena konsentrasinya tidak cukup tinggi untuk ditambang secara ekonomis (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019).

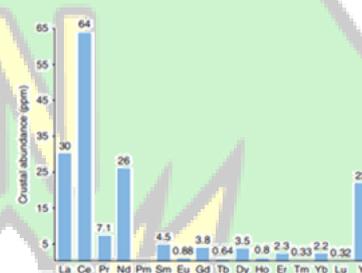
A R - R A N I R Y

Logam tanah jarang ditemukan di seluruh benua. Empat besar negara penghasil logam tanah jarang dunia adalah Cina (97%), Amerika Serikat (2,1%), India (0,5%), dan Australia (0,3%) (US Geological Survey, 2010). Cina yang memasok 97% LTJ kebutuhan dunia menimbulkan kekhawatiran bagi masyarakat dunia, terutama bila terjadi perubahan kebijakan di negara tersebut. Sebagai contoh, ketika Cina memotong 70% ekspor logam tanah jarangnya berimbas pada industri manufaktur produk olahan logam tanah jarang di Amerika, Jepang, dan Eropa sehingga menyebabkan kenaikan harga produk hingga 40% (*International Strategic and Securities Studies Programme of India*, 2013)

Indonesia memiliki potensi logam tanah jarang yang cukup besar yang tersebar di daerah Bangka Belitung, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua dengan perkiraan potensi hingga 1,5 miliar ton. Terdapat tiga jenis mineral yang mengandung logam tanah jarang, yaitu monasit, xenotim, dan zirkon. Di sepanjang pantai kepulauan Bangka Belitung terdapat monasit, xenotim, dan zirkon sebagai mineral ikutan bijih timah. Selain itu di Kalimantan Tengah terdapat banyak zirkon sebagai mineral ikutan bijih emas alluvial (Atmawinata, 2014).



Gambar 1.1 Negara-negara penghasil LTJ terbesar didunia (Data dari US Geological Survey)
Sumber: Inorganic Chemistry, Housecroft, Catherine E and Alan G. Sharpe, 2012.



Gambar 1.2 Kelimpahan unsur logam tanah jarang (Data dari Taylor and McClennan, 1985)
Sumber: Critical Metals handbook, Frances Wall, 2014

جامعة الزيتونة

A R - R A N I R Y

Sejarah Logam Tanah Jarang

Kelompok unsur logam tanah jarang pertama kali ditemukan pada tahun 1787 oleh seorang letnan angkatan bersenjata Swedia bernama Karl Axel Arrhenius, yang mengumpulkan mineral *Itterbit* dari tambang Feldspar dan *Kuarsa* di dekat Desa Ytterby, Swedia. Mineral tersebut berhasil dipisahkan oleh Gadoli pada tahun 1794 dengan memperoleh mineral Itterbit. Selanjutnya, nama mineral tersebut diganti menjadi Gadolinit. Penemuan unsur baru ini mendorong dilakukannya penelitian yang membuahkan penemuan unsur-unsur logam tanah jarang lainnya, seperti :



Gambar 1.3 Karl Axel Arrhenius

Sumber: <https://lintasbabel.inews.id/read/34836/karl-axel-arrhenius-penemu-pertama-kali-rare-earth>

- Tahun 1804 Klaproth dan rekan-rekannya menemukan *Seria* yang merupakan bentuk oksida dari serium.
- Tahun 1828, Berzelius memperoleh mineral *Thoria* dari mineral torit.
- Tahun 1842 Mosander memisahkan senyawa bernama ittria menjadi tiga macam unsur melalui pengendapan fraksional menggunakan asam oksalat dan hidroksida. Unsur tersebut adalah Ittria, Terbia dan Erbia. Sehingga, pada tahun 1842, ada 6 LTJ yang telah ditemukan, yaitu itrium, serium, lantanum, didymium, erbiium dan terbiium.
- Tahun 1879, berkat petunjuk Marc Delafontaine, Paul Paul Emile Lecoq deBoisbaudran mampu memperoleh samarium dari mineral samaskit.
- Tahun 1885, Welsbach memisahkan praseodimium dan neodimium yang terdapat pada samarium
- Tahun 1886, Boisbaudran memperoleh gadolinium dari mineral Itterbia yang diperoleh J.C.G de Marignac tahun 1880
- Pada 1907 dari Itterbia yang diperoleh Jean Charles Galissard de Marignac, de Boisbaudran mampu memisahkan senyawa tersebut menjadi Neoytterium dan Lutesium. P.T. Cleve mampu memisahkan tiga unsur dari erbia dan terbia yang dimiliki Marignac. Ia memperoleh Erbiium, Holminium dan Tulium. L. De Boisbaudran, mampu memperoleh unsur lain bernama Diporsium (Atmawinata,2014).

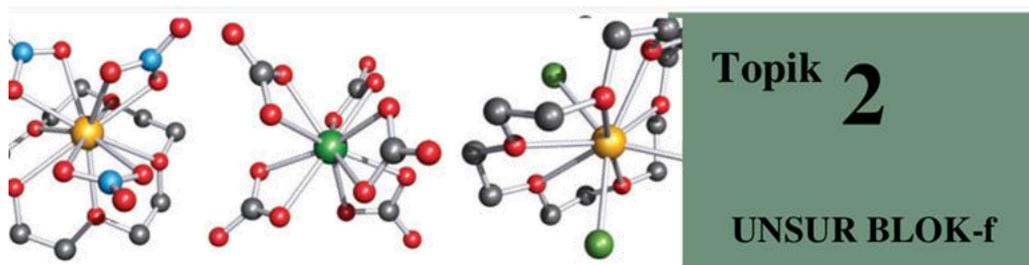
C. Latihan

1. Apakah yang dimaksud dengan logam tanah jarang?
2. Siapakah penemu pertama logam tanah jarang?
3. Tahun berapa pertama kali ditemukan logam tanah jarang?
4. Sebutkan negara-negara penghasil logam tanah jarang terbesar di dunia!
5. Unsur-unsur lantanida disebut juga logam tanah jarang, terdapat di golongan berapakah unsur-unsur lantanida?



جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y



Topik 2

UNSUR BLOK-f

A. Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan sumber logam tanah jarang
2. Mahasiswa mampu menjelaskan energi ionisasi lantanida
3. Mahasiswa mampu menjelaskan senyawa biner ionik lantanida
4. Mahasiswa mampu menjelaskan senyawa koordinasi lantanida
5. Mahasiswa mampu menjelaskan senyawa organologam lantanida
6. Mahasiswa mampu menjelaskan aplikasi logam tanah jarang

B. Uraian Materi

Blok-s	Blok-d	Blok-p	Blok-f													
	Sc		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	Y		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cr	Es	Fm	Md	No	Lr
	La															

Logam blok-f terbagi menjadi dua seri logam yaitu logam golongan lantanida dan logam golongan aktinida. Golongan lantanida dan aktinida merupakan suatu golongan yang posisi unsur-unsurnya terletak terpisah di bagian bawah tabel periodik. Unsur-unsur golongan lantanida dan aktinida diletakkan secara terpisah dalam tabel periodik bertujuan untuk menunjukkan bahwa keperiodikan struktur elektroniknya berbeda dengan unsur lain pada umumnya. Golongan lantanida memiliki 15 unsur logam yang juga diikuti dengan logam Lantanum. Istilah lantanida menunjukkan bahwa semua unsur ini memiliki sifat kimia dan sifat fisika yang sangat mirip dengan unsur lantanum. Kesamaannya begitu kuat sehingga unsur-unsur ini dianggap menempati satu tempat dalam tabel periodik tepat di bawah unsur Yttrium. Simbol Ln sering digunakan sebagai simbol umum unsur-unsur lantanida.

Sumber Logam Tanah Jarang

Mineral bijih utama untuk logam tanah jarang adalah monasit, bastnaesit dan danxenotime (Voncken, 2016).

- Monasit merupakan senyawa fosfat logam tanah jarang yang mengandung 50-70% oksida logam tanah jarang (LTJ). Monasit memiliki rumus kimia umum $CePO_4$. Monasit umumnya diambil dari konsentrat yang merupakan hasil pengolahan dari endapan pada timah aluvial bersama dengan Zirkon dan Xenotim. Monasit memiliki kandungan Thorium yang cukup tinggi.
- Bastnaesit merupakan senyawa fluoro-carbonate cerium yang mengandung 60-70% oksida logam tanah jarang seperti Lanthanum dan Neodimium. Bastnaesit memiliki rumus kimia umum $CeFCO_3$. Bastnaesit ditemukan dalam batuan batuan kabanatit, breksi dolomit, pegmatit dan skarn amfibol.
- Xenotim merupakan senyawa Yttrium Fosfat yang mengandung 54-65% logam tanah jarang termasuk Erbium, Cerium dan Thorium. Xenotim memiliki rumus kimia umum YPO_4 . Xenotim juga mineral yang ditemukan dalam pasir mineral berat, serta dalam pegmatit dan batuan beku. Secara geologi Monasit, Bastnaesit, Xenotim terbentuk oleh siklus sekuen pengendapan sedimen produk endapan aluvial.



Gambar 2.1 Monasit



Gambar 2.2 Bastnaesit



Gambar 2.3 Xenotim

Energi Ionisasi

Energi ionisasi (Ionization Energy), I merupakan kuantitas energi yang harus diserap suatu atom gas untuk bisa melepas satu elektron. Elektron yang dilepas adalah elektron yang longgar.

Untuk unsur tertentu, $I_4 > I_3 > I_2 > I_1$, (Lambang I_1 artinya energi ionisasi pertama, yaitu energi yang diperlukan untuk melucuti satu elektron dari atom netral berwujud gas, I_2 adalah energi ionisasi kedua yaitu energi yang melucuti elektron dari ion gas bermuatan $1+$. Energi ionisasi selanjutnya adalah I_3 , I_4 , dan seterusnya. Setiap energi ionisasi yang berurutan akan semakin besar jika dibandingkan dengan yang mendahuluinya) karena elektron yang dilepasakan diambil dari ion dengan muatan yang semakin positif, menghasilkan tarikan elektrostatis yang lebih besar. Ittrium memiliki energi ionisasi yang lebih besar daripada lantanida karena jumlah cangkang yang terisi lebih sedikit, dan efek jarak yang berkurang lebih besar daripada efek pengurangan muatan inti. Secara umum ada kecenderungan energi ionisasi meningkat saat melintas deret tetapi tidak teratur. Nilai energi ionisasi ketiga (I_3) yang rendah untuk gadolinium dan lutetium, dimana satu elektron yang dilepasakan berasal dari orbital d bukan orbital f dan nilai energi ionisasi ketiga (I_3) yang tinggi untuk Eu dan Yb menunjukkan beberapa korelasi dengan efek menstabilkan sub kulit yang terisi setengah dan terisi penuh.

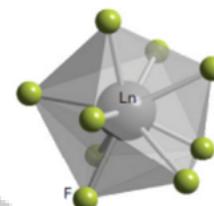
Senyawa Biner Ionik

Senyawa biner ionik merupakan senyawa yang terdiri dari kation berupa unsur logam monoatomik dan anion berupa unsur non logam monoatomik. Ion lantanoid memiliki jari-jari yang bervariasi antara 116 dan 98 pm untuk perbandingan, jari-jari ion Fe^{3+} adalah 64 pm. Jadi volume yang ditempati oleh ion Ln^{3+} biasanya empat sampai lima kali yang ditempati oleh ion logam 3d yang khas. Tidak seperti logam 3d, yang jarang melebihi bilangan koordinasi 6 (dengan 4 juga umum), senyawa lantanoid sering memiliki bilangan koordinasi yang tinggi, biasanya antara 6 dan 12, dan berbagai lingkungan koordinasi.

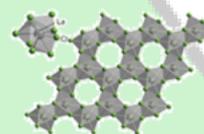
Oksida lantanoid biner, Ln_2O_3 , memiliki struktur yang cukup kompleks dengan nomor koordinasi ion Ln^{3+} biasanya 7 (atau campuran 6 dan 7). Beberapa jenis struktur terkait yang disebut A-, B-, C- Ln_2O_3 , diketahui dan banyak oksida bersifat polimorfik dengan transisi antara struktur yang terjadi saat suhu berubah. Geometri koordinasi ditentukan oleh jari-jari ion lantanoid, dengan bilangan koordinasi kation rata-rata dalam struktur menurun dengan menurunnya ion radius, misalnya ion La^{3+} pada senyawa La_2O_3 memiliki bilangan koordinasi 7, sedangkan Lu^{3+} ion dalam Lu_2O_3 memiliki nomor koordinasi 6. Dalam kasus di mana ion Ln^{3+} dapat diperoleh (untuk contoh dengan Ce, Pr, dan Tb), Ln_2O_3 mengadopsi struktur fluorit seperti yang diharapkan dari aturan rasio radius.

Sulfida stoikiometri LnS dapat diperoleh dengan reaksi langsung dari unsur-unsur di 1000°C dan mengadopsi struktur garam batu. Fase komposisi Ln_2S_3 juga dapat diperoleh melalui reaksi lantanoid triklorida dengan H_2S , mereka telah dipelajari sebagai pengganti untuk CdS dan CdSe beracun sebagai pigmen yang mungkin karena warna merah-oranye-kuningnya yang intens warna. ³

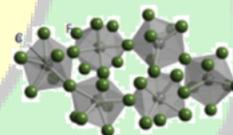
Trihalida lantanoid memiliki karakteristik struktural yang kompleks sebagai akibat dari bilangan koordinasi tinggi untuk ion-ion besar ini. Misalnya, di LaF_3 ion La^{3+} berada di lingkungan 11-koordinat tidak teratur dan di LaCl_3 itu berada di lingkungan prismatic anti-persegi sembilan-koordinat tertutup. Menjelang akhir seri trihalida dari lantanoid yang lebih kecil memiliki tipe struktur yang berbeda dengan bilangan koordinasi yang lebih rendah untuk halida yang sama, seperti yang diharapkan mengingat penurunan jari-jari ionik. Dalam LnF_3 , Ln memiliki lingkungan sembilan-koordinat yang dapat dianggap sebagai prismatic anti-persegi tertutup lingkungan terdistorsi atau prisma trigonal tricapped dan senyawa LnCl_3 memiliki struktur lapisan berdasarkan enam koordinat Ln dalam susunan kubik ion Cl. Cerium adalah satu-satunya lantanoid yang membentuk tetrahalida (CeF_4)



Gambar 2.4 Koordinasi LnF_3



Gambar 2.5 Struktur LaCl_3



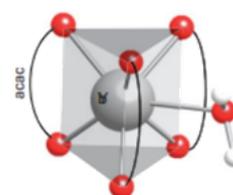
Gambar 2.6 Struktur CeF_3

Senyawa Koordinasi

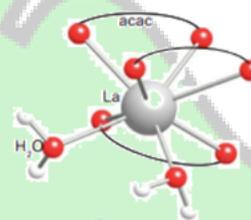
Senyawa koordinasi atau senyawa kompleks merupakan senyawa kimia yang terdiri dari logam atau ion logam yang terikat melalui ikatan kovalen koordinasi ke satu atau lebih atom donor dalam suatu ligan. Dalam senyawa kompleks, atom atau ion logam disebut sebagai atom pusat. Adopsi oleh ion Ln³⁺ asam Lewis yang relatif besar dan keras dari struktur dengan bilangan oksidasi dan dengan berbagai lingkungan koordinasi dalam keadaan padat adalah berulang dalam larutan. Variasi dalam struktur yang diadopsi konsisten dengan pandangan bahwa elektron f yang terkubur secara spasial tidak memiliki pengaruh stereokimia yang signifikan, dan akibatnya ligan mengadopsi posisi yang meminimalkan tolakan antar ligan. Selain itu, ligan polidentat harus memenuhi batasan stereokimianya sendiri, seperti untuk ion blok-s dan kompleks Al³⁺.

Ligan bermuatan umumnya memiliki afinitas tertinggi untuk ion Ln³⁺ terkecil, dan menghasilkan peningkatan konstanta formasi dari Ln³⁺ yang lebih besar dan lebih ringan (di sebelah kiri seri) menjadi kecil, lebih berat Ln³⁺ (di sebelah kanan seri) menyediakan metode yang mudah untuk pemisahan kromatografi ion-ion ini. Pada hari-hari awal kimia lantanoid, sebelum kromatografi pertukaran ion dikembangkan, kristalisasi berulang yang membosankan digunakan untuk memisahkan unsur-unsur

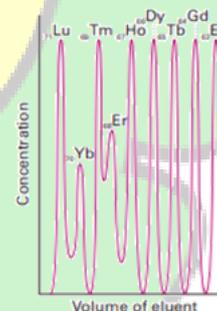
Kompleks lantanoid telah menemukan aplikasi sebagai reagen pergeseran dalam spektroskopi NMR. Pergeseran kimia proton sangat bergeser ketika berada di sekitar pusat paramagnetik dan -range jauh diperluas. Oleh karena itu penambahan kecil jumlah kompleks lantanoid paramagnetik ke larutan molekul organik kompleks menghasilkan perubahan yang nyata pada spektrum karena kedua molekul berada dalam jarak yang dekat dalam pelarut. Teknik ini sangat berguna ketika spektrum NMR dikumpulkan pada instrumen medan rendah dan menengah karena resonansi tersebar pada rentang yang lebih besar nilai, secara efektif meningkatkan resolusi instrumen dengan memisahkan sebaliknya resonansi yang tumpang tindih. Kompleks Europium dan Yb umumnya menginduksi pergeseran medan ke bawah sedangkan Pr dan Dy menghasilkan pergeseran medan ke atas. Reagen shift yang umum digunakan termasuk Ln(fod) dengan Ln Eu, Pr, dan Yb. Reagen pergeseran lantanida kiral dapat digunakan untuk melakukan pengujian komposisi enansiomer sebagai resonansi NMR dari dua enansiomer adalah: berbeda dan pemisahannya ditingkatkan dengan adanya reagen shift (Shriver and Atkins, 2010).



Gambar 2.7 [Yb(acac)₃(OH)]



Gambar 2.8 [La(acac)₃(OH)₂]



Gambar 2.9 Atom yang lebih tinggi jumlah lantanoid yang terelusi lebih dahulu karena memiliki jari-jari yang lebih kecil

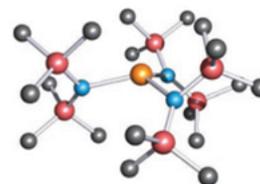
Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang setidaknya terdapat satu atom karbon dari gugus organik yang berikatan langsung dengan atom logam. Istilah organologam biasanya didefinisikan agak longgar, dan senyawaan dari unsur-unsur seperti Boron, fosfor, dan silikon semuanya mirip logam. Tetapi untuk senyawa yang mengandung ikatan antara atom logam dengan oksigen, belerang, nitrogen, ataupun dengan suatu halogen tidak termasuk sebagai senyawa organologam. Dari bentuk ikatan pada senyawa organologam, senyawa ini dapat dikatakan sebagai jembatan antara kimia organik dan anorganik. Sifat senyawa organologam yang umum ialah atom karbon yang lebih elektronegatif daripada kebanyakan logamnya. Senyawa kompleks logam (biasanya logam-logam transisi) merupakan senyawa yang memiliki satu atau lebih ikatan logam-karbon.

Senyawa organologam pertama dari lantanoid adalah senyawa siklopentadienil. G. Wilkinson membuat sejumlah besar Ln(Cp) senyawa dengan berbagai macam jumlah elektron pada tahun 1954. Ion lantanoid yang besar dapat dengan mudah menampung tiga ligan siklopentadienil dan mereka bahkan cenderung oligomer, menunjukkan bahwa belum ada lebih banyak ruang untuk ligan tambahan.

Sebagian besar senyawa organologam lantanoid secara formal mengandung Ln(III) dengan jumlah senyawa Ln(II) yang terbatas, tidak ada tingkat oksidasi lain yang diketahui. Gugus alkil terikat adalah umum dengan senyawa yang mengandung ligan siklopentadienil cenderung mendominasi. Yang terbaik adalah mempertimbangkan senyawa siklopentadienil sebagai mengandung gugus Cp yang terikat secara elektrostatis ke kation Ln³⁺ (atau Ln²⁺) pusat. Pandangan ini didukung oleh pengamatan bahwa senyawa La bersifat diamagnetik. Senyawa yang mengandung 8 ligan siklooktatetraena diketahui, seperti Ce(C₄H₆)₈ dan sebagainya.

Ada kesamaan yang kuat antara sifat kimia dari senyawa organologam blok-d awal (kelompok 3 sampai 5) dan blok-f. Kesamaan ini diharapkan karena logam d awal juga sangat elektropositif elektron d dalam jumlah terbatas untuk berikatan kembali dengan ligan, dan memiliki jumlah terbatas tingkat oksidasi yang dapat diakses. (Housecroft, 2012)



Gambar 2.10 Struktur
 $\text{Sm}\{\text{N}(\text{SiMe}_3)_2\}_3$



Gambar 2.11 Struktur
 $\text{Sm}\{\text{N}(\text{SiMe}_3)_2\}_4$

Aplikasi Logam Tanah Jarang

Memasuki industri modern, unsur tanah jarang merupakan komoditi yang strategis dan signifikan. Pemanfaatan unsur tanah jarang sangat dibutuhkan dalam berbagai macam bidang mulai dari industri elektronik hingga industri transportasi modern. Seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan material, unsur tanah jarang semakin dibutuhkan, dan umumnya pada industri teknologi tinggi. Logam tanah jarang (LTJ) memegang peranan yang sangat penting dalam kebutuhan material produksi modern seperti dalam dunia superkonduktor, laser, optik elektronik, aplikasi LED (*Light Emitting Diode*) dan iPad, keramik.

Penggunaan logam tanah jarang sangat bervariasi seperti energi nuklir, kimia, katalis, elektronik, paduan logam dan optik. Pemanfaatan logam tanah jarang yang sederhana seperti lampu, pelapis gelas, untuk teknologi tinggi seperti fosfor, laser, magnet, baterai, dan teknologi masa depan seperti superkonduktor.



Gambar 2.12
Aplikasi LTJ pada pesawat tempur



Gambar 2.13
Aplikasi LTJ pada MRI (kesehatan)



Gambar 2.14
Aplikasi LTJ pada magnet



Gambar 2.15
Aplikasi LTJ pada kacamata



Gambar 2.16
Aplikasi LTJ pada bidang laptop



Gambar 2.17
Aplikasi LTJ pada handphone

Aplikasi LTJ pada mobil Hybrid

Logam tanah jarang memungkinkan munculnya mobil bertenaga listrik yang dapat digunakan untuk perjalanan jauh, oleh karena itu mobil hybrid mulai marak dikembangkan. Dalam pengembangan mobil *hybrid*, komoditas logam tanah jarang menjadi sangat strategis (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019).

Mobil *hybrid* adalah mobil yang memiliki dua buah mesin sistem penggerak, yaitu mesin elektrik yang menggunakan daya listrik dan mesin bensin yang penggerak menggunakan bahan bakar bensin. Mobil *hybrid* banyak di buru karena dinilai lebih ramah lingkungan dibanding mobil konvensional atau mobil biasa pada umumnya. Mesin ganda mobil *hybrid* yaitu bensin dan listrik, telah berhasil memangkas konsumsi bahan bakar yang selama ini kita ketahui sebagai penyumbang polusi terbesar.

Komponen dasar mobil *hybrid* adalah mesin bensin, mesin listrik/motor listrik dan baterai. Kelompok logam Nd, Pr, Dy dan Tb yang merupakan bahan penting dalam pembuatan motor listrik dan generator mobil hybrid, sedangkan kelompok logam La, Nd dan Ce merupakan bahan penting dalam pembuatan baterai mobil hybrid Nickel-metal hybride (NiMH) (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019).



Gambar 2.18 Mobil Hybrid dengan berbagai komponennya

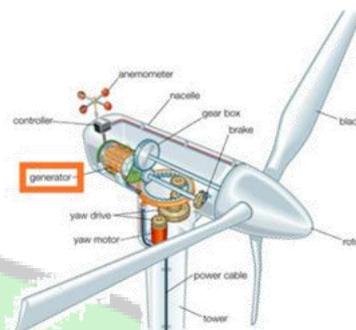
Unsur lantanum sebagai salah satu komponen penyusun baterai Nickel-Metal Hybride (NiMH). Baterai NiMH terdiri dari katoda hidroksi oksida nikel dan anoda dari unsur tanah jarang (rare earth) yang terendam dalam elektrolit KOH. Langkah-langkah untuk memproduksi baterai NiMH adalah: 1) memproduksi nikel hidroksi-oksida; 2)mendapatkan elemen tanah jarang untuk anoda; 3) menyiapkan katoda dan anoda; 4) merakit akhir katoda dan anoda (Indradjaja, 2021).



Gambar 2.19 Baterai NiMH yang terkandung unsur Lantanum sebagai salah satu komponen mobil Hybrid

Salah satu penerapan logam tanah jarang adalah pada teknologi magnetik. Aplikasinya banyak digunakan pada sektor energi dan militer. Logam tanah jarang banyak digunakan pada magnet Samarium-Cobalt (SmCo) dan magnet Neodymium (NdFeB).

Magnet Neodymium sebagai magnet permanen digunakan sebagai bahan salah satu komponen kincir angin yaitu generator. Generator yang terhubung ke turbin akan berputar dan menghasilkan energi listrik berupa arus AC (*Alternating Current*) yaitu arus bolak balik. Magnet Neodymium mampu menghasilkan mesin dengan kualitas terbaik dengan material yang lebih ringan.



Gambar 2.20 Komponen penyusun kincir angin



Gambar 2.21 Pembangkit Listrik Tenaga Angin



Gambar 2.22 Pembangkit Listrik Tenaga Angin



Komponen pesawat yang berwarna merah adalah campuran Skandium Aluminium



Gambar 2.23 Pesawat dengan komponen yang tersusun dari campuran Skandium Aluminium

C. Latihan

1. Jelaskan bagaimana energi ionisasi pada unsur golongan lantanida!
2. Sebutkan aplikasi unsur logam tanah jarang dalam kehidupan sehari-hari!
3. Sebutkan dan jelaskan mineral utama logam tanah jarang!
4. Bagaimana cara kerja magnet Neodymium pada pembangkit listrik tenaga angin?
5. Sebutkan unsur logam tanah jarang dari mobil hybrid!



جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y



Topik 3

POTENSI LOGAM TANAH JARANG DI INDONESIA

A. Tujuan Pembelajaran

Mahasiswa mampu menyebutkan menjelaskan daerah mana saja yang terdapat logam tanah jarang

B. Uraian Materi

Dengan berkembangnya peradaban dan teknologi yang pesat, kebutuhan akan mineral semakin meningkat dan beragam, mineral diperlukan oleh hampir semua jenis industri, seperti industri pertanian, telekomunikasi, penyediaan energi. Logam tanah jarang merupakan sumber daya alam yaang tidak bisa diperbaharui serta terbentuk melalui proses geologi yang panjang.

Berbagai negara berlomba-lomba mencari potensi dan mengembangkan logam tanah jarang secara serius seperti Amerika, Jepang, Kanada maupun negara-negara lainnya dan juga Indonesia. Berdasarkan laporan penyelidikan Indonesia sudah melakukan penyelidikan logam tanah jarang. Berikut adalah beberapa hasil penelitian mengenai keberadaan mineral LTJ di Indonesia.



Gambar 3.1 Lokasi bekas tambang timah di pulau Singkep

Pulau singkep

Penelitian oleh (Ngadenin, 2020) tentang penentuan daerah logam tanah jarang di Pulau Singkep, Kepulauan Riau. Hasil analisis kandungan logam tanah jarang dan mineral butir menunjukkan bahwa daerah logam tanah jarang terletak pada beberapa bekas tambang timah di wilayah formasi batuan granit Muncung. Kadar lanthanum tertinggi mencapai 20100 ppm, cerium 37100 ppm, yttrium 9872 ppm dan neodymium 2840 ppm di mineral monasit, zirkon dan alanit.



Gambar 3.2 Lokasi bekas tambang timah di pulau Singkep

Sumatera Selatan

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) bekerjasama dengan Fakultas Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada mulai tahun 2018 melakukan penyelidikan potensi LTJ pada batubara cekungan Sumatera Selatan. Pada tahun 2018 telah dilakukan pengambilan contoh batubara dari lapangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan untuk dianalisis kandungan LTJ nya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa contoh batubara Tanjung Enim memiliki total kandungan LTJ cukup tinggi hingga mencapai 200 ppm. Tingginya kandungan LTJ pada batubara Tanjung Enim seperti halnya batubara Bangko, diduga juga berhubungan dengan aktivitas vulkanik dan kehadiran tonstein pada pelamparan batubara dimana pengayaan LTJ terjadi melalui proses tonstein dissolution.



Gambar 3.3 Pengambilan Batubara Lapangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan



Gambar 3.4 Pengambilan Batubara Lapangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan

Pegunungan Tiga Puluh

Hasil penelitian bersama antara Indonesia (ESDM) dengan JICA ada tahun 1989 mendeteksi anomali geokimia unsur LTJ pada hulu sungai Iahan dan sungai Sikambu pada Pegunungan Tiga Puluh, Riau. Mineralisasi di hulu sungai Isahan, ditemukan singkapan pegmatit dengan urat kuarsa yang mengandung kasiterit, muskovit, turmalin, arsenopirit, pirit dan sedikit beril. Hasil analisis kimia dari contoh urat yang mengandung kasiterit menunjukkan bahwa pegmatit di sungai Isahan mengandung 3,84% Sn, 0,07% W, dan 0,08-0,24% Ce. Mineralisasi di sungai Sikambu ditemukan urat kuarsa yang mengandung kasiterit, muskovit, turmalin dan arsenopirit dimana tipe mineralisasinya sama dengan mineralisasi sungai Isahan. Hasil analisis kimia yang diambil dari contoh batuan urat kuarsa yang mengandung arsenopirit menunjukkan kadar Cerium (Ce) mencapai 372 ppm dan Itrium (Y) mencapai 26 ppm. Dari dua sumur yang digali di hulu sungai Isahan menunjukkan bahwa di daerah hulu sungai Isahan terdapat mineralisasi LTJ sebagai ikutan dari mineral timah.



Gambar 3.5 Pegunungan Tiga Puluh, Riau

Sabang

Berdasarkan penelitian oleh Kurnio dkk, 2016 dalam Indonesian Journal on Geoscience yang dilakukan di Sabang Pulau Weh, Aceh. Hasil penelitian dari analisis geokimia dari sampel pesisir dan dasar laut daerah sabang menunjukkan bahwa terdapat beberapa unsur logam tanah jarang yang ditemukan yaitu La (16,52 ppm), Ce (38,82 ppm), Nd (19,15 ppm), Pr (4,907 ppm), Sm (4,04 ppm), Gd (3,95), Dy (3,38 ppm).



Gambar 3.6 Lokasi penelitian di Sabang Pulau Weh

Palu

Berdasarkan penelitian pada *tailing* emas Poboya, 2020 melalui metoda ekstraksi pengendapan, didapatkan Logam Tanah Jarang pada *tailing* emas poboya yaitu Lantanium (La) 13,49%, Cerium (Ce) 2,92%, Neodium (Ne) 0,02%, Europium (Eu) 5,28%, Gadolinium (Gd) 0,02%, dan Terbium (Tb) 77,82%. *Tailing* adalah material sisa hasil pengolahan yang telah diambil mineral berharganya.



Gambar 3.5 Pertambangan Emas Poboya, Palu



Gambar 3.7 PT Citra Palu Minerals, Palu



Gambar 3.8 PT Citra Palu Minerals, Palu

Sumatera Barat

Penelitian yang dilakukan oleh (Suganal, 2018) dalam jurnal yang berjudul Identifikasi Keterdapatan Unsur Logam Tanah Jarang dalam Abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin, Sumatera Barat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil penelitian menunjukkan abu batubara dari PLTU Ombilin berupa abu terbang dan abu dasar menunjukkan adanya kandungan unsur-unsur logam tanah jarang berupa Cerium, Neodimium, Lantanum, Itrium dan Samarium meskipun kadar unsur tersebut relatif rendah, kurang dari 100 ppm. Kandungan unsur logam tanah jarang dalam abu terbang lebih tinggi dibandingkan pada abu dasar sehingga upaya peningkatan kadar lebih ekonomis dilakukan terhadap abu terbang juga karena produksi abu terbang mencapai lebih dari 70% dari total abu batubara yang dihasilkan.



Gambar 3.9 PLTU Ombilin, Sumatera Barat



Gambar 3.10 PLTU Ombilin, Sumatera Barat

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Bangka Belitung

Berdasarkan penelitian (Martua Siregar, 2019) Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi produsen logam tanah jarang (LTJ) yang dibutuhkan untuk industri dalam negeri atau global. Data Pusat Sumber Daya Geologi menyebutkan, cadangan mineral LTJ saat ini di Indonesia diperkirakan sekitar 200.000 ton. Endapan LTJ yang berasosiasi dengan batuan granitik dijumpai pada jalur timah Indonesia Bangka Belitung, salah satunya di daerah Samungiri hal inilah yang melatarbelakangi penelitian ini. Hasil uji XRF pada 15 sampel tailing yang diambil pada 15 bekas pertambangan yang berbeda di bukit Sambung Giri bagian Timur menyatakan bahwa unsur logam tanah jarang ditemukan di wilayah lokasi penelitian hanya terdiri dari 6 jenis unsur.

Unsur-unsur tersebut adalah Cerium (Ce), Lanthanum (La), Yttrium (Y), Neodymium (Nd), Scandium (Sc), Samarium (Sm). Berdasarkan uji XRF penelitian kadar rata-rata Cerium 140,64 ppm, Lanthanum 37,09 ppm, Yittrium 80,061 ppm, Neodymium 38,85 ppm, Scandium 9,114 ppm, Samarium 7,6406 ppm. Hal ini menunjukkan daerah Sambung Giri memiliki tingkat prospektif yang dapat dipertimbangkan terutama dapat dilihat pada sampel ke 11 memiliki kadar Cerium yang lumayan tinggi 348,64 ppm.



Gambar 3.11 Lokasi penelitian di Bukit Sambung Giri, Bangka Belitung



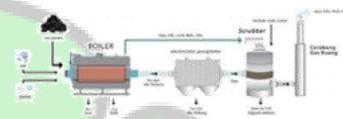
Logam Tanah Jarang pada Batubara

Logam tanah jarang selain ditemukan dalam bentuk mineral ikutan di alam juga sering terdapat pada bahan berupa produk samping atau buangan suatu proses pengolahan dan pemurnian mineral atau sisa pembakaran. Abu batubara merupakan material yang mengandung unsur logam tanah jarang (LTJ). Di Indonesia, pemanfaatan batubara sebagai sumber energi telah meningkat.

Saat ini penggunaan batubara yang tersebar di dalam negeri adalah sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Batubara yang telah ditambang kemudian akan dihancurkan (*crushing*), setelah dihancurkan kemudian akan dikelola sebagai bahan bakar pada PLTU dimana batubara berfungsi sebagai bahan bakar boiler. Boiler merupakan tempat tertutup atau ketel uap yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan cara pemanasan. Panas yang dibutuhkan air untuk penguapan diperoleh dari pembakaran bahan bakar. Boiler akan menghasilkan uap yang akan digunakan sebagai penggerak turbin untuk membangkitkan listrik (Sahidi, 2020).



Gambar 3.12 Boiler/ketel uap



Gambar 3.13 Skema pembentukan abu batubara pada PLTU (Sumber: Badan Litbang ESDM)

Penelitian oleh Firman, 2020

Firman (2020) melakukan penelitian tentang identifikasi kandungan logam tanah jarang pada abu batubara PLTU mulut tambang. Hasil analisis kandungan logam tanah jarang pada abu batubara dari PLTU di Kalimantan Timur sebanyak 16 unsur terdeteksi, baik pada sampel abu terbang (*fly ash*) maupun abu dasar (*bottom ash*). Unsur tersebut adalah Scandium (Sc), Lantanum (La), Itrium (Y), Cerium (Ce), Praseodimium (Pr), Neodimium (Nd), Samarium (Sm), Gadolinium (Gd), Disprosium (Dy), Terbium (Tb), Erbium (Er), Tulium (Tm), Itrium (Yb), Lutetium (Lu), Europium (Eu). Sampel dengan kadar logam tanah jarang tertinggi adalah abu dasar (*bottom ash*) yaitu sebanyak 193,11 ppm sedangkan pada sampel abu terbang (*fly ash*) sebanyak 72,15 ppm. Logam tanah jarang yang paling tinggi kadarnya dalam sampel abu dasar (*bottom ash*) adalah unsur Ce (64,2 ppm), Nd (31,2 ppm), La (25,4 ppm), Y (23,3 ppm) dan Sc (20,1 ppm). Sedangkan pada abu terbang (*fly ash*) hanya ada unsur Ce (22,2 ppm).



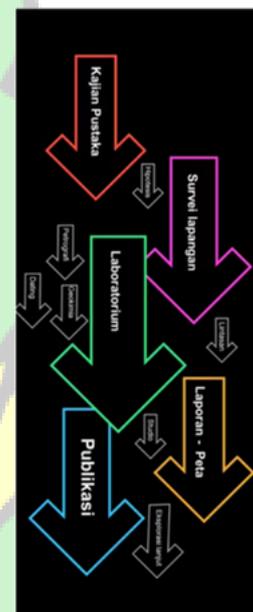
Gambar 3.14 PLTU Mulut Tambang, Muara Enim, Sulawesi Selatan

Eksplorasi Logam Tanah Jarang

Tahapan Eksplorasi

Tahapan eksplorasi adalah urutan penyelidikan geologi yang umumnya dilaksanakan melalui 4 tahap sebagai berikut: survei tinjau, prospeksi, eksplorasi umum, dan eksplorasi rinci. Tujuan utama dari rangkaian kegiatan tersebut adalah menemukan endapan LTJ di suatu daerah dengan efektif dan efisien. Agar tujuan tersebut tercapai maka diperlukan langkah-langkah terencana sehingga dapat ditemukan endapan LTJ secara efektif dengan biaya minimal (efisien).

- 1 Survei Tinjau (*Reconnaissance*) adalah tahap eksplorasi untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi mengandung endapan LTJ pada skala regional.
- 2 Prospeksi (*Prospecting*) adalah tahap eksplorasi dengan jalan mempersempit daerah yang mengandung endapan mineral yang potensial. Metoda yang digunakan adalah pemetaan geologi untuk mengidentifikasi singkapan dan metoda yang tidak langsung seperti studi geokimia dan geofisika. Pemercontaan dari paritan/sumur uji, pengeboran secara terbatas juga dapat dilaksanakan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi suatu endapan LTJ yang akan menjadi target eksplorasi selanjutnya.
- 3 Eksplorasi Umum (*General Exploration*) adalah tahap eksplorasi yang merupakan deliniasi awal dari suatu endapan yang teridentifikasi. Metoda yang digunakan termasuk pemetaan geologi, pemercontaan dengan jarak yang lebar, membuat puritan/sumur uji dan pengeboran untuk evaluasi pendahuluan kuantitas dan kualitas dari suatu endapan LTJ. Interpolasi dapat dilakukan secara terbatas berdasarkan metoda penyelidikan taklangsung. Tujuannya adalah untuk menentukan gambaran geologi suatu endapan LTJ berdasarkan indikasi sebaran, perkiraan awal mengenai ukuran, bentuk sebaran, kuantitas dan kualitasnya.



Gambar 3.15 Langkah-langkah dalam Eksplorasi LTJ (Pusat Survei Geologi)

- 4 Ekplorasi Rinci (*Detailed Exploration*) adalah tahap eksplorasi untuk mendelineasi secara rinci bentuk 3 dimensi terhadap endapan LTJ yang telah diketahui dari pemercontaan singkapan, puritan/sumur uji dan lubang bor. Jarak pemercontaan sedemikian rapat sehingga ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas dan kualitas dan ciri lain dari endapan LTJ tersebut dapat dibentuk dengan akurasi yang tinggi. Uji pengolahan dari pencontoan ruah (bulk sampling) mungkin diperlukan (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019).

Metode Eksplorasi Logam Tanah Jarang

Metoda yang digunakan untuk melakukan kegiatan eksplorasi LTJ tergantung kepada tipe endapan/cebakannya. Bila tipenya merupakan tipe endapan plaser, maka metoda utama yang digunakan adalah metoda pengeboran. Mengingat LTJ plaser umumnya merupakan mineral ikutan timah plaser, maka pengeboran eksplorasi LTJ dilakukan bersamaan dengan eksplorasi timah menggunakan bor Bangka. Sedangkan untuk tipe lateritik metoda utama yang dilakukan adalah pengeboran pada lapisan pelapukan yang tebalnya biasanya tidak lebih dari 30 meter. Setelah dilakukan survey tinjau dan menemukan daerah prospek yang layak untuk ditindaklanjuti, dapat dilakukan pengeboran dengan spasi jarang.



Gambar 3.16 Potensi dan Arah Eksplorasi Logam Tanah Jarang di Indonesia - Purnama Sendjaja (Pusat Survei Geologi, 2020)
Sumber: <https://bit.ly/3D1mY2h>



Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium meliputi analisis fisika dan kimia terhadap contoh-contoh yang diperoleh dari kegiatan penyelidikan di lapangan yang meliputi contoh batuan, sedimen sungai, konsentrat mineral berat dan tanah (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019).

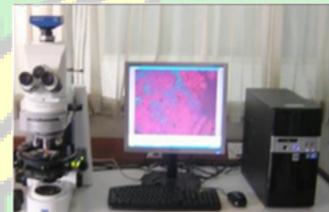
A. Analisis Fisika

Analisis fisika yang dilakukan meliputi analisis petrografi, mineragrafi, mineralogi butir, X-Ray Diffraction (XRD), Raman Spektroskopi dan SEM.

- Analisis Petrografi merupakan analisis untuk mengetahui nama batuan. Penamaan batuan diperoleh dari hasil deskripsi kandungan mineral, hubungan tekstur, struktur dan sifat-sifat optik mineral. Untuk penamaan batuan menggunakan klasifikasi batuan sesuai standar dan jenis batumannya. Contoh yang dianalisis berupa batuan yang sudah dilakukan preparasi menjadi sayatan tipis. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi sinar tembus.
- Analisis Mineragrafi merupakan analisis untuk mengetahui jenis mineral logam dari suatu bijih dan hubungan antara mineral logam tersebut dengan mengamati teksturteksturnya. Contoh yang diamati berupa batuan/bijih yang sudah dipreparasi menjadi sayatan poles. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi sinar pantul.



Gambar 3.17 Mikroskop polarisasi sinar tembus



Gambar 3.18 Mikroskop polarisasi sinar pantul



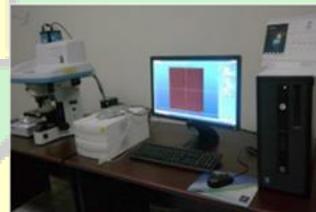
- Analisis Mineralogi Butir merupakan analisis untuk mengetahui kandungan/komposisi mineral dari conto yang diamati. Contoh yang diamati berupa pasir, endapan sedimen, tanah maupun batuan yang sudah dilakukan preparasi terlebih dahulu dengan cara pendulangan hingga menjadi konsentrat. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler.
- Analisis X-Ray Difrraction (XRD) Merupakan analisis untuk mengidentifikasi secara kualitatif dan kuantitatif bentuk-bentuk berbagai kristal, yang disebut dengan senyawa (Gambar 3.5). Selain itu dapat juga mengidentifikasi mineral-mineral yang berbutir halus seperti tanah liat atau lempung. Identifikasi diperoleh dengan membandingkan pola difraksi dengan sinar-X. Contoh yang dianalisis harus berukuran halus sekitar 200 mesh (75 mikron).
- Analisis Raman merupakan analisis non destructive untuk mengidentifikasi jenis material/contoh dengan menggunakan sinar laser. Spektra dihasilkan dengan cara menyinari material/contoh dengan sinar laser
- Analisis Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan analisis untuk mengetahui bentuk, ukuran, tekstur (kekerasan, reflektivitas dsb) serta komposisi dari permukaan benda/contoh secara kuantitatif dan kualitatif. Contoh yang dianalisis harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor perlu dilapisi logam seperti emas atau karbon.



Gambar 3.19 Mikroskop stereo binokuler



Gambar 3.20 X-Ray Difraction (XRD)



Gambar 3.21 Mikroskop Raman



Gambar 3.22 Alat Scanning Electron Microscope (SEM)



B. Analisis Kimia

Pengukuran unsur-unsur LTJ memerlukan energi yang cukup tinggi untuk eksitasi elektronnya karena kulit f-nya sudah mulai terisi, oleh karena itu pengukuran secara kimia dapat dilakukan dengan Inductively Coupled Plasma (ICP) (Gambar 3.8). ICP adalah metoda yang berdasarkan ion yang tereksitasi dan memancarkan sinar. Salah satu jenis dari ICP yang digunakan untuk analisis LTJ adalah ICP-OES. ICP-OES mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan metoda lain, karena dapat mengidentifikasi dan mengukur semua elemen yang diukur dengan bersamaan dalam waktu yang relatif singkat dan tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 3.23 ICP (Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer)

Unsur-unsur yang dianalisis dengan menggunakan ICP-OES diantaranya Ce, Dy, Eu, Er, Ho, Gd, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Y, Yb, dan Sc dan harus dilakukan dalam bentuk larutan, sehingga dilakukan dekomposisi contoh. Tujuan dari dekomposisi contoh adalah merubah contoh padat menjadi larutan sehingga kandungan logam-logam dalam contoh tersebut dapat diukur dengan ICP. Struktur kristal dalam mineral-mineral dan bentuk kimia dari unsur-unsur akan dipecah dan berubah selama proses dekomposisi ini.

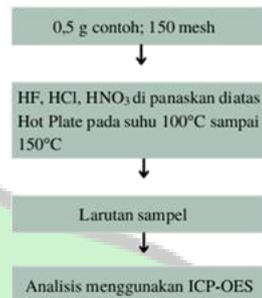
Dekomposisi contoh yang sempurna sangat diperlukan untuk penentuan kandungan total dari semua unsur-unsur yang ditetapkan. Untuk contoh-contoh geologi yang mempunyai komposisi kimia dan derajat kristalisasi dari mineral-mineralnya yang sangat kompleks, diperlukan pemilihan cara dekomposisi yang sesuai dengan tujuan analisis. Metoda dekomposisi yang dipakai adalah metoda pelarutan asam. Pada pelarutan dengan campuran asam HF/HClO₄ kemungkinan akan terjadi kompleks garam-garam fluoride dari unsur-unsur tanah jarang yang akan tertinggal dalam endapan. Maka endapan tersebut harus dilebur dengan fluks seperti NaOH, cara peleburan ini biasanya menggunakan cawan perak di dalam furnace. Jika tidak terjadi endapan maka tidak perlu melalui tahapan peleburan. Selama proses pelarutan dengan menggunakan asam ini dilakukan pemanasan dengan menggunakan hot plate pada suhu 100°C s.d. 150°C. Metoda pelarutan asam ini dipakai untuk jenis contoh sedimen, tanah, batuan, mineral dan bijih.



Alat dan Bahan :

1. Alat : a) Timbangan
b) Labu ukur
c) Cawan Teflon
d) Hot Plate
e) ICP-OES
2. Bahan : a) HCl 37%, p.a
b) HNO₃ 65 %, p.a
c) HF 40%, p.a
d) Akuades
e) Larutan standar LTJ 1000 ppm

Bagan alir analisis logam tanah jarang



Selain menggunakan ICP, analisis kimia LTJ di laboratorium juga bisa dilakukan menggunakan alat XRF (X-Ray Fluorescence). XRF adalah metoda analisis untuk menentukan komposisi kimia dari suatu jenis bahan. Bahan tersebut bisa berupa padatan, serbuk, ataupun cairan. Sistem spektrometernya dibagi dalam dua kelompok utama; *Energy Dispersive System* (EDXRF) dan *Wavelength Dispersive System* (WDXRF). Cakupan unsur yang bisa dianalisis pada EDXRF adalah dari natrium sampai uranium (Na sampai U).

Sedangkan cakupan unsur untuk WDXRF lebih luas lagi, yaitu dari berilium sampai uranium (Be sampai U). Cakupan konsentrasinya mulai dari level sub ppm sampai 100%. Pada umumnya, unsur-unsur dengan nomor atom besar akan memiliki limit deteksi yang lebih baik dibanding unsur-unsur yang lebih ringan. Metoda XRF dikenal cepat, akurat dan non destruktif, dan biasanya hanya memerlukan sedikit preparasi conto. Aplikasi penggunaannya juga luas meliputi analisis logam, semen, minyak, polimer, plastik dan industri makanan, termasuk dalam dunia pertambangan, mineralogi dan geologi, serta analisis air ataupun limbah untuk lingkungan hidup.



Gambar 3.24 Alat spektrometer XRF (X-Ray Fluorescence)

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

C. Latihan

1. Sebutkan beberapa penelitian tentang logam tanah jarang di Indonesia!
2. Berdasarkan hasil beberapa penelitian unsur logam tanah jarang manakah yang paling banyak terkandung dalam suatu daerah?
3. Tahapan eksplorasi untuk mendelineasi secara rinci bentuk 3 dimensi terhadap endapan LTJ yang telah diketahui dari percontaan singkapan, merupakan pengertian dari tahapan eksplorasi?
4. Apa yang dimaksud dengan tahapan eksplorasi survei tinjau?
5. Metode apa saja yang digunakan dalam eksplorasi logam tanah jarang menurut tipe endapannya?

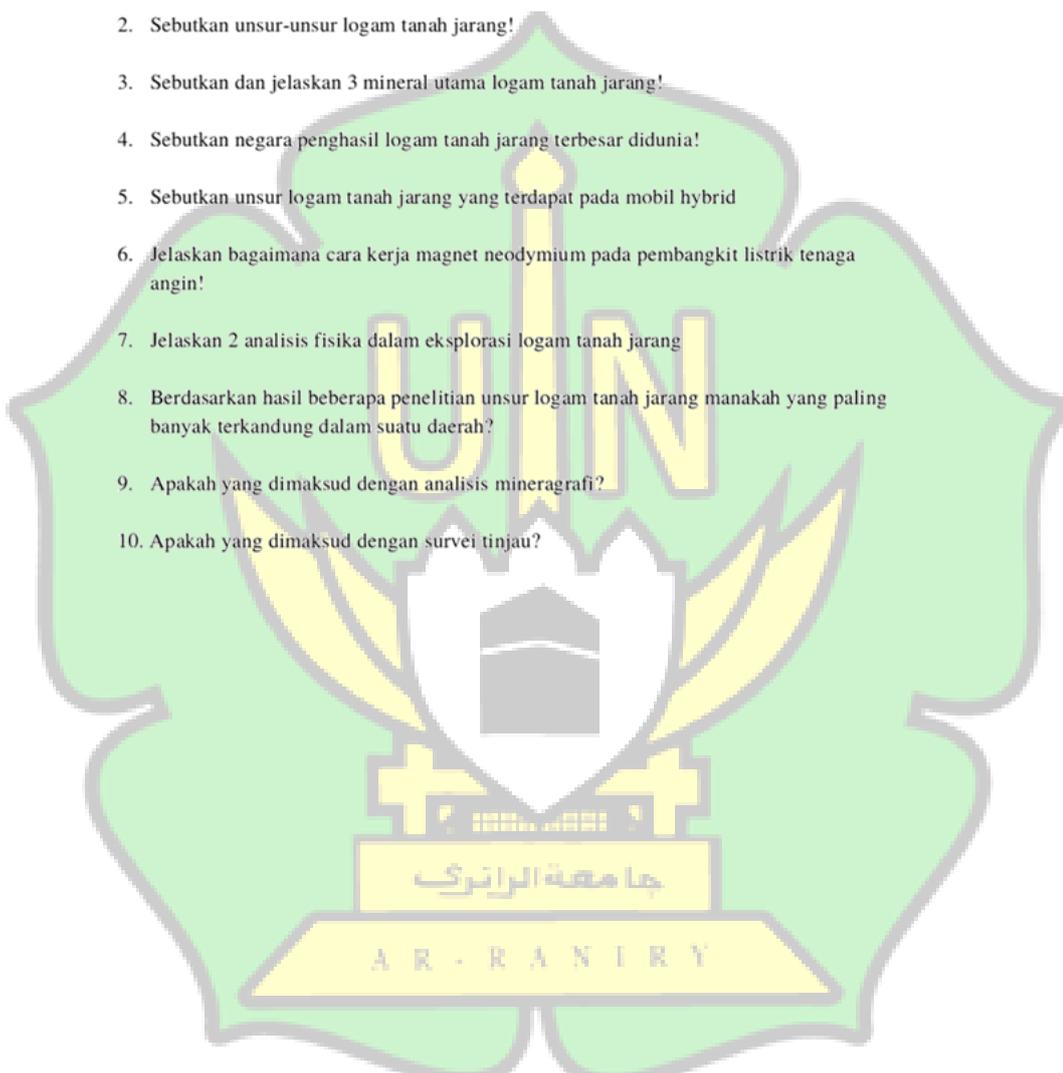


جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Evaluasi

1. Apakah yang dimaksud dengan logam tanah jarang?
2. Sebutkan unsur-unsur logam tanah jarang!
3. Sebutkan dan jelaskan 3 mineral utama logam tanah jarang!
4. Sebutkan negara penghasil logam tanah jarang terbesar didunia!
5. Sebutkan unsur logam tanah jarang yang terdapat pada mobil hybrid
6. Jelaskan bagaimana cara kerja magnet neodymium pada pembangkit listrik tenaga angin!
7. Jelaskan 2 analisis fisika dalam eksplorasi logam tanah jarang
8. Berdasarkan hasil beberapa penelitian unsur logam tanah jarang manakah yang paling banyak terkandung dalam suatu daerah?
9. Apakah yang dimaksud dengan analisis mineragrafi?
10. Apakah yang dimaksud dengan survei tinjau?



Kunci Jawaban Evaluasi

1. Logam tanah jarang adalah kelompok lantanida yang merupakan logam transisi dari golongan IIIB. *Rare Earth Element* (REE) di Indonesia dikenal dengan Logam Tanah Jarang (LTJ) merupakan kumpulan 17 unsur kimia yang terdapat pada tabel periodik
2. Lantanum (La), Cerium (Ce), Proseodimium (Pr), Neodimium (Nd), prometium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Tulium (Tm), Ytterbium (Yb), Lutetium (Lu), Scandium (Sc), Yttrium (Y).
3.
 - a. Monasit merupakan senyawa fosfat logam tanah jarang yang mengandung 50-70% oksida logam tanah jarang (LTJ). Monasit memiliki rumus kimia umum $CePO_4$. Monasit umumnya diambil dari konsentrat yang merupakan hasil pengolahan dari endapan pada timah aluvial bersama dengan Zirkon dan Xenotim. Monasit memiliki kandungan Thorium yang cukup tinggi.
 - b. Bastnaesit merupakan senyawa fluoro-carbonate cerium yang mengandung 60-70% oksida logam tanah jarang seperti Lanthanum dan Neodimium. Bastnaesit memiliki rumus kimia umum $CeFCO_3$. Bastnaesit ditemukan dalam batuan batuan karbonatit, breksi dolomit, pegmatit dan skarn amfibol.
 - c. Xenotim merupakan senyawa Yttrium Fosfat yang mengandung 54-65% logam tanah jarang termasuk Erbium, Cerium dan Thorium. Xenotim memiliki rumus kimia umum YPO_4 . Xenotim juga mineral yang ditemukan dalam pasir mineral berat, serta dalam pegmatit dan batuan beku. Secara geologi Monasit, Bastnaesit, Xenotim terbentuk oleh siklus sekuen pengendapan sedimen produk endapan aluvial.
4. Cina
5. Kelompok logam Nd, Pr, Dy dan Tb yang merupakan bahan penting dalam pembuatan motor listrik dan generator mobil hybrid, sedangkan kelompok logam La, Nd dan Ce merupakan bahan penting dalam pembuatan baterai mobil hybrid Nickel-metal hybride (NiMH).
6. Magnet Neodymium sebagai magnet permanen digunakan sebagai bahan salah satu komponen kincir angin yaitu generator. Generator yang terhubung ke turbin akan berputar dan menghasilkan energi listrik berupa arus AC (Alternating Current) yaitu arus bolak balik. Magnet Neodymium mampu menghasilkan mesin dengan kualitas terbaik dengan material yang lebih ringan.

Kunci Jawaban Evaluasi

7. a. Analisis Petrografi merupakan analisis untuk mengetahui nama batuan. Penamaan batuan diperoleh dari hasil deskripsi kandungan mineral, hubungan tekstur, struktur dan sifat-sifat optik mineral. Untuk penamaan batuan menggunakan klasifikasi batuan sesuai standar dan jenis batuannya. Contoh yang dianalisis berupa batuan yang sudah dilakukan preparasi menjadi sayatan tipis. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi sinar tembus.

b. Analisis Mineragrafi merupakan analisis untuk mengetahui jenis mineral logam dari suatu bijih dan hubungan antara mineral logam tersebut dengan mengamati teksturteksturnya. Contoh yang diamati berupa batuan/bijih yang sudah dipreparasi menjadi sayatan poles. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi sinar pantul.

8. Unsur Cerium

9. Analisis Mineragrafi merupakan analisis untuk mengetahui jenis mineral logam dari suatu bijih dan hubungan antara mineral logam tersebut dengan mengamati teksturteksturnya. Contoh yang diamati berupa batuan/bijih yang sudah dipreparasi menjadi sayatan poles. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi sinar pantul.

10. Survei Tinjau (Reconnaissance) adalah tahap eksplorasi untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi mengandung endapan LTJ pada skala regional.

Glosarium

Boiler	: Tempat tertutup atau ketel uap yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan cara pemanasan.
Crushing	: Proses reduksi/pegecilan ukuran dari bahan galian/bijih yang langsung dari tambang dan berukuran besar-besar (diameter sekitar 110 cm) menjadi ukuran 20-25 cm bahkan bisa mencapai 2,5 cm.
Eksplorasi	: Penjelajahan atau pencarian untuk mengenali sumber alam yang terdapat di suatu daerah.
Elektrostatik	: Gaya yang dikeluarkan oleh medan listrik statis (tidak berubah/bergerak) terhadap objek bermuatan lain.
Elektronik	: Alat arus listrik yang dioperasikan dengan cara mengontrol aliran elektron atau partikel bermuatan listrik dalam suatu alat seperti komputer, televisi, gadget.
Generator	: Sebuah mesin yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik).
Katalis	: Suatu zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi kimia tetapi tidak mengalami perubahan dan pengurangan jumlah.
Ligan	: Molekul sederhana yang dalam senyawa kompleks bertindak sebagai donor pasangan elektron.
Laser	: (<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>) mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik, biasanya dalam bentuk cahaya yang tidak dapat dilihat dengan mata normal.
PSDMBP	: Pusat Sumber Daya Mineral dan Batubara Panas Bumi.
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PLTB	: Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin
Pegmatit	: Bagian batuan beku yang terbentuk pada proses akhir kristalisasi magma.

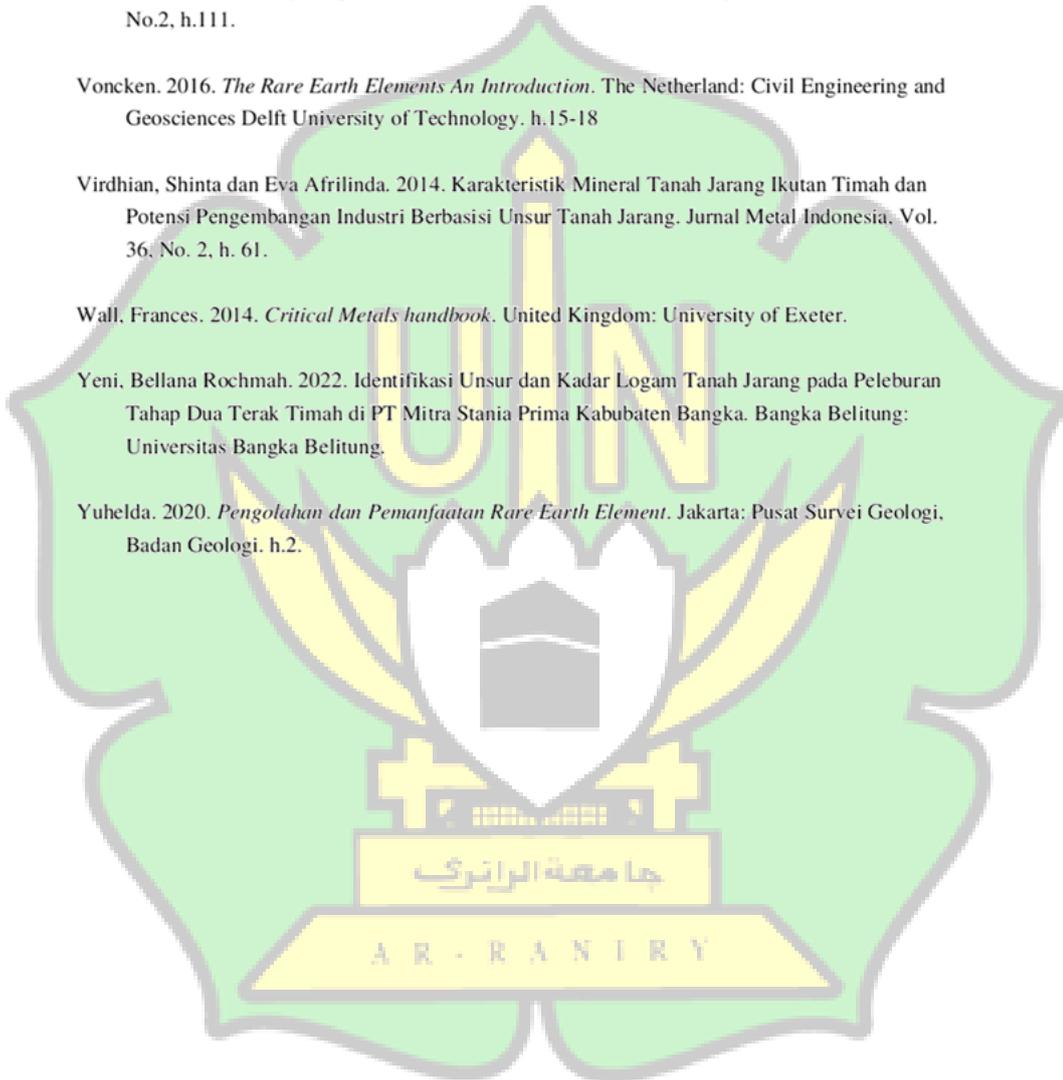
Piroforik	: Suatu zat berbentuk cairan, padatan ataupun gas yang mudah terbakar secara spontan (dalam waktu lima menit) apabila terpapar dengan uap air, oksigen.
Rotor	: Alat mekanik yang berputar/baling-baling.
Superkonduktor	: Suatu material yang tidak memiliki hambatan dibawah suatu nilai suhu tertentu.
Turbin	: Suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin.



DAFTAR PUSTAKA

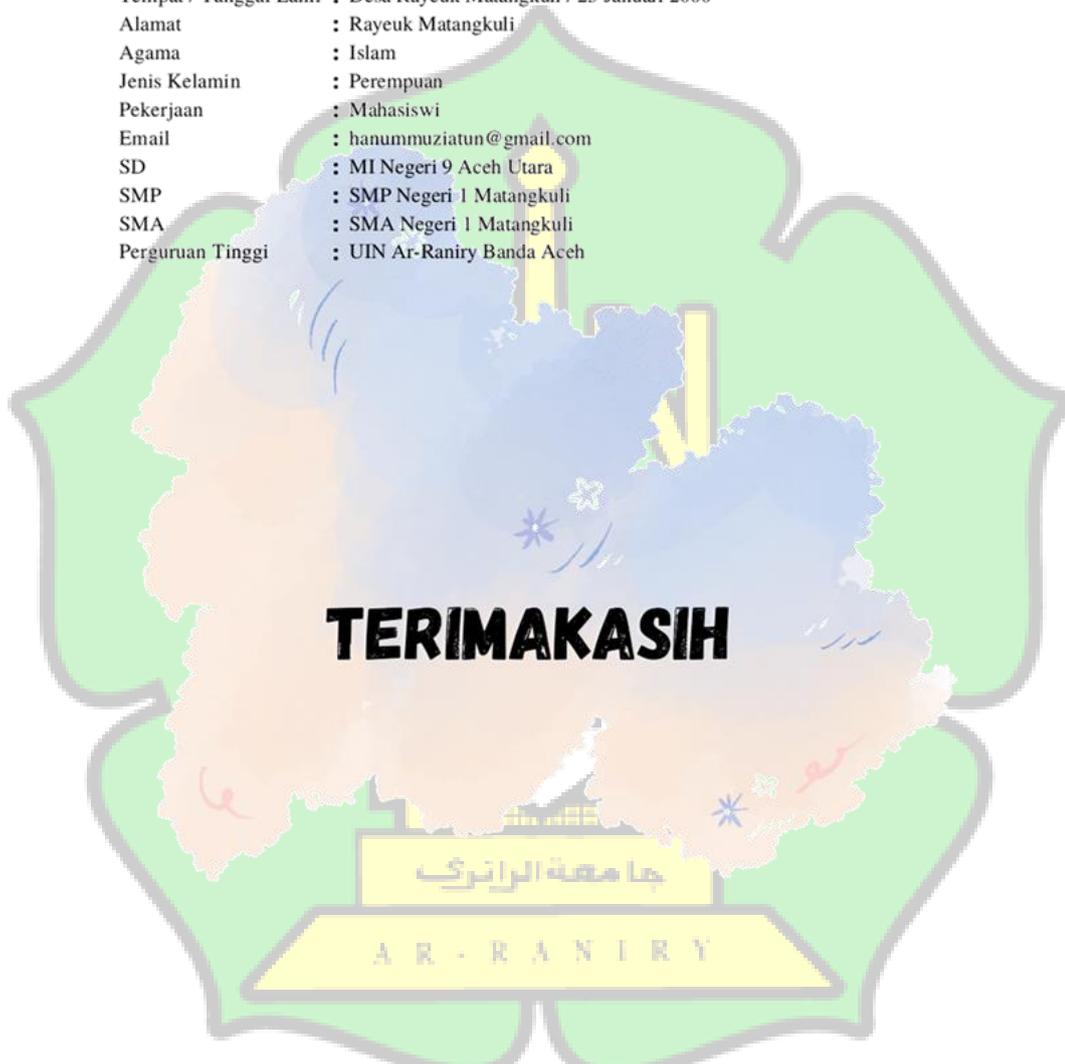
- Atmawinata, Achdiat. 2014. Telaahan Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia. Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Artasarj,Alha Devi. 2019. Karakteristik Mineral Berat Pembawa Logam Tanah Jarang di Bangka. Bangka Belitung: Universitas Bangka Belitung.
- Erika, Meidy. 2019. Identifikasi Potensi Unsur Logam Tanah Jarang pada Kolong Penambangan Timah Daerah Muntok Kabubapten Bangka Barat. Bangka Belitung: Universitas Bangka Belitung.
- Firman. dkk. 2020. Identifikasi Kandungan Logam Tanah Jarang pada Abu Batubara PLTU Mulut Tambang, Jurnal GEOMining Teknik pertambangan Unkhair. Vol.1, No.1, h.18-23.
- Housecroft, Catherine E and Alan G. Sharpe. 2012. *Inorganic Chemistry*. England: Pearson Education Limited.
- Harjanto, Sri, dkk. 2013. *Characterization of Indonesia Rare Earth Minerals and their Potential Processing Techniques*. Depok: University of Indonesia.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2019. *Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*. Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi. h.1-10
- Kurnio, Hananto dkk. 2016. SabangSubmarine Volcano Aceh, Indonesia: Review of Some Trace and Rare Earth Elements Abudances Produced by Seafloor Fumarole Activities. Indonesian Journal on Geoscience, Vol.3, No.3, h.
- Ngadenin, dkk. 2020. Penentuan Daerah Prospek Logam Tanah Jarang di Pulan Singkep. *Jurnal Eksplorium*, Vol.41, No.1, h.32.
- Rodliyah, Isyatun. 2015. Penelitian Logam Tanah Jarang di Indonesia. *Jurnal Batubara dan Mineral*, Vol.13, No.1, h.73.
- Shriver and Atkins. 2010. *Inorganic Chemistry*. England: Oxford University Press.
- Soetopo, Bambang. 2013. Studi Geologi dan Logam Tanah Jarang Daerah Air Gegas Bangka Selatan. *Jurnal Eksplorium*, Vol.34, No1, h.53.

- Sahidi, Abdul Azis, dkk. 2020. Pemanfaatan Limbah Abu Batubara sebagai Sumber Logam Tanah Jarang, *Jurnal GEOMining Teknik pertambangan Unkhair*, Vol.1, No.2, h.72-77.
- Suganal, dkk. 2018. Identifikasi Keterdapatan Unsur Logam Tanah Jarang dalam Abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin, Sumatera Barat, *Jurnal Teknologi dan Batubara*, Vol.14, No.2, h.111.
- Voncken. 2016. *The Rare Earth Elements An Introduction*. The Netherland: Civil Engineering and Geosciences Delft University of Technology. h.15-18
- Virdhian, Shinta dan Eva Afrilinda. 2014. Karakteristik Mineral Tanah Jarang Ikutan Timah dan Potensi Pengembangan Industri Berbasis Unsur Tanah Jarang. *Jurnal Metal Indonesia*, Vol. 36, No. 2, h. 61.
- Wall, Frances. 2014. *Critical Metals handbook*. United Kingdom: University of Exeter.
- Yeni, Bellana Rochmah. 2022. Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Tanah Jarang pada Peleburan Tahap Dua Terak Timah di PT Mitra Stania Prima Kabupaten Bangka. Bangka Belitung: Universitas Bangka Belitung.
- Yuhelda. 2020. *Pengolahan dan Pemanfaatan Rare Earth Element*. Jakarta: Pusat Survei Geologi, Badan Geologi. h.2.



Tentang Penulis

Nama : Hanum Muziatun
Nim : 180208018
Tempat / Tanggal Lahir : Desa Rayeuk Matangkuli / 25 Januari 2000
Alamat : Rayeuk Matangkuli
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Pekerjaan : Mahasiswi
Email : hanummuziatun@gmail.com
SD : MI Negeri 9 Aceh Utara
SMP : SMP Negeri 1 Matangkuli
SMA : SMA Negeri 1 Matangkuli
Perguruan Tinggi : UIN Ar-Raniry Banda Aceh



*Lampiran 18***DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

Nama : Hanum Muziatun
 NIM : 180208018
 Fakultas/Jurusan : Tarbiyah/Pendidikan Kimia
 Tempat/Tanggal Lahir : Desa Rayeuk Matangkuli/25 Januari 2000
 Alamat : Rayeuk Matangkuli
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Agama : Islam
 Pekerjaan : Mahasiswi
 E-mail : hanummuziatun@gmail.com

Riwayat Pendidikan

SD : MI Negeri 9 Aceh Utara
 SMP : SMP Negeri 1 Matangkuli
 SMA : SMA Negeri 1 Matangkuli
 Perguruan Tinggi : UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Banda Aceh, 27 Desember 2022

Penulis

Hanum Muziatun