

Penggunaan Agen Pengendap terhadap Pengendapan Lantanum dan Neodimium

Use of Precipitating Agents against the Precipitation of Lanthanum and Neodymium

Petricia Hendriana, Anni Anggraeni, Ari Hardianto*, Husein H. Bahti

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang, Indonesia, 45363

*Email Korespondensi: a.hardianto@unpad.ac.id

Abstrak

Logam tanah jarang (LTJ) merupakan kelompok dari 17 unsur termasuk scandium (Sc), yttrium (Y), dan 15 lantanida dari lantanum (La, 57) ke lutetium (Lu, 71). Permintaan global terkait LTJ telah meningkat dalam aplikasi teknologi selama dekade terakhir karena sifat kimia, katalitik, listrik, magnetik, dan optik yang dimilikinya. Mayoritas dari tanah jarang dunia disimpan di tiga mineral basnasit, monasit, dan senotim. Monasit terdiri atas monasit(Ce), monasit(Nd), dan monasit (La). Lantanum hidroksida berperan dalam menghambat perkembangan kalsifikasi vaskular dengan menurunkan level serum fosfor sedangkan neodimium berperan sebagai magnet dalam suatu pencitraan alat MRI sehingga penyakit dapat dibantu disembuhkan dengan adanya senyawa pengontras tersebut. Pemisahan LTJ dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu ekstraksi pelarut, resin penukar ion, dan pengendapan. Teknik pengendapan dijadikan pilihan karena mudah, cepat dan murah. Agen pengendap digunakan dalam proses pemisahan LTJ diharapkan mampu memberikan hasil *recovery* yang baik. Efisiensi pengendapan menggunakan agen pengendap berbeda dapat dilihat dari *recovery* yang didapatkan. Efisiensi pengendapan tertinggi ditunjukkan oleh agen pengendap asam oksalat dan amonium hidroksida masing-masing sebesar 98.68 dan 99.99%. Tinjauan ini menjelaskan seberapa baik agen pengendap yang digunakan untuk memisahkan LTJ menjadi tanah jarang individunya.

Kata Kunci: Logam Tanah Jarang (LTJ), monasit, pengendapan, agen pengendap

Abstract

Rare earth elements (REEs) are a group of 17 elements including scandium (Sc), yttrium (Y), and 15 lanthanides from lanthanum (La,57) to lutetium (Lu, 71). The global demand for rare earths has increased in technological applications over the last decade due to their chemical, catalytic, electrical, magnetic and optical properties. The majority of the world's rare earths are stored in three minerals basnasite, monazite, and senotime. Monazite consists of monazite (Ce), monazite (Nd), and monazite (La). Lanthanum hydroxide inhibits the development of vascular calcification by lowering serum phosphorus levels while neodymium acts as a magnet in MRI imaging device so diseases can be cured in the presence of contrast compounds. Separation of REEs can be done in various ways, solvent extraction, ion exchange resins, and precipitation. Precipitation technique is chosen because it's easy, fast, and cheap. Precipitating agents are used in the REEs separation process is expected to provide good recovery results. Precipitation efficiency using different precipitating agents can be seen from the recovery obtained. The highest precipitation efficiency was shown by oxalic acid and ammonium hydroxide of 98.68 and 99.99%, respectively. This review describes how well precipitating agents are used to separate rare earths into their individual rare earths.

Keywords: Rare earth elements (REEs), monazite, precipitation, precipitating agent

Received: 20 January 2023

Accepted: 31 May 2023

DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v5i3.1723>



Copyright (c) 2023, Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains Kes.).
Published by Faculty of Pharmacy, University of Mulawarman, Samarinda, Indonesia.
This is an Open Access article under the CC-BY-NC License.

How to Cite:

Hendriana, P., Anggraeni, A., Hardianto, A., Bahti, H.H., 2023. Penggunaan Agen Pengendap terhadap Pengendapan Lantanum dan Neodimium. *J. Sains Kes.*, 5(3). 420-429.
DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v5i3.1723>

1 Pendahuluan

Logam Tanah Jarang (LTJ) merupakan unsur yang banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk peralatan modern sehingga penggunaan LTJ memicu berkembangnya teknologi material baru. Perkembangan material ini banyak diaplikasikan di dalam industri untuk meningkatkan kualitas produk [1]. Logam tanah jarang telah sepenuhnya terintegrasi ke dalam persyaratan dari dunia modern, penemuan aplikasi dalam berbagai teknologi yang mendukung energi, pertahanan, dan industri. Hasilnya di negara-negara maju

adalah ketergantungan ekonomi pada elemen-elemen tanah jarang ini yang telah diklasifikasikan sebagai "material kritis" oleh United States dan the European Union [2],[3].

Dari 200 mineral paling terkenal yang mengandung logam tanah jarang (LTJ), tiga yang mengandung jumlah yang signifikan – basnasit, monasit, dan senotim. Monasit menjadi mineral sumber tanah jarang terpenting kedua. Monasit adalah fosfat tanah jarang yang bersifat radioaktif yang mengandung thorium (Th) dan uranium (U) [4].

Lantanum dan neodimium merupakan tanah jarang yang sangat berlimpah setelah

serium dan merupakan elemen lantanida yang ditemukan aplikasi dan kegunaannya dalam teknologi terbaru. Baru-baru ini, lantanum dalam jumlah besar digunakan dengan paduan logam nikel untuk pembuatan baterai *hybrid* untuk mobil *hybrid*. Lantanum juga terdapat dalam paduan yang digunakan untuk produksi baja logam berkekuatan tinggi dan dalam katalisis digunakan untuk industri petrokimia dan kimia. Neodimium ketika dicampur dengan kaca untuk membuat bola lampu, menyaring lampu pijar kuning dan menghasilkan cahaya putih yang lebih dekat dengan siang hari [5].

Lantanum hidroksida berperan dalam dunia farmasi sebagai pengikat fosfat baru yang menunda perkembangan gagal ginjal. Kemanjuran lantanum hidroksida mampu menunda perkembangan CRF (*Chronic Renal Failure*) dan melindungi fungsi ginjal. Lantanum hidroksida juga mampu menekan perkembangan kalsifikasi vaskular, menurunkan level serum PTH (*parathyroid hormone*) dan FGF23 (*fibroblast growth factor 23*), dan secara signifikan menekan serum fosfor. Maka, Lantanum hidroksida menghambat perkembangan kalsifikasi vaskular dengan menurunkan level serum fosfor [6].

Sektor kesehatan adalah bidang lain di mana neodimium magnet tergabung dalam perangkat medis misalnya dalam perangkat pencitraan resonansi magnetik untuk mendiagnosis sindrom nyeri kronis, radang sendi, penyembuhan luka, insomnia, sakit kepala, dan beberapa penyakit lainnya karena kemampuannya menghasilkan medan magnet statis [7]. Peningkatan penggunaannya telah diamati selama dekade terakhir [8]. Suatu penyakit dapat dibantu disembuhkan pengobatannya secara tepat karena neodimium menampilkan citra sehingga terlihat dengan jelas yang selanjutnya kemudian akan ditargetkan suatu obat tertentu dengan hasil pencitraan tersebut.

Seiring dengan meningkatnya permintaan serta besarnya manfaat lantanum dan neodimium di berbagai sektor. Maka, diperlukan cara yang efisien untuk memisahkan logam tanah jarang tersebut menjadi tanah jarang individunya. Proses pemurnian LTJ dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu ekstraksi, resin penukar ion dan pengendapan [9]. Pemilihan teknik pengendapan dijadikan suatu

pilihan karena prosesnya merupakan proses pemisahan yang mudah, cepat dan murah.

Pemisahan logam tanah jarang dengan metode pengendapan telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya adalah [10] yang telah memisahkan logam tanah jarang dari *tailing* emas Poboya Kecamatan Mantikulore Kota Palu dengan metode pengendapan yang mana didapatkan kadar LTJ 6-7%. Hasil dari penelitian beliau diidentifikasi menggunakan SEM-EDS dan didapatkan 6 jenis LTJ yaitu terbium (Tb): 77- 80%, lantanum (La): 13%, europium (Eu): 4- 5%, serium (Ce): 2%, neodimium (Nd): 0,02% dan gadolinium (Gd): 0,02%.

Dalam pemisahan logam tanah jarang juga digunakan beberapa agen pengendap untuk membantu pemisahan sehingga didapatkan efisiensi pengendapan yang baik. Agen pengendap yang digunakan antara lain asam oksalat, amonium hidroksida, natrium hidroksida, amonium karbonat, dan natrium karbonat. Review ini membahas penggunaan agen pengendap yang digunakan untuk proses pengendapan lantanum dan neodimium serta hasil yang didapatkan dari penggunaan agen pengendap tersebut.

2 Metode Penelitian

Pencarian literatur *review* dilakukan secara *online* dengan mesin pencarian *search engine* berupa *Google Scholar*, *Pubmed*, *Elsevier*, *Science Direct*, dan *Research Gate*, yang terakreditasi nasional maupun internasional. Dengan subjek penelitian yaitu agen pengendap yang digunakan dalam proses pengendapan lantanum dan neodimium. Pemilihan literatur yang diambil yaitu berdasarkan kriteria jurnal yang relevan dengan beberapa agen pengendap yang digunakan pada proses pengendapan lantanum dan neodimium dengan kata kunci "logam tanah jarang", "agen pengendap", "pengendapan", "neodimium", dan "lantanum" dengan tahun yang digunakan dalam penyaringan daftar referensi yaitu dari artikel yang dipublikasikan pada tahun 1998-2022.

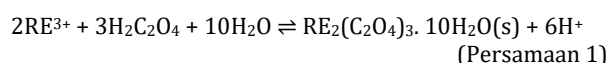
3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Asam Oksalat (H₂C₂O₄)

Asam oksalat adalah agen pengendap yang paling umum digunakan untuk LTJ dan sebagian

besar peneliti telah menggunakan pengendap ini untuk memisahkan LTJ dalam larutan dari ion terlarut lainnya. Hal ini karena asam oksalat secara umum memiliki afinitas yang sangat baik dengan LTJ pada umumnya [11]. Oksalat merupakan precursor yang harganya murah tetapi berkualitas tinggi untuk bahan-bahan dengan sifat menarik, seperti bahan bakar nuklir, kerangka logam-organik, oksigen konduktor, atau magnet molecular [12].

Sebagai alternatif, asam oksalat memberikan tingkat selektivitas yang tinggi pada nilai pH yang lebih rendah dengan adanya kehadiran tingkat pengotor yang tinggi [13], [14]. Selektivitas LTJ terhadap asam oksalat dilaporkan disebabkan karena afinitas REE³⁺ yang kuat terhadap anion oksalat dan kelarutan tanah jarang oksalat yang sangat rendah [15], [16]. Anion oksalat (C₂O₄²⁻) merupakan basa konjugat dari asam oksalat. Kim *et al.* [17] juga menganggap kristalisasi LTJ menggunakan pengendapan asam oksalat sebagai teknologi preparasi LTJ yang paling signifikan [17], [11]. Dengan demikian, sering digunakan dalam industri karena kesederhanaannya dan kemanjurannya yang tinggi [18]. Pengendapan asam oksalat dijelaskan dengan mekanisme reaksi pada persamaan 1 [18].

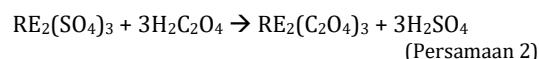


Pengendapan tanah jarang sebagai oksalat dianggap sebagai metode yang lebih baik yang menghasilkan endapan tanah jarang bebas dari ion sulfat dan fosfat yang dapat mengganggu proses pemisahan. Endapan tanah jarang oksalat mudah untuk disaring dan dapat dengan siap dikonversi menjadi oksida melalui kalsinasi sekitar 500°C dan menjadi hidroksida melalui kaustik soda [19].

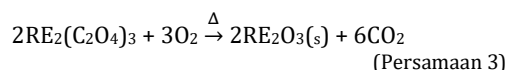
Rattanaphra *et al.* [20], pernah melakukan proses pemurnian lantanum dan neodimium dari campuran tanah jarang dengan tahapan proses yaitu teknik penukar ion kemudian produk hasil proses penukar ion diendapkan dengan asam oksalat pada pH 3-4 dan dikalsinasi pada suhu yang berbeda (500, 600, 800, dan 1000 °C). Hal yang sama diterapkan untuk lantanum. Kemurnian tinggi untuk

lantanum oksida dan neodimium oksida diperoleh setelah kalsinasi masing-masing 98.68% dan 94.92% [20].

Penelitian lain terkait pengendapan menggunakan asam oksalat dilakukan oleh [21] dengan menggunakan 10% asam oksalat. Rasio asam oksalat terhadap cairan pelindian adalah 1:1 dan waktu pelindian selama 30 menit. Padatan putih yang mengandung tanah jarang oksalat diendapkan dari cairan pelindian sambil ditambahkan asam oksalat. Lalu, dikalsinasi pada suhu 800°C di dalam tungku selama 1 jam. Analisis *x-ray fluorescence spectroscopy* (XRF) dilakukan pada oksida. Pengendapan kimia dengan asam oksalat digunakan untuk memisahkan LTJ dari cairan pelindian. Menambahkan asam oksalat ke cairan pelindian yang mengandung ion tanah jarang menghasilkan endapan tanah jarang oksalat berwarna putih sesuai dengan reaksi pada persamaan 2 [21].



dimana tanah jarangnya adalah torium (Th), serium (Ce), lantanum (La), dan neodimium (Nd). Namun, kompleks pengotor oksalat seperti silicon (Si), aluminium (Al), magnesium (Mg), besi (Fe), kalsium (Ca), sulfur (S), dan fosfor (P) tetap pada larutan pada tahap ini, pada pH 0.92. Endapan tanah jarang oksalat dikalsinasi pada suhu 800°C dan campuran tanah jarang oksida didapatkan. Pada suhu ini, tanah jarang oksalat bereaksi dengan oksigen membentuk tanah jarang oksida (REO) dan melepaskan CO₂ sesuai dengan reaksi pada persamaan 3 [21].



Tabel 1 Hasil XRF untuk campuran REO

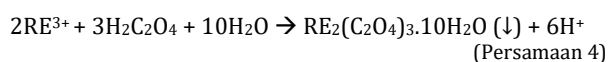
Komposisi	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅
%	3.7	2.7	0.7	1.5	1.4	3.7	1.5
Komposisi	La ₂ O ₃	CeO ₂	PrO ₃	ThO ₂	Nd ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	L.O.I.*
%	20.2	32.6	12.2	0.8	17.5	0.6	0.6

* Loss of ignition

Tabel 1 menunjukkan hasil XRF untuk campuran REO yang mengindikasikan bahwa REO Th, Ce, La, dan Nd mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan konsentrat primer (25% REO) dan jumlahnya dalam konsentrat akhir masing-masing 0.8, 32.6, 20.2, dan 17.5%. Persentase total REO dalam konsentrat akhir adalah 84% yang menunjukkan bahwa sejumlah besar pengotor seperti Fe, Si, Al, dan P, dihilangkan selama proses yang diterapkan.

Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh [22] tentang ekstraksi tanah jarang dari terak nugget besi lumpur merah dengan pengendapan asam oksalat. Terak bubuk sebanyak 10 gram dilarutkan dengan HCl 200 mL sambil diaduk pada laju 500 rpm dengan suhu pelindian 90 °C. Lalu, larutan pelindian kemudian di sentrifugasi dan diencerkan untuk analisis ICP (*Inductively Coupled Plasma*). Selanjutnya, 50 mL dari larutan pelindian ditambahkan 50 mL asam oksalat dan pH dikontrol menjadi 2 dengan natrium hidroksida. Sampel kemudian disaring untuk dihilangkan endapan yang terbentuk kemudian didapatkan konsentrat padat tanah jarang oksalat.

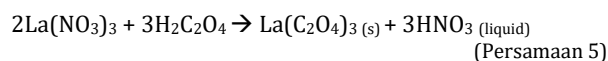
Asam oksalat (H₂C₂O₄) ditambahkan ke larutan pelindian untuk menghasilkan endapan tanah jarang. Endapan tanah jarang dapat digunakan untuk memproses campuran tanah jarang oksida dengan konversi ke tanah jarang hidroksida dengan natrium hidroksida kemudian kalsinasi. Persamaan 4 menunjukkan reaksi pembentukan tanah jarang oksalat [23]. Sedangkan *recovery* LTJ pada endapan dapat dilihat pada Tabel 2 [22].



Dapat dilihat bahwa *recovery* untuk lantanum dan neodimium masing-masing sebesar 26.15 dan 35.84%. Ditemukan rata-rata *recovery* total untuk semua tanah jarang pada endapan sebesar 22.34%.

Penelitian lainnya terkait penggunaan asam oksalat sebagai agen pengendap juga dilakukan oleh [24] dengan mereaksi La-nitrat yang merupakan hasil filtrat dari pengendapan neodimium dengan amonium hidroksida

dengan asam oksalat sehingga menghasilkan lantanum oksalat sesuai dengan reaksi pada persamaan 5 [24].



Tabel 2 *Recovery* LTJ pada endapan.

Unsur	Recovery (%)	Kesalahan Pengukuran (±%)
Sc	20.73	0.58
Y	25.97	0.47
La	26.15	1.64
Ce	31.11	2.59
Pr	32.64	6.12
Nd	35.84	6.75
Sm	46.20	0.00
Eu	0.00	0.00
Gd	20.40	6.12
Tb	0.00	0.00
Dy	35.39	0.00
Ho	23.08	0.00
Er	17.95	13.68
Tm	0.00	0.00
Yb	26.91	7.07
Lu	15.12	0.00

Lantanum oksalat kemudian dikeringkan pada suhu 105°C kemudian konsentrasi dari LTJ diukur dengan XRF. Didapatkan *recovery* lantanum oksalat 93%.

3.2 Amonium Hidroksida (NH₄OH)

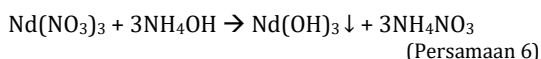
Aung Myint Wai [25] melakukan pengendapan selektif neodimium oksida (Nd₂O₃) dari monasit. Neodimium oksida dapat diekstraksi dari tanah jarang oksida dengan pelindian dengan asam nitrat (HNO₃), pengenceran, pengendapan selektif dengan menambahkan 10% ammonia, dan kalsinasi. Kalsinasi merupakan sebuah proses pemanasan zat padat hingga suhu dibawah titik leleh dengan tujuan untuk memperoleh bentuk oksida LTJ yang stabil [26]. Pengendapan selektif dilakukan dengan tanah jarang berat (*heavy rare earth*) diendapkan dengan penambahan pertama 10% ammonia terhadap larutan tanah jarang oksida pada pH 5 sampai pH 6. Tanah jarang sedang juga diendapkan dengan penambahan kedua 10% amonia terhadap filtrat kesatu pada pH 6 sampai pH 6.9. Neodimium hidroksida dan tanah jarang ringan dipisahkan dengan penambahan ammonia 10% ketiga kali terhadap filtrat kedua dengan pH 7 sampai pH 8. Lalu, dengan dilakukan kalsinasi

dari neodimium hidroksida pada suhu 1000 °C selama 1 jam telah diekstraksi neodimium oksida [25].

Pada pengendapan neodimium oksida, asam nitrat, 10% amonium hidroksida, dan berbagai nilai pH. Pada pH 5-6, tanah jarang yang dipisahkan adalah tanah jarang berat (HRE). Pada pH 6-6.9, tanah jarang yang dipisahkan adalah tanah jarang sedang (MRE) dan pada pH 7-8 tanah jarang ringan (LRE) dipisahkan. Hasil akhirnya didapatkan neodimium oksida dapat diekstraksi sebesar 10.57% dari konsentrat monasit.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh [24] terkait pengendapan selektif neodimium hidroksida (Nd(OH)₃) dengan amonium hidroksida. Neodimium secara selektif diendapkan dari filtrat sebagai neodimium hidroksida dengan penambahan larutan amonium hidroksida (15 %b/v) pada pH 8.5. Setelah diendapkan, padatan disaring. Neodimium hidroksida kemudian dikeringkan pada suhu 105 °C. *Recovery* Nd didapatkan 98%. Nd(OH)₃ memiliki pK_{sp} sekitar 23.3 sehingga ksp nya sebesar 5.01 x 10⁻²⁴ [24]. Efisiensi pengendapan yang didapatkan sebesar 98% dimana efisiensi pengendapan ini tergantung dengan seberapa mudah suatu senyawa diendapkan, semakin kecil K_{sp} maka semakin mudah diendapkan. Peneliti kemungkinan menggunakan dalam bentuk hidroksida karena kspnya yang terbilang kecil sehingga mudah untuk diendapkan.

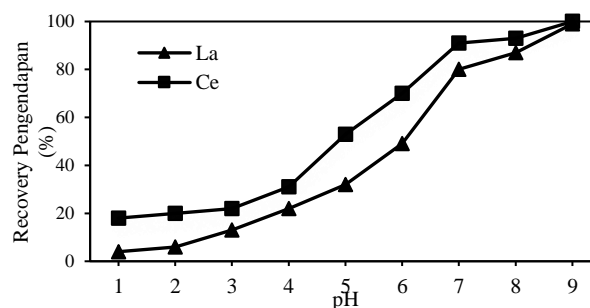
Penggunaan amonium hidroksida sebagai agen pengendap juga pernah dilakukan oleh [27]. Samin *et al.* [27] melakukan sintesis lantanum oksida dari REE(OH)₃ dengan melarutkan 5 kg REE(OH)₃ kedalam larutan asam nitrat 63% 18.02 L yang kemudian didapatkan larutan REE-nitrat. Larutan amonium hidroksida kemudian ditambahkan ke dalam larutan REE-nitrat untuk mendapatkan pH 4, kemudian Ce diendapkan sebagai Ce-hidroksida. Penambahan larutan amonium hidroksida selanjutnya ke dalam filtrat dari larutan REE-nitrat sampai pH 8, kemudian Nd diendapkan sebagai Nd-hidroksida. Reaksi pengendapan neodimium hidroksida terlihat pada persamaan 6 [28].



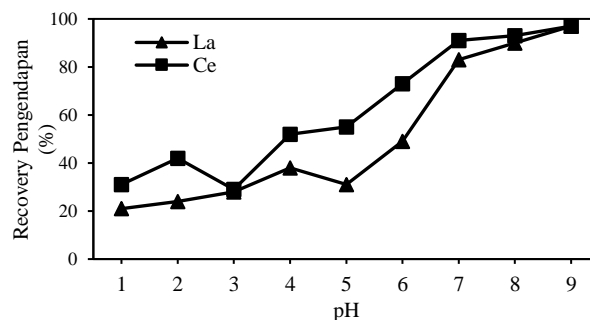
REE(OH)₃ mengandung komponen utama yaitu Ce: 28.711%, La: 16.274%, dan Nd: 4.633%. Ce merupakan yang paling dominan sehingga Ce harus dipisahkan dari REE(OH)₃ kemudian diikuti selanjutnya dengan pemisahan Nd sehingga konsentrasi La yang lebih tinggi dapat dihasilkan [27]

3.3 Natrium Hidroksida (NaOH)

Penggunaan natrium hidroksida sebagai agen pengendap pernah dilakukan oleh [29] yang tujuan utama dari penelitiannya adalah mendaur ulang cerium dan lantanum dari lumpur pemolesan kaca dengan dua metode utama yaitu pelindian dan pengendapan. La dan Ce hasil pelindian dengan HCl kemudian dikonversi menjadi endapan logam dengan mengubah nilai pH larutannya. Karena pelindian dilakukan dengan HCl, Lee *et al.* menyesuaikan pH dari larutan dengan amonium hidroksida dan natrium hidroksida. *Recovery* endapan La dan Ce yang didapatkan dengan penambahan NaOH dan NH₄OH pada nilai pH yang berbeda ditunjukkan pada gambar 1 dan 2 [29].



Gambar 1 *Recovery* Pengendapan La dan Ce pada nilai pH berbeda menggunakan NH₄OH [29].



Gambar 2 *Recovery* Pengendapan La dan Ce pada nilai pH berbeda menggunakan NaOH [29].

Hasil menunjukkan bahwa ketika nilai pH ditingkatkan, *recovery* pengendapan pun meningkat. *Recovery* pengendapan NH₄OH dari La dan Ce lebih baik dibandingkan dengan NaOH, yang mana *recovery* La dan Ce pada pH 9 masing-masing 99.99% dan 100% [29].

3.4 Amonium Karbonat ((NH₄)₂CO₃)

Salah satu cara hemat biaya untuk memproduksi tanah jarang karbonat secara massal dari larutan tanah jarang garam (misalnya tanah jarang klorida dan nitrat) adalah dengan dengan garam karbonat atau bikarbonat. Dalam industri, alkali atau garam ammonia karbonat/bikarbonat merupakan agen pengendapan yang paling banyak digunakan dalam proses *stripping*/ekstraksi/kalsinasi tanah jarang [30].

RE karbonat atau RE oksida (karbonat setelah diberi perlakuan kalsinasi) digunakan sebagai bahan baku tanah jarang individu setelah dilarutkan dengan asam klorida. Konsentrasi campuran basnasit-monasit di Mongolia secara industri diolah dengan proses asam sulfat suhu tinggi (1073 K) diikuti dengan pencucian air dan kemudian diendapkan dengan amonium karbonat atau natrium karbonat untuk mendapatkan RE karbonat. RE karbonat dilarutkan dengan asam klorida diikuti dengan ekstraksi pelarut untuk mendapatkan RE individu [31].

Tabel 3 Hasil analisis endapan menggunakan XRF [32].

Unsur Utama	Efisiensi Pengendapan %					
	pH 1.5	pH 2.0	pH 3.5	pH 6.0	pH 7.5	H ₂ O ₂
Th	67.83	24.95	5.17	2.05	-----	-----
Ce	15.22	37.53	30.48	11.48	3.59	1.70
Pr	17.38	48.92	20.24	9.94	2.61	0.91
Nd	15.69	41.64	26.60	11.95	2.31	1.81
Sm	-----	-----	-----	-----	45.45	54.55
La	10.19	25.46	25.94	20.06	12.47	5.88
Gd	-----	-----	-----	-----	53.82	46.18
Y	-----	-----	-----	56.36	31.01	12.63
U	44.86	15.34	17.76	22.04	-----	-----

Pada penelitian yang dilakukan oleh [32], Ia menggunakan 20% amonium karbonat untuk pengendapan thorium, LTJ, dan uranium dari cairan pelindian sulfat. Set percobaan dilakukan pada 100 mL larutan pada pH berbeda (1.5, 2.0, 3.5, 6.0, 7.5 dan penambahan H₂O₂ sebagai agen pengoksidasi). larutan diletakan pada gelas

kimia berukuran 250 mL kemudian larutan 20% amonium karbonat ditambahkan bertahap hingga mencapai uji pH yang dibutuhkan. Sampel larutan diaduk selama 1 jam pada suhu ruang menggunakan *magnetic stirrer* setelah penyesuaian pH untuk memastikan pengendapan. Endapan kemudian dianalisis menggunakan XRF dengan hasil analisis pada tabel 3.

Dapat dilihat bahwa pemisahan maksimum Ce dan Nd terjadi pada pH 2 dan menurun ketika meningkatnya pH pada pH 7.5 menjadi 3.59 dan 2.31%. Ditemukan juga efisiensi pemisahan untuk ketiga unsur tersebut 1.7 dan 1.81 dengan adanya H₂O₂. Disisi lain, La mulai memisah pada pH 1.5 dan menurun secara bertahap dengan meningkatnya pH sampai mencapai 12.47% pada pH 7.5 ini mungkin dikaitkan dengan melarutkan karbonat pada pH tinggi (6-7.5) [32].

3.5 Natrium Karbonat (Na₂CO₃)

Pemisahan LTJ menggunakan natrium karbonat sebagai agen pengendap dilakukan oleh El-Awady *et al.* pada tahun 2019 [32]. Set percobaan dilakukan pada 100 mL larutan pada pH berbeda (0.5, 1.5, 3.0, 6.0, dan 9.0). Larutan kemudian diletakkan pada gelas kimia berukuran 250 mL dan 20% natrium karbonat ditambahkan secara bertahap hingga mencapai pH uji yang diinginkan. Larutan sampel kemudian diaduk selama 1 jam pada suhu ruang menggunakan *magnetic stirrer* setelah penyesuaian pH untuk memastikan pengendapan. Endapan dianalisis menggunakan XRF sehingga didapatkan hasil pada Tabel 4 [32].

Tabel 4 Hasil analisis endapan menggunakan XRF [32]

Unsur Utama	Efisiensi Pengendapan %				
	pH 0.5	pH 1.5	pH 3.0	pH 6.0	pH 9.0
Th	64.43	32.83	2.74	-----	-----
Ce	91.03	3.34	4.69	0.66	0.29
Pr	93.92	3.18	1.89	0.75	0.26
Nd	85.97	5.41	7.54	0.69	0.39
Sm	87.34	4.73	5.53	1.84	0.56
La	82.51	9.89	5.66	1.60	0.34
Gd	85.58	5.12	-----	6.01	3.29
Y	-----	-----	-----	-----	100
U	-----	32.31	67.69	-----	-----

Untuk Ce, Nd, dan La, efisiensi pemisahan menggunakan natrium karbonat menunjukkan

nilai maksimum pada pH 0.5 (masing-masing 91.03, 85.97, dan 82.51%) dimana meningkatkan nilai pH, efisiensi pemisahan

sangat menurun seiring meningkatnya nilai pH [32].

Tabel 5 Hasil penelitian-penelitian yang terkait dengan penggunaan agen pengendap dalam proses pengendapan lantanum dan neodimium

Sampel	LTJ yang dipisahkan	Agen pengendap	Metode	pH, suhu, dan waktu	Hasil	Referensi
Campuran tanah jarang klorida	lantanum, neodimium	Asam oksalat 10 %b/v	Purifikasi dengan kolom penukar ion, pengendapan, kalsinasi	pH 3-4, dikeringkan pada 110°C selama 12 jam	Recovery lantanum oksida (98.68%) dan neodimium oksida (94.92%)	[20]
Konsentrat Monasit (mengandung 25% REO)	serium, lantanum, neodimium, thorium	Asam oksalat 10%	Digesti asam, pelindian, pengendapan	35°C, selama 30 menit	La 20.2% dan Nd 17.5%	[33]
Terak nugget besi lumpur merah	Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, dan Lu	0.5 M asam oksalat	Pelindian, sentrifugasi, pengendapan, penyaringan	pH 2	La 26.15% dan Nd 35.84%	[22]
RE-hidroksida	Ce, Nd, La	Asam oksalat untuk La	Pelarutan, oksidasi, pengendapan selektif	-	Recovery Ce, Nd, dan La masing-masing 93, 98, dan 93%	[24]
RE-hidroksida	Ce, Nd, La	Ammonium hidroksida untuk Nd	Pelarutan, oksidasi, pengendapan selektif	pH 8.5	Recovery Ce, Nd, dan La masing-masing 93, 98, dan 93%	[24]
REE(OH) ₃	Ce, Nd, dan La	Ammonium hidroksida untuk Nd	Digesti pasir monasit, pengendapan REE(OH) ₃ , pemisahan Ce, pemisahan Nd, pengendapan lantanum oksalat, dan kalsinasi	pH 8	REE(OH) ₃ mengandung komponen utama Ce: 28.711%, La: 16.274%, dan Nd: 4.6333%	[27]
Monasit	Nd	10% amonium hidroksida	Pelindian, pengenceran, pengendapan selektif dan kalsinasi	pH 7-8	Nd diekstrak 10.57% dari konsentrat monasit	[25]
3 g lumpur pemolesan kaca	Ce dan La	Ammonium hidroksida dan natrium hidroksida	Pelindian dan pengendapan	Variasi pH	Recovery dengan amonium hidroksida lebih baik (pada pH 9, La: 99.99% dan Ce: 100%)	[29]
High-grade sampel pasir monasit (sekitar 85 % monasit)	Th, Ce, Pr, Nd, Sm, La, Gd, Y, U	20% amonium karbonat	Pengendapan, analisis XRF	Variasi pH	Efisiensi Pengendapan Ce dan Nd maksimum pada pH 2 (37.53 and 41.64%) sedangkan La maksimum pada pH 3.5 (25.94%)	[32]
High-grade sampel pasir monasit (sekitar 85 % monasit)	Th, Ce, Pr, Nd, Sm, La, Gd, Y, U	20% natrium karbonat	Pengendapan, analisis XRF	Variasi pH	Ce, Nd, dan La nilai maksimum pada pH 5 (masing-masing 91.03, 85.97, dan 82.51%)	[32]

4 Kesimpulan

Melihat besarnya manfaat lantanum dan neodimium dalam berbagai sektor, khususnya sektor kesehatan seperti lantanum hidroksida yang berperan untuk menghambat perkembangan kalsifikasi vaskular dengan menurunkan level serum fosfor dan neodimium yang berperan sebagai magnet dalam suatu pencitraan alat MRI. Maka, diperlukan proses yang efisien dalam memisahkan logam tanah jarang menjadi individu masing-masingnya sehingga LTJ dapat dimanfaatkan dengan baik sesuai dengan perannya. Dalam pemisahan LTJ, diperlukan suatu agen pengendap yang mampu

mengendapkan dan memberikan efisiensi pengendapan yang baik terhadap LTJ yang ingin dipisahkan. Diantara berbagai agen pengendap yang digunakan, asam oksalat dan amonium hidroksida memberikan *recovery* pengendapan yang baik. Efisiensi pengendapan untuk kedua agen pengendap masing-masing mampu mencapai 98.68 dan 99.99%. Penggunaan asam oksalat sendiri cenderung lebih disukai karena proses pengendapan terjadi pada pH lebih rendah yang mana mengurangi kemungkinan pengotor untuk kopresipitasi dengan LTJ. Dengan hal ini, hanya ada sedikit kemungkinan kontaminan mampu menghambat *recovery* LTJ.

5 Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Penelitian ALG. No 2202/UNG.3.1/PM.00/2022 yang telah mendukung serta memberikan fasilitas untuk terlaksananya penelitian.

6 Pernyataan

6.1 Penyandang Dana

Penelitian mendapatkan dukungan dana dari Universitas Padjadjaran.

6.2 Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan yang terjadi.

7 Daftar Pustaka

- [1] M. Anggraini, Sumarni, Sumiarti, R. S, and S. W, "Pengendapan Unsur Tanah Jarang Hasil Digesti Monasit Bangka Menggunakan Asam Sulfat," vol. 33, no. 2, pp. 121–128, 2012.
- [2] B. Bauer, D; Diamond, D; Li, J; Sandalow, D; Telleen, P; Wanner, "U.S. Department of Energy Critical Materials Strategy," *Lancet Neurol.*, 2010, doi: 10.1016/S1474-4422(13)70033-4.
- [3] R. L. Moss, E. Tzimas, H. Kara, P. Willis, and J. Kooroshy, "The potential risks from metals bottlenecks to the deployment of Strategic Energy Technologies," *Energy Policy*, vol. 55, pp. 556–564, 2013, doi: 10.1016/j.enpol.2012.12.053.
- [4] J. C. B. S. Amaral and C. A. Morais, "Thorium and uranium extraction from rare earth elements in monazite sulfuric acid liquor through solvent extraction," *Miner. Eng.*, vol. 23, no. 6, pp. 498–503, 2010, doi: 10.1016/j.mineng.2010.01.003.
- [5] E. M. Abu Elgoud, Z. H. Ismail, M. I. Ahmad, Y. A. El-Nadi, S. M. Abdelwahab, and H. F. Aly, "Sorption of Lanthanum(III) and Neodymium(III) from Concentrated Phosphoric Acid by Strongly Acidic Cation Exchange Resin (SQS-6)," *Russ. J. Appl. Chem.*, vol. 92, no. 11, pp. 1581–1592, 2019, doi: 10.1134/S1070427219110156.
- [6] L. Zhao *et al.*, "The Pharmacological Effect and Mechanism of Lanthanum Hydroxide on Vascular Calcification Caused by Chronic Renal Failure Hyperphosphatemia," *Front. Cell Dev. Biol.*, vol. 9, no. April, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3389/fcell.2021.639127.
- [7] C. Yüksel, "The Use of Neodymium Magnets in Healthcare and Their Effects on Health," *North. Clin. Istanbul*, vol. 5, no. 3, pp. 268–273, 2017, doi: 10.14744/nci.2017.00483.
- [8] A. P. Colbert *et al.*, "Static magnetic field therapy: A critical review of treatment parameters," *Evidence-based Complement. Altern. Med.*, vol. 6, no. 2, pp. 133–139, 2009, doi: 10.1093/ecam/nem131.
- [9] H. LN, F. R, S. W, B. S, A. S, and Susilaningtyas, "Pengolahan Monasit Dari Limbah Penambangan Timah: Pemisahan Logam Tanah Jarang (RE) Dari U dan Th," *Pros. Present. Ilm. Daur Bahan Bakar Nukl. V*, pp. 54–60, 2000.
- [10] Arianto, H. Sosidi, Prismawiryanti, and D. J. Pusptasari, "Pemisahan Logam Tanah Jarang dari Limbah (Tailing) Emas Poboya dengan Metode Pengendapan," *KOVALEN J. Ris. Kim.*, vol. 6, no. 1, pp. 9–17, 2020, doi: 10.22487/kovalen.2020.v6.i1.13861.
- [11] K. N. Han, "Characteristics of precipitation of rare earth elements with various precipitants," *Minerals*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.3390/min10020178.
- [12] A. Alemayehu, A. Zakharanka, and V. Tyrpekl, "Homogeneous Precipitation of Lanthanide Oxalates," *ACS Omega*, vol. 7, no. 14, pp. 12288–12295, 2022, doi: 10.1021/acsomega.2c00763.
- [13] R. G. Silva, C. A. Morais, L. V. Teixeira, and É. D. Oliveira, "Selective Precipitation of High-Quality Rare Earth Oxalates or Carbonates from a Purified Sulfuric Liquor Containing Soluble Impurities," *Mining, Metall. Explor.*, vol. 36, no. 5, pp. 967–977, 2019, doi: 10.1007/s42461-019-0090-6.
- [14] M. L. Strauss, "The Recovery of Rare Earth Oxides From Waste Fluorescent of Mines," *Color. Sch. Mines*, 2016.
- [15] D. Beltrami, G. J. P. Deblonde, S. Bélair, and V. Weigel, "Recovery of yttrium and lanthanides from sulfate solutions with high concentration of iron and low rare earth content," *Hydrometallurgy*, vol. 157, pp. 356–362, 2015, doi: 10.1016/j.hydromet.2015.07.015.
- [16] J.-H. Chung, Dong-Yong; Kim, Eung-Ho; Lee, Eil-Hee; Yoo, "Solubility of RE oxalate in oxalic and nitric acid media." pp. 277–284, 1998. [Online]. Available: <https://www.cheric.org/research/tech/periodicals/view.php?seq=12719>
- [17] J. S. Kim, H. soo Kim, M. J. Kim, J. Lee, and J. R. Kumar, "Status of Separation and Purification of Rare Earth Elements from Korean Ore," *Rare Met. Technol.* 2015, pp. 117–118, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-48188-3.
- [18] A. Nawab, X. Yang, and R. Honaker, "Parametric study and speciation analysis of rare earth precipitation using oxalic acid in a chloride solution system," *Miner. Eng.*, vol. 176, 2022, doi: 10.1016/j.mineng.2021.107352.
- [19] S. H. Ahmed, O. S. Helaly, and M. S. Abd El-Ghany, "Preliminary Study for Separation of Heavy

- Rare Earth Concentrates from Egyptian Crude Monazite,” *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. J. Mater. Metall. Eng.*, vol. 8, no. 8, p. 7, 2014.
- [20] D. Rattanaphra, O. Leelanupat, and U. Suwanmanee, “Purification Process of Lanthanum and Neodymium from Mixed Rare Earth,” *Pure Appl. Chem. Int. Conf. 2013*, no. July, 2016.
- [21] F. Sadri, F. Rashchi, and A. Amini, “Hydrometallurgical digestion and leaching of Iranian monazite concentrate containing rare earth elements Th, Ce, La and Nd,” *Int. J. Miner. Process.*, vol. 159, pp. 7–15, 2017, doi: 10.1016/j.minpro.2016.12.003.
- [22] M. S. Archambo and S. K. Kawatra, “Extraction of Rare Earths from Red Mud Iron Nugget Slags with Oxalic Acid Precipitation,” *Miner. Process. Extr. Metall. Rev.*, vol. 43, no. 5, pp. 656–663, 2022, doi: 10.1080/08827508.2021.1927729.
- [23] S. Jaireth, D. M. Hoatson, and Y. Miezitis, “Geological setting and resources of the major rare-earth-element deposits in Australia,” *Ore Geol. Rev.*, vol. 62, pp. 72–128, 2014, doi: 10.1016/j.oregeorev.2014.02.008.
- [24] M. V. Purwani, K. Trinopiawan, H. Poernomo, Suyanti, N. D. Pusporini, and R. A. Amiliana, “Separation of Ce, La and Nd in rare earth hydroxide (REOH) by oxidation with potassium permanganate and precipitation,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1198, no. 3, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1198/3/032003.
- [25] Aung Myint Wai, “Selective Precipitation of Neodymium oxide (Nd₂O₃) from Monazite,” *Int. J. Sci. Eng. Technol. Res.*, vol. 7, no. 8, pp. 2278–7798, 2018.
- [26] T. Sofyatin, D. Hendrati, and U. Pratomo, “Indonesian Chemia Acta Pengendapan Melalui Destruksi Menggunakan Akua Regia,” *Indones. Chem. Acta*, vol. 6, no. 1, pp. 25–29, 2016.
- [27] Samin, Suyanti, S. T. Sunanti, and W. A. Adi, “Synthesis and certification of lanthanum oxide extracted from monazite sand,” *Indones. J. Chem.*, vol. 20, no. 6, pp. 1213–1220, 2020, doi: 10.22146/ijc.44327.
- [28] S. R. Lim, S. D. Lee, H. S. Kim, F. S. H. Simanjuntak, and H. Lee, “Lanthanum oxide-catalyzed transesterification of dimethyl carbonate with glycerol: Effect of surfactant,” *Bull. Korean Chem. Soc.*, vol. 35, no. 11, pp. 3163–3168, 2014, doi: 10.5012/bkcs.2014.35.11.3163.
- [29] C. H. Lee, Y. C. Lo, N. Sandagdorj, E. Gankhuyag, S. R. Popuri, and C. E. Hung, “Recycling of Cerium and Lanthanum from Glass Polishing Sludge,” *Polish J. Chem. Technol.*, vol. 21, no. 4, pp. 26–30, 2019, doi: 10.2478/pjct-2019-0035.
- [30] P. Kim, A. Anderko, A. Navrotsky, and R. E. Riman, “Trends in structure and thermodynamic properties of normal rare earth carbonates and rare earth hydroxycarbonates,” *Minerals*, vol. 8, no. 3, 2018, doi: 10.3390/min8030106.
- [31] L. Wang, X. Huang, Y. Yu, and Z. Long, “Kinetics of rare earth pre-loading with 2-ethylhexyl phosphoric acid mono 2-ethylhexyl ester [HEH(EHP)] using rare earth carbonates,” *Sep. Purif. Technol.*, vol. 122, pp. 490–494, 2014, doi: 10.1016/j.seppur.2013.12.007.
- [32] M. E. El-Awady, A. I. L. Abd-Elfatah, S. M. Abd-Elwahab, A. H. Mahmoud, and O. S. Helaly, “Selective Precipitation of Yttrium from Monazite Acid Leach Liquor by Using Carbonates Precipitation Method,” *Bull. Tabbin Inst. Metall. Stud.*, vol. 108, no. 1, pp. 30–39, 2019, doi: 10.21608/tims.2019.190142.
- [33] F. Sadri, A. M. Nazari, and A. Ghahreman, “A review on the cracking, baking and leaching processes of rare earth element concentrates,” *J. Rare Earths*, vol. 35, no. 8, pp. 739–752, 2017, doi: 10.1016/S1002-0721(17)60971-2.