

**PERHITUNGAN KINETIKA DATA EKSPERIMEN DENGAN DATA
KINETIKA**

(Skripsi)

Oleh

DEWI UTARI MURTI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

KINETIC CALCULATION OF EXPERIMENTAL DATA WITH KINETIC DATA

By

DEWI UTARI MURTI

Kinetic model is a very important problem in nickel leaching study because it determines the prediction of reaction rate and process efficiency. The problem that often arises is the discrepancy between experimental data and the kinetic model used. This is caused by data noise, measurement uncertainty, and variability of process conditions. Considering the complexity of chemical reactions in the leaching process, as well as the importance of the influence of reaction parameters on the percentage of nickel recovery, this study focuses on the analysis of nickel laterite leaching kinetics. The aim is to evaluate and determine the best kinetic model that can describe the dissolution process accurately, and to determine the extent to which temperature, time, and reagents affect the efficiency of nickel extraction. The relationship between temperature, time and MSG reagents ($C_5H_8NO_4Na$), acid (H_2SO_4), and base (NH_4OH). The results showed that the 2nd order MSG model, the acid and base models when order 0 are the best models to describe the nickel leaching rate using reagents within the tested time range.

Keywords: Kinetic Model, Temperature, Time, Multiple Regression Analysis.

ABSTRAK

PERHITUNGAN KINETIKA DATA EKSPERIMEN DENGAN DATA KINETIKA

Oleh

DEWI UTARI MURTI

Model kinetika merupakan suatu masalah dalam studi pelindian nikel yang sangat penting karena menentukan prediksi laju reaksi dan efisiensi proses. Permasalahan yang sering muncul adalah ketidaksesuaian antara data eksperimen dengan model kinetika yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh *noise* data, ketidakpastian pengukuran, dan variabilitas kondisi proses. Dengan mempertimbangkan kompleksitas reaksi kimia dalam proses pelindian, serta pentingnya pengaruh parameter reaksi terhadap persen perolehan nikel, maka penelitian ini difokuskan pada analisis kinetika pelindian nikel laterit. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi dan menentukan model kinetika terbaik yang dapat menggambarkan proses pelarutan secara akurat, serta mengetahui sejauh mana suhu, waktu, dan reagen mempengaruhi efisiensi ekstraksi nikel. Hubungan antara suhu, waktu dan reagen MSG ($C_5H_8NO_4Na$), asam (H_2SO_4), dan basa (NH_4OH). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model MSG orde 2, model asam dan basa ketika orde 0 merupakan model terbaik untuk menggambarkan laju pelindian nikel menggunakan reagen dalam rentang waktu yang diuji.

Kata Kunci: Model Kinetika, Suhu, Waktu, Analisis Regresi Berganda.

**PERHITUNGAN KINETIKA DATA EKSPERIMEN DENGAN DATA
KINETIKA**

Oleh

DEWI UTARI MURTI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: **PERHITUNGAN KINETIKA DATA
EKSPERIMEN DENGAN DATA KINETIKA**

Nama Mahasiswa

: **Dewi Utari Murti**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1817031054

Jurusan

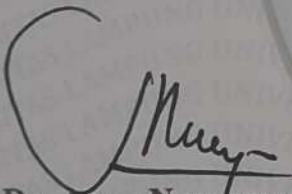
: Matematika

Fakultas

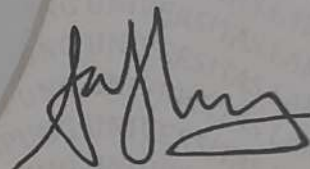
: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

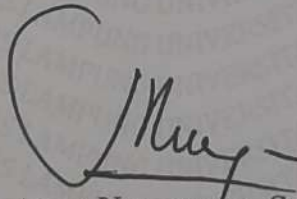


Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001



Dr. Fathan Bahfie, S.T., M.Si.
NIP. 199012182014011001

2. Ketua Jurusan Matematika



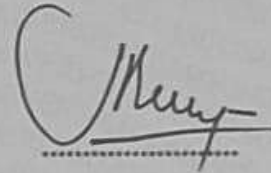
Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

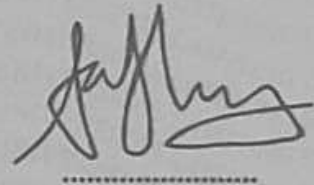
Ketua

: Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.



Sekretaris

: Dr. Fathan Bahfie, S.T., M.Si.



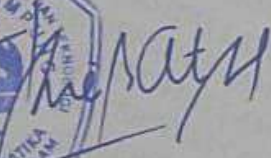
Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Agus Sutrisno, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 Juni 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewi Utari Murti

Nomor Pokok Mahasiswa : 1817031054

Jurusan : Matematika

Judul Skripsi : PERHITUNGAN KINETIKA DATA
EKSPERIMEN DENGAN DATA
KINETIKA

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, bukan hasil orang lain dan semua hasil tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 18 Juni 2025

Penulis



Dewi Utari Murti
NPM. 1817031054

RIWAYAT HIDUP

Penulis Bernama Dewi Utari Murti, dilahirkan di Way Kanan, Lampung pada tanggal 17 November 1999. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Al-Kirom dan Ibu Muryati.

Penulis mengawali pendidikan di Taman Kanak-Kanak RA Al-Asswan pada tahun 2005-2006. Kemudian menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 01 Sukarame pada tahun 2006-2012. Penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 04 Bukit Kemuning pada tahun 2012-2015. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 01 Bukit Kemuning dan lulus pada tahun 2018. Setelah lulus dari SMA, penulis diterima sebagai mahasiswa di jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada tahun 2021 penulis melakukan Kuliah Praktik di Badan Pusat Statistika Kabupaten Way Kanan. Sedangkan untuk pelaksanaan Kuliah Kerja Nyata (KKN), penulis melaksanakan pengabdian masyarakat di Desa Dono Mulyo, Kecamatan Banjit, Kabupaten Way Kanan, Lampung.

KATA INSPIRASI

“Tugas kita bukanlah untuk berhasil, tugas kita adalah untuk mencoba karena didalam mencoba itulah kita menemukan kesempatan untuk berhasil.”

(Buya Hamka)

“Life can be heavy, especially if you try to carry it all at once. Part of growing up and moving into new chapters of your life is about catch and release. What I mean by that is, knowing what things to keep and what things to release. You can't carry all things - all grudges, all updates on your ex, all enviable promotions your school bully got at the hedge fund his uncle started. decide what is yours to hold and let the rest go.”

(Taylor Swift)

“Long Story Short, I Survived”

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil ‘aalamiin

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Dengan penuh ketulusan, penulis mempersembahkan skripsi ini untuk:

Ibu Muryati dan Ayah Al-Kirom

Terima kasih untuk Ibu dan Ayah tersayang yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan dalam bentuk apapun dalam setiap pengambilan keputusan dan selalu memanjatkan doa untuk keberhasilan anak-anaknya.

Kakakku Mahmudah Nurul Azizah dan Keluarga Besar Ali Basan

Terima kasih untuk kakak kandungku tersayang yang selalu memberi motivasi dan dukungan baik moril maupun material. Untuk keluarga besar Ali Basan yang selalu memberikan dukungan, doa dan segala bentuk perjuangan maupun pengorbanan yang telah diberikan.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang selalu sabar dan membantu, memberikan arahan, masukkan, dan ilmu yang bermanfaat.

Sahabat dan Orang Terdekat

Terima kasih kepada para sahabat dan orang-orang terdekat yang selalu menemani penulis di suka maupun duka, serta memberikan semangat dan doa baiknya.

Almamater Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena memberi segala nikmat dan hidayah serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Perhitungan Kinetika Data Eksperimen Dengan Data Kinetika”**. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan, bimbingan, serta saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.. selaku Dosen Pembimbing I serta selaku ketua jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan, saran, dan pengarahan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Drs. Fathan Bahfie, S.T., M.Si.. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu, memberikan kritik dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Agus Sutrisno, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji, yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam proses menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dra. Dorrah Aziz, M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika FMIPA UNILA yang telah memberikan ilmu dan segala bentuk bantuan kepada penulis selama perkuliahan.
7. Seluruh staff dan karyawan Balai Penelitian Teknologi Mineral – Badan Riset dan Inovasi Nasional (BPTM-BRIN) Lampung.
8. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Al-Kirom dan pintu surgaku Ibunda Muryati. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang di berikan.

Mereka memang tidak sempat merasakan pendidikan bangku kuliah, namun mereka mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga ayah dan ibu panjang umur, sehat dan bahagia selalu.

9. Kakakku tersayang, Mahmudah Nurul Azizah dan seluruh keluarga besar terutama keluarga besar Ali Basan. kalian adalah sumber kekuatan dan semangat terbesar dalam hidup penulis. Dalam setiap langkah dan proses yang dijalani, ada peran dan pengaruh besar dari keluarga yang selalu menjadi tempat berpulang dan bertumbuh. Terima kasih karena selalu menyanyangi, mendoakan, dan mendukung untuk kesuksesan penulis.
10. Sahabat-sahabat selama masa perkuliahan terutama Ahya dan Febi yang selama ini selalu mensupport dan memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi dan menemani semasa perkuliahan.
11. Trimay Siswanti, Nabila Oktavia Ningtias sebagai sahabat penulis sejak SMA yang selalu menemani di masa sulit dan memberikan doa serta dukungan.
12. Semua teman jurusan Matematika angkatan 2018, teman kelas B dan seluruh pihak terkait yang telah banyak membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu
13. *Last but not least* terima kasih kepada diri sendiri karena telah bertahan hingga akhirnya mendapatkan gelar sarjana. segala suka dan duka dalam menjalani perkuliahan akan selalu diingat dan dijadikan pembelajaran untuk tantangan selanjutnya.

Penulis menyadari dalam menyusun skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini.

Bandar Lampung, 18 Juni 2025
Penulis

Dewi Utari Murti
NPM. 1817031054

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
 II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Suhu.....	4
2.2 Waktu	5
2.3 Nikel (Ni)	5
2.4 Nikel Laterit	6
2.5 Analisis Ragam/ <i>Analisis of Variance</i> (ANOVA).....	7
2.6 Analisis Regresi Linier Berganda.....	7
2.7 Uji Autokorelasi	8
2.8 Uji Normalitas	8
2.9 Uji Multikolinearitas	9
2.10 Uji Heteroskedastisitas	9
2.11 Studi Kinetika.....	10
 III. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12

3.2	Metode Penelitian.....	12
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1	Deskriptif Data	14
4.2	Uji Normalitas.....	15
4.3	Uji Multikolinearitas	16
4.4	Uji Heteroskedastisitas.....	16
4.5	Uji Autokorelasi	17
4.6	Analisis Regresi Berganda	17
4.7	Uji Hipotesis	19
4.7.1	Uji Koefisien Determinasi	19
4.7.2	Uji-F	19
4.7.3	Uji-T.....	20
4.8	Mean Absolute Percentage Error	22
4.9	Analisis Model Kinetika	23
V.	KESIMPULAN.....	26
	DAFTAR PUSTAKA	27

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Deskriptif Variabel Kuantitatif.....	14
Tabel 2. Distribusi Variabel Kategorik (Variasi Reagen).....	15
Tabel 3. Uji Multikolinieritas.....	16
Tabel 4. Uji Heteroskedastisitas.....	16
Tabel 5. Uji Autokorelasi.....	17
Tabel 6. Analisis Regresi Berganda.....	18
Tabel 7. Uji Koefisien Determinasi.....	19
Tabel 8. Uji F.....	19
Tabel 9. Uji t Model Pertama.....	20
Tabel 10. Uji t Model Kedua.....	20
Tabel 11. Uji t Model Ketiga.....	21
Tabel 12. Mean Absolute Percentage Error.....	22
Tabel 13. Reagen $C_5H_8NO_4Na$	23
Tabel 14. Reagen H_2SO_4	24
Tabel 15. Reagen NH_4OH	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Logam Nikel.....	6
Gambar 2. <i>Flow Chart</i>	13
Gambar 3. Uji Normalitas.....	15

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya alam berupa mineral logam memiliki peran strategis dalam menopang pembangunan ekonomi global dan nasional. Logam-logam seperti tembaga, emas, timah, dan nikel digunakan secara luas dalam berbagai industri, mulai dari infrastruktur, manufaktur, hingga energi terbarukan. Seiring berkembangnya teknologi dan transisi menuju energi hijau, kebutuhan akan logam-logam tersebut semakin meningkat. Salah satu logam yang memiliki nilai penting dalam konteks ini adalah nikel (Ni) (Tanjung et al., 2022).

Menurut *International Energy Agency* (IEA) (2021), permintaan nikel global diperkirakan meningkat hingga 60% pada tahun 2030, didorong oleh lonjakan produksi kendaraan listrik (EV), baterai lithium-ion, dan infrastruktur energi bersih. Dalam konteks ini, nikel menjadi komoditas penting karena digunakan sebagai bahan baku katoda baterai, serta dalam pembuatan baja tahan karat yang menyumbang hampir 70% dari total konsumsi nikel dunia (Radhica, 2023).

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan sumber daya alam yang melimpah, salah satunya adalah mineral logam nikel. Nikel memiliki peranan strategis dalam industri global, terutama dalam pembuatan baja tahan karat, baterai kendaraan listrik, serta berbagai aplikasi kimia dan metalurgi lainnya. Nikel termasuk elemen yang umum di kerak bumi dan banyak ditemukan dalam dua bentuk utama, yaitu nikel sulfida dan nikel laterit (Garinas, W. 2020). Di antara keduanya, nikel laterit lebih dominan secara global, menyumbang sekitar 70% dari total cadangan bijih nikel dunia. Di Indonesia, potensi cadangan nikel laterit sangat besar, bahkan

menempati urutan keempat dunia, dengan estimasi sebesar 1.576 juta ton atau sekitar 15% dari total cadangan dunia.

Nikel laterit terbentuk melalui proses pelapukan kimia jangka panjang terhadap batuan ultramafik yang mengandung mineral ferro-magnesian, seperti peridotit dan serpentinit. Endapan nikel laterit umumnya terbagi menjadi dua lapisan utama, yaitu limonit dan saprolit. Saprolit cenderung memiliki kadar nikel yang lebih tinggi dibanding limonit, namun limonit lebih kaya akan kandungan besi. Perbedaan karakteristik ini menyebabkan perlunya pendekatan pengolahan yang berbeda, antara lain menggunakan metode pirometalurgi untuk saprolit dan hidrometalurgi untuk limonit (Lintjewas, L., Setiawan, I., & Al Kausar, A.2019).

Dalam praktiknya, proses ekstraksi nikel laterit masih menghadapi sejumlah tantangan teknis dan efisiensi, terutama terkait dengan pemodelan kinetika reaksi pelindian (Ishaq, I. 2022). Parameter seperti suhu, waktu, dan konsentrasi reagen terbukti memengaruhi efisiensi pelarutan dan tingkat perolehan nikel.

Model kinetika yang digunakan dalam studi pelindian nikel menjadi sangat penting karena menentukan prediksi laju reaksi dan efisiensi proses. Permasalahan yang sering muncul adalah ketidaksesuaian antara data eksperimen dengan model kinetika yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh noise data, ketidakpastian pengukuran, dan variabilitas kondisi proses. Model kinetika klasik, seperti *shrinking core model*, sering kali tidak mampu menjelaskan kompleksitas reaksi yang terjadi secara akurat. Dalam konteks tersebut, pendekatan *interface-diffusion* atau pengendalian difusi massa lebih relevan, sebagaimana diidentifikasi dalam studi Prasetyo et al. (2021).

Kebutuhan terhadap model kinetika yang akurat bukan hanya untuk kepentingan ilmiah, tetapi juga untuk efisiensi operasional dan desain proses di industri pengolahan mineral. Ketidaktepatan dalam model dapat menyebabkan kegagalan dalam skala produksi, peningkatan biaya, serta ketidaksesuaian dalam perolehan logam. Penelitian ini menjadi penting untuk mengembangkan model kinetika yang

lebih presisi dengan mempertimbangkan pengaruh suhu, waktu, dan variasi reagen terhadap proses pelindian nikel laterit (Sapii, R. B. S., & Abidin, F. R. M.2023).

Dengan mempertimbangkan kompleksitas reaksi kimia dalam proses pelindian, serta pentingnya pengaruh parameter reaksi terhadap persen perolehan nikel, maka penelitian ini difokuskan pada analisis kinetika pelindian nikel laterit. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi dan menentukan model kinetika terbaik yang dapat menggambarkan proses pelarutan secara akurat, serta mengetahui sejauh mana suhu, waktu, dan reagen mempengaruhi efisiensi ekstraksi nikel. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengolahan nikel laterit yang lebih efektif dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh suhu terhadap persen nikel.
2. Mengetahui pengaruh waktu terhadap persen nikel.
3. Mengetahui pengaruh variasi reagen terhadap persen nikel.
4. Mengetahui dan menentukan model kinetika yang tepat

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, dan dosen dalam pengajaran dan penelitian terkait pemodelan kinetika reaksi pelindian.
2. Menambah dan memperluas literatur akademik mengenai aplikasi model kinetika dalam ekstraksi nikel.
3. Membantu identifikasi parameter proses (suhu, waktu, dan reagen) yang memengaruhi efisiensi pelindian nikel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suhu

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), suhu diartikan sebagai ukuran kuantitatif dari temperatur, panas atau dingin, dan diukur menggunakan termometer (Naillah, A., et al. 2021). Suhu menjadi besaran yang akan menyatakan ukuran derajat dingin dan panas suatu benda. Selain bisa dinyatakan secara kualitatif, suhu juga dapat dinyatakan secara kuantitatif dengan satuan derajat tertentu. Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu di definisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal (Riski, M., et al. 2021). Suhu dikatakan sebagai derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan termometer. Nilai derajat sebuah suhu dapat diatur ke dalam empat jenis skala suhu yaitu: Celsius (C), Fahrenheit (F), Reaumur (R), dan Kelvin (K).

Suhu dijelaskan sebagai sifat fisik yang menggambarkan energi kinetik molekul. Jurnal ini membahas pengukuran suhu menggunakan mikrokontroler untuk aplikasi praktis, seperti penyimpanan data suhu secara otomatis untuk keperluan pertanian dan klimatologi. Termometer, berasal dari kata Latin "thermo" (panas) dan "meter" (mengukur), digunakan sebagai alat pengukur standar (Rizma & Yulia, 2020). Suhu diukur sebagai suhu maksimum, minimum, dan rata-rata harian untuk analisis variabilitas iklim.

2.2 Waktu

Menurut Kamus Bahasa Indonesia, waktu adalah serangkaian saat ketika proses suatu kejadian, perubahan atau keadaan saat berlangsung suatu benda, lamanya saat tertentu untuk melakukan sesuatu, sebuah kesempatan, tempo, peluang, ketika saat, keadaan hari dan saat yang ditentukan berdasarkan pembagian bola dunia (Rofi, M. F., et al. 2025). Waktu reaksi sangat berpengaruh pada suhu reaksi, dimana semakin tinggi suhu yang digunakan maka waktu reaksi akan semakin singkat begitu pula sebaliknya semakin rendah suhu maka waktu reaksi akan semakin lama.

2.3 Nikel (Ni)

Nikel adalah logam putih seperti perak yang bersifat keras dan anti karat. Logam ini membantu dalam proses pengubahan beberapa logam olahan dalam bentuk larutan yang menghasilkan energi panas. Selain itu Ni juga berperan penting dalam beberapa proses pengendapan logam keras dalam bentuk paduan logam (*alloy*) seperti stainless steel yang mengandung 18% Ni dan 8% Cr dan Nikhrome yang mengandung 80% Ni dan 20% Cr disarankan oleh Roberts (Mukhtar, M., Arninda, A., & Diana, S. 2022).

Nikel adalah salah satu unsur yang paling melimpah, namun sebagian besar terletak di inti bumi, lebih dari 1.800 mil di bawah permukaan bumi. Nikel merupakan logam berwarna putih keperakan yang banyak digunakan untuk pembuatan baja tahan karat. Nikel merupakan suatu unsur yang digunakan sebagai paduan utama dalam pembuatan material *stainless steel* yang mengalami pertumbuhan dengan cepat karena banyaknya permintaan dan penggunaan industri yang menggunakan *stainless steel*. Saat ini kurang lebih 65% nikel digunakan untuk industri *stainless steel* dan sebanyak 12% digunakan untuk industri manufaktur *super alloy* atau *nonferrous alloy*.

Nikel terbentuk pada kedalaman 10 mil dari kerak bumi, peringkat dua puluh empat dalam urutan kelimpahan unsur-unsur dalam kerak bumi. Jumlah total nikel lebih besar daripada tembaga, seng dan timbal, tetapi relatif sedikit deposit nikel yang ekonomis. Sumber daya nikel dunia terdapat di dua endapan yaitu endapan sulfida dan endapan laterit. Jumlah sumber daya nikel di endapan sulfida adalah 28% dari total sumber daya yang ada, sedangkan terdapat 72% sumber daya nikel pada endapan laterit.



Gambar 1. Logam Nikel

2.4 Nikel Laterit

Laterit merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari proses pelapukan secara kimiawi dan berlangsung dalam waktu yang lama. Laterit terbentuk melalui proses pemecahan mineral induk yang tidak stabil pada kondisi lingkungan yang basah/lembab dan terjadi pelepasan unsur-unsur kimia ke dalam air tanah. Unsur-11 unsur kimia yang mudah larut dalam air tanah bersifat asam, hangat, dan lembab akan melarut. Hal ini menyebabkan unsur-unsur yang tidak mudah larut tersisa dan membentuk mineral baru yang stabil pada kondisi lingkungan tersebut. Proses ini disebut dengan proses laterit (Dasa, A., Anshari, E., Mili, M. Z., & Ido, I. 2023).

Endapan nikel laterit terdapat pada lapisan limonit dan saprolit. Unsur nikel biasanya dijumpai dalam jumlah yang tidak terlalu tinggi pada lapisan limonit umumnya sangat kecil berbanding terbalik dengan kadar Fe pada lapisan limonit yang sangat tinggi. Sedangkan pada lapisan saprolit kadar nikelnya jauh lebih tinggi

dari lapisan limonit (Abdillah, F., et al. 2024). Hal ini disebabkan nikel memiliki tingkat kelarutan yang terbatas (*limited solubility*) yang menyebabkan unsur Ni akan terbawa oleh air tanah ke zona yang lebih dalam ke zona saprolit. Oleh sebab itu kandungan kadar Ni di zona saprolit lebih tinggi di bandingkan dengan kadar Ni di zona limonit karena hanya sebagian kecil tertahan di zona limonit.

2.5 Analisis Ragam/*Analysis of Variance* (ANOVA)

Analisis ragam merupakan bagian dari metoda analisis statistika yang tergolong analisis komparatif lebih dari dua rata-rata. Analisis ragam termasuk dalam kategori statistik parametrik. Sebagai alat statistika parametrik, maka untuk dapat menggunakan rumus ANOVA harus terlebih dahulu perlu dilakukan uji asumsi meliputi normalitas, heterokedastisitas dan *random sampling*. Analisis ragam adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total data menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman.

2.6 Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda adalah pengembangan dari analisis regresi sederhana dimana terdapat lebih dari satu variabel independen X . Analisis ini digunakan untuk melihat sejumlah variabel independen ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) terhadap variabel dependen (Y) berdasarkan nilai variabel-variabel independen ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$). Perbedaan antara regresi sederhana dengan regresi berganda terletak pada jumlah variabel bebasnya. Jika dalam regresi sederhana jumlah variabel bebas yang digunakan untuk memprediksi variabel tergantung hanya satu, maka regresi berganda jumlah variabel bebas yang digunakan untuk memprediksi variabel tergantung lebih dari satu. Bila hubungan antar variabel dapat dinyatakan dengan persamaan matematik, maka dapat digunakan sebagai peramalan atau pendugaan. Persamaan matematik memungkinkan meramal nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen. Model regresi linier berganda didefinisikan sebagai berikut :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n$$

Keterangan :

Y = Variabel dependen (nilai yang di prediksi)

X = Variabel independen

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

2.7 Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi bertujuan menguji apakah dalam model regresi linear ada korelasi atau tidak. Jika terjadi autokorelasi maka dinamakan ada problem autokorelasi. Untuk menguji autokorelasi dapat digunakan beberapa metode, dalam laporan ini digunakan metode uji *run test*.

Dasar pengambilan keputusan dalam uji *run test*, yaitu :

1. Jika nilai Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05 maka terdapat gejala autokorelasi.
2. Sebaliknya, jika nilai Asymp. Sig. (2-tailed) > 0,05 maka tidak terdapat gejala autokorelasi.

2.8 Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Data yang berdistribusi normal akan memperkecil kemungkinan terjadinya bias dan dapat dilakukan uji lanjut statistik parametrik. Sebaliknya, jika data tidak berdistribusi normal maka digunakan uji lanjut statistik nonparametrik. Pengujian ini dapat dilakukan dengan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov. Di dalam metode Kolmogorov-Smirnov terdapat dasar pengambilan keputusan, yaitu :

1. Jika signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05 maka data berdistribusi normal.
2. Sebaliknya, jika nilai signifikansi (Sig.) lebih kecil dari 0,05 maka data tidak berdistribusi normal.

2.9 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi (hubungan kuat) antar variabel bebas (independen). Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi diantara variabel bebas atau tidak terjadi gejala multikolinearitas. Untuk menguji multikolinearitas dapat digunakan beberapa metode, dalam laporan ini digunakan metode melihat nilai toleransi dan *variance inflating factor* (VIF). Seperti yang sudah diketahui, bahwa setiap uji statistik yang dilakukan pasti ada dasar pengambilan keputusannya. Pengambilan keputusan berdasarkan nilai tolerance:

1. Jika nilai tolerance lebih besar dari 0,10 maka artinya tidak terjadi multikolinearitas dalam model regresi.
2. Jika nilai tolerance lebih kecil dari 0,10 maka artinya terjadi multikolinearitas dalam model regresi.

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai *variance inflating factor* (VIF):

1. Jika nilai VIF $< 10,00$ maka artinya tidak terjadi multikolinearitas dalam model regresi.
2. Jika nilai VIF $> 10,00$ maka artinya terjadi multikolinearitas dalam model regresi.

2.10 Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas berfungsi untuk menguji terjadinya perbedaan varian dari nilai residual pada satu periode pengamatan ke periode pengamatan yang lain. Jika varian dari satu pengamatan ke pengamatan yang lain tetap maka disebut homokedastisitas. Model regresi yang baik adalah model regresi yang tidak terjadi masalah heteroskedastisitas. Adapun pedoman yang digunakan untuk memprediksi ada tidaknya gejala heteroskedastisitas dilakukan dengan cara melihat plot gambar *scatterplot*, dengan ketentuan tidak terjadi gejala atau masalah heteroskedastisitas jika:

1. Titik-titik data penyebar di atas dan di bawah atau di sekitar angka 0.
2. Titik-titik tidak mengumpul hanya di atas atau dibawah saja.
3. Penyebaran titik-titik data tidak boleh membentuk pola bergelombang melebar kemudian menyempit dan melebar kembali.
4. Penyebaran titik-titik data tidak berpola.

2.11 Studi Kinetika

Adapun beberapa model kinetika diuji agar sesuai dengan data percobaan termasuk *shrinking core model (chemical reaction control)* yang ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2 serta model difusi dan model transport yang ditunjukkan seperti pada persamaan 3 dan 4.

$$kt = 1 - (1 - R)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$R = [1 - (1 - kt)^3 R_{max}] \quad (2)$$

$$kt = (1 - R)^{-\frac{1}{3}} - 1 \quad (3)$$

$$R = [1 - (1 + kt)^{-3} R_{max}] \quad (4)$$

Dalam pemodelan kinetik persamaan non-linier (Persamaan 2 dan 4) digunakan sebagai pengganti linear persamaan, dan untuk mengevaluasi kesalahan relatif rata-rata (ARE) diterapkan, yang dihitung menurut persamaan 5.

$$ARE (\%) = \frac{100}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R_{exp} - R_{mod}}{R_{exp}} \right) \quad (5)$$

Keterangan :

k = tingkat konstan.

t = waktu pencucian.

R = pemulihan pada t .

R_{max} = pemulihan maksimum pada setiap tes pelindian.

R_{exp} = pemulihan pada t sebagai hasil percobaan.

R_{mod} = pemulihan pada t sebagai hasil pemodelan.

III. METODE PENELITIAN

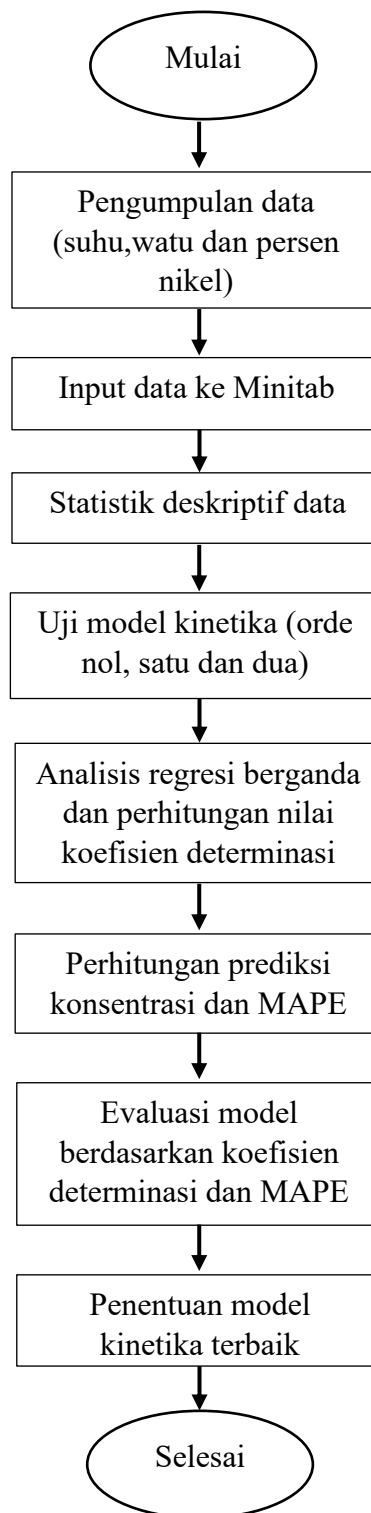
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Semester Genap tahun ajaran 2024/2025 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan studi literatur yaitu mempelajari studi literatur dari jurnal, buku dan artikel ilmiah yang berhubungan dengan penelitian ini dan mempelajari definisi dan teorema yang berkaitan dengan permasalahan yang berhubungan dengan penelitian. Data penelitian ini diambil dari data eksperimen Balai Penelitian Teknologi Mineral - Badan Riset dan Inovasi Nasional (BPTM-BRIN) yang beralamat di Jalan Ir. Sutami Km.15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan, Lampung. Adapun Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyelidiki interaksi konsentrasi variabel reagen dengan suhu pelindian.
2. Menyelidiki interaksi konsentrasi variabel reagen dengan waktu pelindian.
3. Menentukan urutan variabel yang paling berpengaruh terhadap persen nikel.
4. Menyelidiki hasil dari rumus kinetika.



Gambar 2. *Flow Chart*

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap 54 data percobaan dengan variabel suhu, waktu, dan jenis reagen terhadap perolehan persen nikel pada analisis regresi berganda didapatkan distribusi kategori reagen menunjukkan tidak ada bias dominasi perlakuan dalam data, sehingga analisis regresi dapat mencerminkan pengaruh dari masing-masing jenis reagen. Dengan mempertimbangkan uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi. Diperoleh model regresi berganda yaitu:

$$Y = -17,35 + 0,028(\text{Suhu}) + 0,471(\text{Waktu}) + 66,940(\text{H}_2\text{SO}_4) - 0,580(\text{NH}_4\text{OH})$$

Pada uji model kinetika dibagi menjadi 3 sesuai dengan reagen yang digunakan yaitu MSG ($\text{C}_5\text{H}_8\text{NO}_4\text{Na}$), asam (H_2SO_4), dan basa (NH_4OH) dengan tiga model orde reaksi yaitu orde nol, orde satu, dan orde dua. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model kinetika orde dua merupakan model terbaik untuk menggambarkan laju pelindian nikel menggunakan reagen $\text{C}_5\text{H}_8\text{NO}_4\text{Na}$ dalam rentang waktu yang diuji. Sementara itu, untuk pelindian nikel menggunakan reagen asam (H_2SO_4) dan basa (NH_4OH), model kinetika orde nol menunjukkan kesesuaian yang paling baik. Pada pelindian dengan reagen H_2SO_4 , proses berlangsung dengan laju tetap dan tidak dipengaruhi oleh konsentrasi reagen yang tersisa. Adapun pada pelindian menggunakan reagen NH_4OH , kualitas prediksi model secara keseluruhan masih tergolong terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F., Deniyatno, D., Saputra, I., & Rianse, M. S. (2024). Rancangab Sequence Penambangan Nikel Laterit Pada PIT 1 Blok C Barat PT Alaska Dwipa Perdana Kecamatan Witaponda Kabupaten Morowali. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan*, 4(2), 30-42.
- Dasa, A., Anshari, E., Mili, M. Z., & Ido, I. (2023). Rancangan Pit Penambangan Nikel Pada Pit 1 Blok Pullumea Pt Keinz Ventura Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan*, 3(1), 45-53.
- Garinas, W. (2020). The Impact of Covid-19 Pandemic on Metal Mineral Commodities in Indonesia and Their Mitigation nn Mining Activities. Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Komoditas Mineral Logam Di Indonesia Dan Mitigasinya. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 15(2).
- Ishaq, I. (2022). Interpretasi Data Geomagnetik Untuk Mendeteksi Sebaran Batuan Mengandung Mineral Logam Di Awang Bangkal, Kabupaten Banjar. *Al Ulum: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(2), 64-68.
- Lintjewas, L., Setiawan, I., & Al Kausar, A. (2019). Profil endapan nikel laterit di daerah Palangga, provinsi Sulawesi Tenggara. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 29(1), 91-104.
- Mukhtar, M., Arninda, A., & Diana, S. (2022, December). Pengaruh Konsentrasi HCL Terhadap Persen Recovery Nikel Laterit Pada Proses Pelindian. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)* (Vol. 9, No. 1, pp. 185-188).
- Naillah, A., Budiarti, L. Y., & Heriyani, F. (2021). Literature Review: Analisis Kualitas Air Sungai dengan Tinjauan Parameter pH, Suhu, BOD, COD, DO terhadap Coliform. *Homeostasis*, 4(2), 487-494.
- Prasetyo, E., Bahfie, F., & Handoko, A. S. (2021). Alkaline Leaching of Nickel from Electric Arc Furnace Dust Using Ammonia-Ammonium Glutamate as Lixiviant. *March*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65647-8>.
- Radhica, D. D. (2023). Proteksionisme Nikel Indonesia dalam Perdagangan Dunia. *Cendekia Niaga*, 7(1), 74–84. <https://doi.org/10.52391/jcn.v7i1.821>
- Riski, M., Alawiyah, A., Bakri, M., Putri, N. U., Jupriyadi, J., & Meilisa, L. (2021). Alat penjaga kestabilan suhu pada tumbuhan jamur tiram putih menggunakan Arduino UNO R3. *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, vol. 2, no. 1).

- Rizma, A., & Yulia, D. (2020). Pengukuran suhu berbasis mikrokontroler untuk aplikasi pertanian dan klimatologi. *Jurnal Teknologi dan Sains Terapan*, 5(2), 45–52.
- Rofi, M. F., Nisa, T. S., Widyastuti, A. H., & Zulfahmi, M. N. (2025). Analisis Manajemen Waktu Siswa Sekolah Dasar Melalui Jurnal Harian. *Pusat Publikasi Ilmu Manajemen*, 3(1), 283-290.
- Saprii, R. B. S., & Abidin, F. R. M. (2023). Kepastian Hukum Kebijakan Basis Free On Board Dalam Transaksi Jual Beli Nikel Melalui Pemberlakuan Harga Patokan Mineral. *Jurnal Surya Kencana Dua: Dinamika Masalah Hukum dan Keadilan* Vol, 10(2).
- Tanjung, A. A., Gonzales, R., Seprianti, A., & Izati, R. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Terak Nikel (Slag) sebagai Bahan Baku Pembuatan Shotcrete dan Penanganan Limbah Lumpur Nikel (Slurry) untuk Mengurangi Dampak Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Migasian*, 6(2), 11–22. <https://doi.org/10.36601/jm.v6i2.214>.