

**LAPORAN
PENELITIAN DOSEN PEMULA (PDP)**

**Peningkatan Recovery Karbon pada Grafit Dengan Metode Flotasi Sebagai
Salah Satu Aplikasi Storage-Energy System Yang Menjanjikan**

TIM PENELITI

Christin Palit, S.T., M.T.	(0325019003)	Ketua
Riskaviana Kurniawati, S.Pd., M.Si.	(0320089302)	Anggota
Himmes Fitra Yuda, S.T., M.T.	(0317058903)	Anggota
Mira Meirawaty, S.T., M.T.	(0321058205)	Anggota
Elsa Sabrina Faradiva C	073002000038	Anggota



UNIVERSITAS TRISAKTI

TEKNIK PERTAMBANGAN

Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi

UNIVERSITAS TRISAKTI

2023/2024



**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
TAHUN AKADEMIK 2023/2024
0836/PDP/FTKE/2023-2024**

- 1. Judul Penelitian** : Peningkatan Recovery Karbon pada Grafit Dengan Metode Flotasi
Sebagai Salah Satu Aplikasi Storage-Energy System Yang Menjanjikan
- 2. Skema Penelitian** : Penelitian Dosen Pemula (PDP)
- 3. Ketua Tim Pengusul**
- a. Nama : Christin Palit, S.T., M.T.
- b. NIDN : 0325019003
- c. Jabatan/Golongan : Asisten Ahli/III-B
- d. Program Studi : TEKNIK PERTAMBANGAN
- e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
- f. Bidang Keahlian : Mineral Processing
- g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel : Apartemen Pancoran Riverside Tower 3 (3/A11/06) - Jl. Pengadegan Timur, Kelurahan Pengadegan, Kecamatan Pancoran, Jakarta Selatan
12870
081282540431
christinpalit@trisakti.ac.id
- 4. Anggota Tim Pengusul**
- a. Jumlah anggota : Dosen 3 orang
- b. Nama Anggota 1/bidang keahlian : Riskaviana Kurniawati, S.Pd., M.Si./Kimia
- c. Nama Anggota 2/bidang keahlian : Himmes Fitra Yuda, S.T., M.T./Geologi Teknik dan Lingkungan
- d. Nama Anggota 3/bidang keahlian : Mira Meirawaty S.T., M.T./Petrologi, Petrografi-Mineral Optik, Mineralisasi, Geothermal
- e. Jumlah mahasiswa yang terlibat : 1 orang
- f. Jumlah alumni yang terlibat : 0 orang
- g. Jumlah laboran/admin : 1 orang
- 5. Waktu Penelitian**
- Bulan/Tahun Mulai : September 2023
 - Bulan/Tahun Selesai : Juli 2024
- 6. Luaran yang dihasilkan** :
- Publikasi di Conference Series Bereputasi
 - Hak Kekayaan Intelektual
 - Artikel Ilmiah
 - Bahan Ajar
- 7. Biaya Total** : Rp20.000.000,-
(Dua Puluh Juta)

Dekan



Dr. Ir. Suryo Prakoso, S.T., M.T.
NIDN: 0324017002

Jakarta, 08 Desember 2024
Ketua Tim Pengusul



Christin Palit, S.T., M.T.
NIDN: 0325019003

Direktur



Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIDN: 0308097001

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR GAMBAR	3
RINGKASAN PENELITIAN.....	4
BAB 1. PENDAHULUAN	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	28
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil uji XRD terhadap sampel umpan grafit.....	18
Tabel 4.2 Berat kering konsentrat dan tailing hasil flotasi	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Roadmap Penelitian FTKE	6
Gambar 1.2 Roadmap Penelitian Ketua Pengusul	7
Gambar 2.1 Grafit	8
Gambar 2.2 Prinsip dasar kerja flotasi (Wills dan Napier-Munn, 2006)	11
Gambar 4.1 Lokasi daerah penelitian	14
Gambar 4.2 Singkapan batuan pembawa grafit (skis dan filit) di lokasi penelitian	15
Gambar 4.3 Hasil petrografi sampel grafit yang diteliti	16
Gambar 4.4 Hasil XRD sampel umpan grafit	17
Gambar 4.5 Hasil uji Carbon Analyzer LECO terhadap sampel umpan grafit	18
Gambar 4.6 Hasil uji SEM terhadap sampel umpan grafit perbesaran 500x	19
Gambar 4.7 Hasil uji SEM terhadap sampel umpan grafit perbesaran 2500x	20
Gambar 4.8 Hasil uji SEM terhadap sampel umpan grafit perbesaran 5000x	20
Gambar 4.9 Proses flotsi grafit pada sel flotsi batch	21
Gambar 4.10 Produk hasil flotasi berupa apungan	21
Gambar 4.11 Grafik berat kering konsentrat hasil flotasi pada variasi fraksi ukuran	22
Gambar 4.12 Grafik berat kering tailing hasil flotasi pada variasi fraksi ukuran	23
Gambar 4.13 Perolehan berat (yield) hasil flotasi	24

RINGKASAN PENELITIAN

Material grafit telah menarik perhatian publik karena struktur dan sifat konduktivitasnya yang sangat baik. Salah satu pemanfaatan grafit yaitu dalam hal aplikasi penyimpanan energi (*energy storage system*) yang digunakan dalam energi baru terbarukan misalnya sebagai superkapasitor dan baterai yang berkinerja tinggi. Namun, industrialisasi terkait grafit belum sepenuhnya terbentuk. Dalam rangka mempercepat proses industrialisasi ini, diperlukan optimalisasi terhadap pengolahan grafit untuk meningkatkan nilai tambah dari mineral berharga grafit tersebut. Salah satu proses konsentrasi yang dapat dilakukan terhadap grafit yaitu dengan metode flotasi. Diketahui bahwa grafit memiliki sifat hidrofobisitas alami yang mudah mengapung. Dengan memanfaatkan sifat permukaan grafit tersebut maka dapat melakukan pemisahan mineral berharga grafit dari mineral pengotornya sehingga mendapatkan grafit yang berkualitas tinggi dengan metode flotasi. Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan utama penelitian ini adalah untuk menemukan parameter proses flotasi yang optimal untuk menghasilkan grafit berkualitas tinggi. Adapun parameter flotasi yang dijadikan variabel uji yaitu dosis kolektor dan pH lingkungan flotasi. Tahapan pertama yang dilakukan adalah melakukan kominusi terhadap sampel grafit yang digunakan dengan menggunakan *Jaw Crusher* dan *Hammer Mill* untuk menghasilkan fraksi ukuran yang telah ditentukan kemudian dilanjutkan karakterisasi terhadap sampel grafit dengan melakukan pengujian petrografi-mineragrafi, XRD, SEM, XRF dan Uji Carbon Analyzer LECO. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diketahui sampel merupakan mineral grafit dengan kadar karbon grafit yaitu 0,49% dengan total karbon 0,75%. Selain itu hadir pula mineral muskovit, kalsit dan kuarsa. Tahap kedua yaitu percobaan flotasi. Flotasi dilakukan pada 2 fraksi ukuran yaitu -80 mesh dan +80 mesh pada pH 8, 9 dan 10. Perolehan berat (yield) tertinggi didapatkan pada variasi -80 mesh pH 10 yaitu 33,3 %.

Kata Kunci :

grafit, flotasi, *energy storage system*, fraksi ukuran, pH

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Grafit merupakan bentuk mineral dari karbon murni, yang merupakan salah satu mineral yang memiliki banyak kegunaan dalam industri karena sifat fisik dan karakteristiknya yang bervariasi [1]. Grafit merupakan salah satu dari tiga bentuk karbon kristalin yang ditemukan secara alami, dua bentuk lainnya adalah arang dan berlian [2]. Grafit yang multiguna ini diaplikasikan dalam berbagai macam aplikasi, yaitu diantaranya pelumasan, refraktori, baterai, elektronik, graphen, lapisan pengecoran, [1,3]. Bijih grafit telah menarik perhatian publik karena struktur dan sifat konduktivitasnya yang sangat baik. Salah satu pemanfaatan grafit yaitu dalam hal aplikasi penyimpanan energi (*energy storage system*) yang digunakan dalam energi baru terbarukan misalnya sebagai superkapasitor dan baterai yang berkinerja tinggi [3]. Namun, industrialisasi terkait grafit belum sepenuhnya terbentuk. Dalam rangka mempercepat proses industrialisasi ini, diperlukan optimalisasi terhadap pengolahan grafit untuk meningkatkan nilai tambah dari mineral berharga grafit tersebut. Salah satu proses konsentrasi yang dapat dilakukan terhadap grafit yaitu dengan metode flotasi. Diketahui bahwa grafit memiliki sifat hidrofobisitas alami sehingga mudah untuk diapungkan [2,4-7]. Dengan memanfaatkan sifat permukaan grafit tersebut maka dapat melakukan pemisahan mineral berharga grafit dari mineral pengotornya sehingga mendapatkan grafit yang berkualitas tinggi dengan metode flotasi.

Ada beberapa variasi atau variabel flotasi yang menentukan keberhasilan dari keseluruhan proses flotasi. Salah satunya yaitu skema reagen yang digunakan. Dalam flotasi, bijih grafit akan diolah dengan menggunakan minyak hidrokarbon sebagai kolektor dalam meningkatkan hidrofobisitas dari grafit [8]. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan kerosene sebagai reagen kolektor. Selain kolektor pada penelitian ini juga menggunakan minyak pinus sebagai *frother*. Sodium karbonat ditambahkan untuk mendapatkan konsidi pH yang sesuai dan natrium silikat ditambahkan sebagai depresan untuk menekan mineral pengotor yang ada dalam bijih grafit. Selain reagen pada penelitian ini juga akan menginvestigasi pengaruh fraksi ukuran yang digunakan dalam proses flotasi.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana karakteristik dari material grafit yang digunakan?
- b. Berapakah fraksi ukuran dan pH untuk mendapatkan perolehan berat (*yield*) tertinggi pada flotasi grafit?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

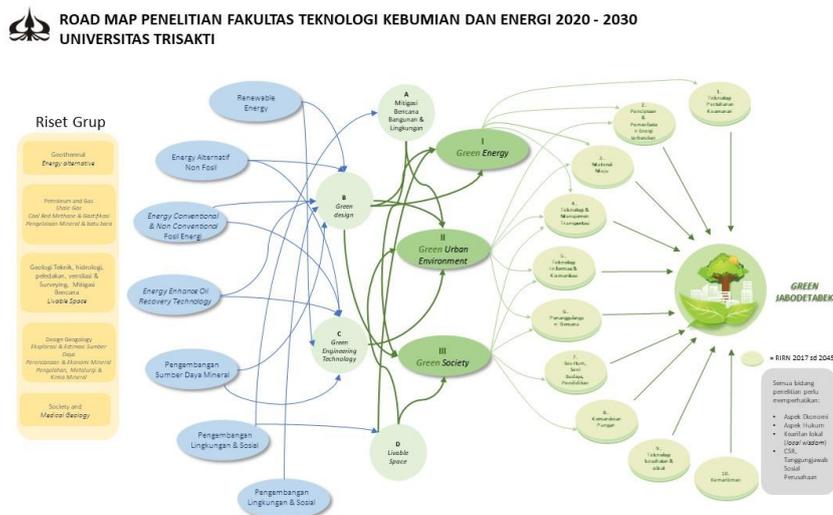
- Untuk mempelajari karakteristik dari material grafit yang digunakan?
- Untuk mengetahui fraksi ukuran dan pH untuk mendapatkan perolehan berat (yield) tertinggi pada flotasi grafit?

1.4. Batasan Penelitian

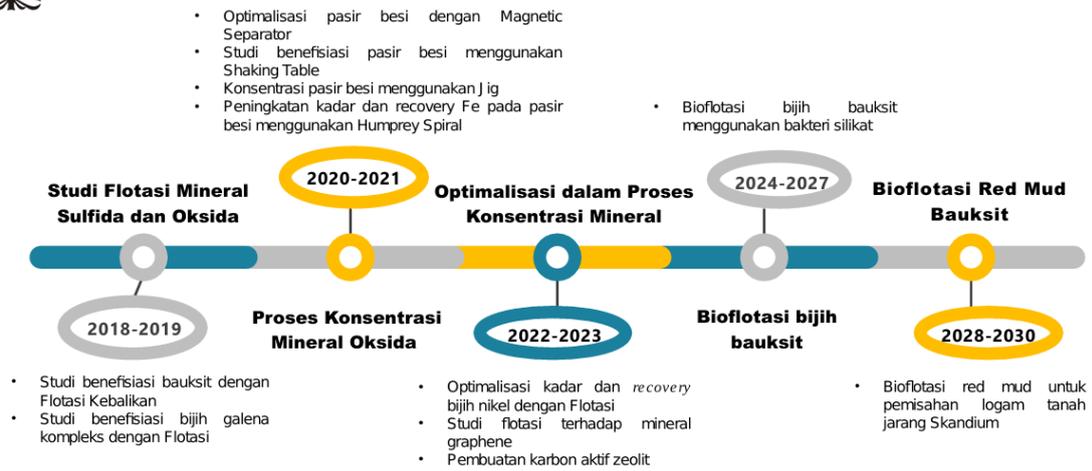
Adapun batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel yang diuji dalam penelitian ini yaitu fraksi ukuran yaitu fraksi ukuran tertahan 80 mesh (+80 mesh) dan lolos 80 mesh (-80 mesh) dan pH yaitu pH 8, 9 dan 10.
- Karakterisasi yang dilakukan hanya berupa analisis petrografi dengan mikroskop optik, XRD, XRF dan SEM untuk umpan grafit.

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas Penelitian sejalan dengan *roadmap* pribadi pada tahun ketiga dan pada *roadmap* fakultas pada segi *green engineering technology* dan *green urban environment*.



Gambar 1.1 Roadmap Penelitian FTKE



PETA JALAN PENELITIAN <CHRISTIN PALIT, S.T., M.T.>

Gambar 1.2 *Roadmap* Penelitian Ketua Pengusul

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Grafit

Grafit adalah mineral karbon hitam berkilau yang memiliki kekerasan Skala Mohs 0,5 – 2 dan berminyak yang menjadi salah satu mineral yang paling serbaguna dalam industri [1,7]. Grafit dengan lapisan struktur atom tertentu harus tahan terhadap suhu tinggi, korosi, dan guncangan termal sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri [9]. Grafit merupakan salah satu dari tiga bentuk karbon kristalin yang ditemukan secara alami, dimana dua lainnya yaitu arang dan berlian. Grafit menurut aplikasinya umumnya ada dalam tiga bentuk yaitu sebagai urat (vein), serpihan kristal (flake) dan mikrokristalin atau amorf [3,9]. Aplikasi grafit sangat banyak sekali diantaranya untuk elektroda karbon, pensil, cawan lebur, refraktori, permukaan pengecoran, pelumas, kampas rem, pelapis konduktif, bantalan, dan baterai, nuklir, *wind and solar power, fuel cells*, semi konduktor dan graphene [3,9, 10]. Grafit umumnya terjadi sebagai hasil dari proses metamorfisme dari bahan organik dalam sedimen. Grafit jenis flake berasal dari sedimen berbutir halus yang kaya akan organik. Seiring dengan meningkatkannya kadar metamorf maka material karbonnya akan terkonversi atau berubah menjadi grafit amorf/mikrokristalin. Grafit serpihan ini diklasifikasikan berdasarkan ukuran partikelnya dan nilai kandungan karbon grafitnya [4].



Sumber: Florena, dkk, 2016

Gambar 2.1 Grafit

2.2 Pengolahan Grafit

Grafit terbentuk dengan menumpuk lapisan graphene [16]. Graphen adalah lapisan atom tunggal dari atom karbon tersusun dalam pola heksagonal. Graphene memiliki ketebalan hanya 0,334 nm, dan menjadikannya bahan tertipis di dunia [17]. Faktanya, grafit setebal 1 mm mengandung sekitar 3 juta lapisan graphene. Graphen telah banyak mendapat perhatian dunia untuk merancang bahan-bahan 2D [17,18-20]. Hal tersebut dikarenakan sifat-sifat dari graphene yaitu karena sifatnya yang eksotis, termasuk kekakuan, kekuatan, elastisitas, konduktivitas termal yang tinggi dan mobilitas elektron yang tinggi [17]. Sifat-sifat yang ada pada graphene inilah yang membuat graphene menjadi material yang memiliki prospek yang baik untuk aplikasi mendasar dalam bidang tekstil, informasi elektronik, komposit, konservasi energi, industri kimia, kedirgantaraan, biomedis, dan lingkungan [17,21]. Sementara grafit ini merupakan bahan penting untuk mendapatkan graphen. Terdapat berbagai cara untuk proses pengolahan atau benefisiasi dari grafit ini. Pemilihan metode benefisiasi biasanya tergantung dari jenis bijih dan kebutuhan dari produk yang ingin dihasilkan. Metode pengolahan atau benefisiasi yang umum digunakan termasuk gravitasi, magnetik, listrik dan flotasi [17, 22].

Mineral pengotor yang ada dalam grafit biasanya kuarsa, magnetit, sulfide kalsit [11]. Selama proses benefisiasi grafit, sangat penting untuk mengetahui liberasi dan distribusi pengotor ini untuk menghindari penggerusan yang berlebihan. Proses benefisiasi untuk mendapatkan grafit berkualitas tinggi dapat dilakukan dalam beberapa metode diantaranya proses konsentrasi gravitasi, *roasting* dan *leaching*, serta flotasi [9,12-14]. Namun karena grafit merupakan salah satu mineral yang mempunyai sifat hidrofobisitas tinggi, maka metode yang paling efektif untuk benefisiasi grafit adalah dengan menggunakan metode flotasi [2,4-7,9]. Flotasi adalah metode yang umum digunakan untuk pengolahan mineral. Dalam flotasi, diperlukan reagen kimia untuk memberikan hasil pemisahan dan konsentrasi yang efektif. Di pabrik komersial, kontrol penambahan reagen menjadi yang paling bagian penting dari strategi flotasi. Reagen flotasi terdiri dari tiga kelompok utama yaitu *Collector*, *frother*, dan *modyfinf reagent*.

a. *Collector* (Kolektor)

Menurut Wills and Napier [15] kolektor merupakan senyawa heteropolar dimana molekulnya terdiri dari gugus polar dan non-polar. Kolektor dapat mengubah sifat permukaan suatu mineral tertentu dengan cara adsorpsi molekul atau ion pada permukaan mineral serta mengurangi kestabilan lapisan yang membatasi permukaan mineral dengan gelembung udara sehingga partikel dapat melekat pada gelembung. Kolektor dapat dibedakan menjadi dua jenis

yaitu kolektor nonionik dan ionik. Kolektor anionik merupakan jenis kolektor yang banyak digunakan untuk flotasi mineral. Sedangkan kolektor kationik banyak digunakan pada mineral oksida dan silikat. Kolektor kationik menggunakan spesi amina yang bermuatan positif untuk dapat berikatan dengan permukaan mineral. Penambahan kolektor adalah untuk secara selektif membentuk lapisan hidrofobik pada permukaan mineral tertentu dalam pulp flotasi dan dengan demikian memberikan kondisi untuk pelekatan partikel hidrofobik ke gelembung udara dan pemulihan partikel yang diinginkan dalam produk buih. Minyak hidrokarbon sebagai kolektor nonpolar dapat ditambahkan untuk mengapungkan grafit.

b. Frother (Pembuih)

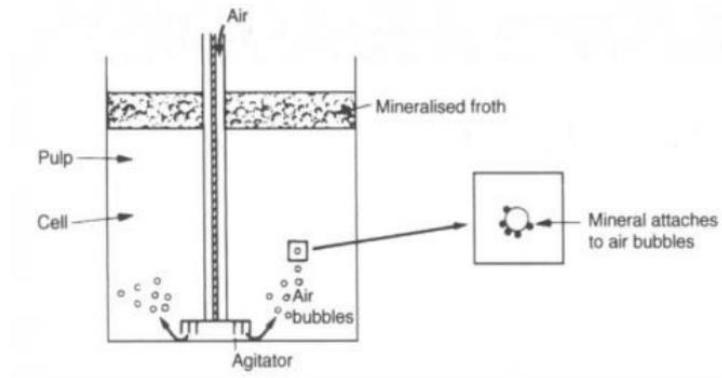
Frother merupakan reagen kimia yang digunakan dalam proses flotasi yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat membentuk gelembung udara yang stabil. Frother umumnya berupa reagen organik heteropolar yang dapat diadsorb pada antarmuka air dan udara.

c. Modifier Reagent

Modifier diperlukan dalam proses flotasi dalam rangka untuk memodifikasi kinerja dari kolektor yaitu dapat meningkatkan ataupun menurunkan hidrofobitas dari permukaan mineral, sehingga kinerja kolektor akan lebih selektif terhadap mineral tertentu [15]. Adapun modifier terbagi menjadi beberapa macam yaitu *pH regulator*, depresan, dispersan, dan aktivator

Proses pemisahan mineral dengan flotasi harus membuat kondisi dimana partikel mineral melekat ke gelembung udara sehingga grafit mengapung bersama gelembung. Dalam bukunya, Wills dan Napier-Munn (2006), menyatakan bahwa terjadi tiga mekanisme proses pengambilan mineral menggunakan flotasi, yaitu:

- a. Pelekatan selektif pada gelembung udara (*true flotation*).
- b. Pengaliran bersama (*entrainment*) dalam air yang melewati *froth*.
- c. Penjebakan fisik (*physical entrapment*) antar partikel di *froth* yang melekat pada gelembung udara (sering dirujuk sebagai agregasi).



Gambar 2.2 Prinsip dasar kerja flotasi (Wills dan Napier-Munn, 2006)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses flotasi. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu mineralogi bijih grafit, skema reagen yang digunakan, peralatan sistem flotasi, ukuran partikel mineral, kepadatan pulp dan kecepatan putaran sistem flotasi. Dalam pengolahan grafit, penentuan dari kandungan karbon dapat ditentukan dengan teknik LOI (*Loss on Ignition*) yang sederhana. Teknik LOI menghitung pemulihan dan tingkat kandungan karbon.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

A. Waktu Penelitian

Penelitian ini direncanakan dalam waktu 9 bulan, mulai dari awal persiapan penelitian yaitu bulan November 2023 dan rencana selesai penelitian sampai pembuatan laporan dan pembuatan luaran yaitu bulan Juli 2024.

B. Tempat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian gabungan antara penelitian lapangan dan penelitian laboratorium. Sampel untuk penelitian ini berupa grafit yang di ambil dari Kalimantan Barat. Selanjutnya untuk kegiatan percobaan, pengolahan data, analisis data penelitian dilakukan di Universitas Trisakti (Laboratorium Pengolahan Bahan Galian dan Laboratorium Petrologi dan Mineralogi).

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian gabungan antara penelitian lapangan dan penelitian laboratorium. Sampel untuk penelitian ini berupa grafit yang di ambil dari Kalimantan Barat. Selanjutnya untuk kegiatan percobaan, pengolahan data, analisis data penelitian dilakukan di Universitas Trisakti (Laboratorium Pengolahan Bahan Galian dan Laboratorium Petrologi dan Mineralogi). Tahap pertama percobaan yaitu karakterisasi sampel umpan untuk mengetahui kandungan kimia, petrografi dari grafit dan fasa mineralogi dari grafit. Beberapa analisa yang dilakukan dalam hal karakterisasi ini yaitu *X-Ray Diffraction*, *X-Ray Fluorescence*, dan SEM. Tahap selanjutnya yang dilakukan setelah karakterisasi terhadap sampel umpan yaitu proses konsentrasi grafit dengan flotasi. Flotasi menggunakan Mesin Denver berkapasitas pulp 1,8 Liter. Variabel flotasi yang diteliti adalah fraksi ukuran.

3.3. Metode Analisis

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua bagian utama. Bagian yang pertama yaitu analisis untuk karakterisasi awal sampel grafit. Yang dilakukan dalam karakterisasi ini adalah analisis kandungan kimia, analisis petrografi, analisis mineralogi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Bagian kedua yaitu analisis *yield* terhadap produk hasil flotasi grafit yaitu apungan (*froth*) dan endapan (*sink*) melalui perhitungan *yield*.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Adapun indikator capaian penelitian ini adalah diperoleh peningkatan *recovery* dari grafit. Tentunya hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang baik untuk berbagai pihak.

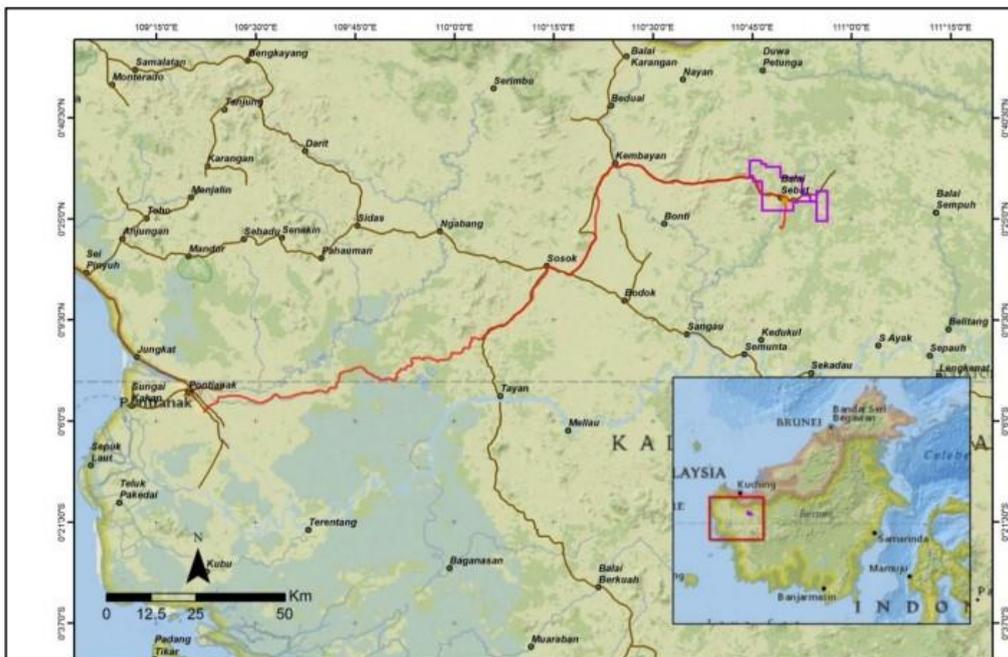
Adapun kontribusi hasil penelitian ini terhadap beberapa pihak adalah sebagai berikut:

- a. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan, diharapkan hasil penelitian dapat dijadikan acuan sebagai salah satu metode peningkatan kadar karbon pada grafit yang sebagai aplikasi sistem *Storage-Energy* baru terbarukan yang menjanjikan.
- b. Kontribusi Masyarakat, diharapkan menjadi masukan bagi perusahaan dalam memanfaatkan metode flotasi sebagai salah satu metode peningkatan kadar karbon pada grafit untuk mendapatkan kadar karbon yang lebih tinggi pada grafit.
- c. Kontribusi Pada Pemerintah/Pengambil Keputusan, diharapkan menjadi bentuk sumbangan pemikiran bagi pemerintah sebagai salah satu aplikasi sistem *Storage-Energy* yang menjanjikan pada grafit.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Daerah Penelitian

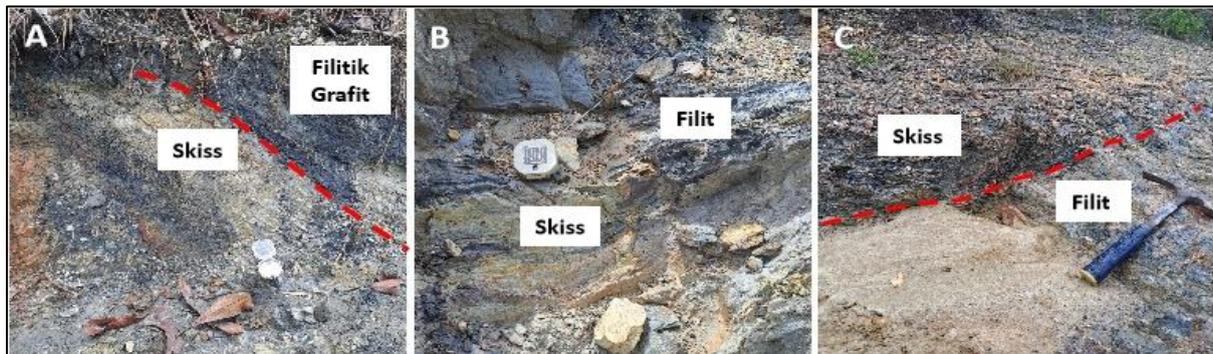
Sampel grafit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Sanggau, tepatnya Desa Balai Sebut, Kecamatan Jangkang, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Secara geografis daerah ini terletak di $01^{\circ}10'$ LU, $0^{\circ}35'$ LS dan $109^{\circ}45'$ - $111^{\circ}11'$ BT (Gambar 4.1). Secara administratif daerah ini dibatasi oleh Serawak Malaysia Timur dan Kabupaten Bengkayang di sebelah utara, Kabupaten Ketapang yang membatasi bagian selatan, Kabupaten Sintang dan Sekadau yang membatasi bagian timur, dan Kabupaten Landak serta Kubu Raya yang menjadi batas di bagian barat. Gambar 4.1 di bawah menunjukkan lokasi daerah penelitian dan batas-batas administratifnya. Lokasi penelitian berada di daerah pelosok, dapat ditempuh dengan jalan darat berjarak 250 km dari kota Pontianak (5-6 Jam perjalanan darat).



Gambar 4.1 Lokasi daerah penelitian

Batuan yang diteliti merupakan bagian dari kompleks metamorfik Balai Sebut (Crb) berumur Karbon-Perm yang merupakan batuan dasar dari cekungan Melawi di Kalimantan Barat. Batuan dasar metamorfik ini teridentifikasi mengandung grafit dan dinyatakan berumur Karbon-Perm berdasarkan kesebandingan regional. Batuan pembawa grafit di daerah penelitian tersingkap di lereng bukit pada bukaan jalan, dengan karakteristik berwarna hitam-abu gelap, kompak, kilap metalik dan berminyak,

menunjukkan foliasi filitik, bersifat konduktif, dan banyak mengandung agregat-agregat pirit. Batuan pembawa grafit ini terdiri dari batuan skis dan filit, gambar 4.2 menunjukkan kenampakan singkapan batuan pembawa grafit di lapangan.



Gambar 4.2 Singkapan batuan pembawa grafit (skis dan filit) di lokasi penelitian

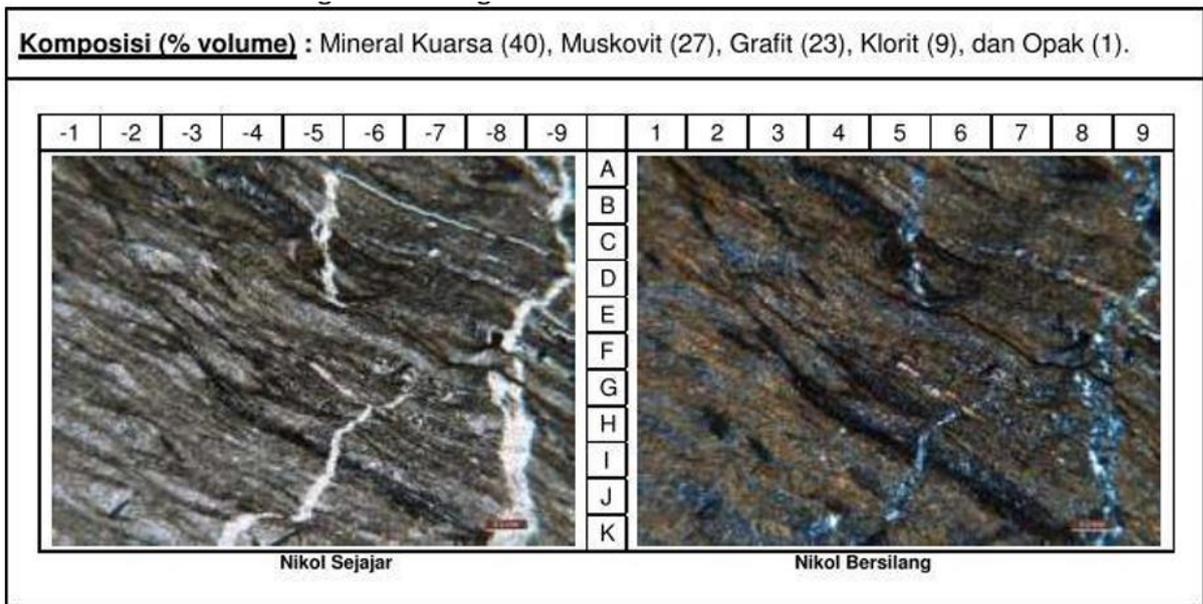
Sebanyak 10 kg batuan pembawa grafit ini kemudian diambil untuk dianalisis laboratorium, dilakukan floatasi untuk peningkatan kadar grafitnya agar sesuai dengan kepentingan industri. Pengambilan sampel dilakukan dengan pengelupasan lapisan lapuk singkapan, bagian segar dari batuanlah yang kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis lebih lanjut.

4.2 Hasil Karakterisasi Grafit

Tahapan penting yang perlu dilakukan sebelum proses pengolahan suatu bahan galian adalah karakterisasi terhadap sampel yang digunakan. Karakterisasi terhadap sampel umpan yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dalam berbagai pengujian laboratorium. Penelitian laboratorium terdiri dari analisis petrografi-mineragrafi, XRD, XRF, LECO, dan SEM. Berikut ini merupakan hasil analisis yang dilakukan dalam rangka karakterisasi sampel.

1. Hasil Analisis Petrografi-Mineragrafi

Adapun preparasi dan analisis sampel petrografi dan mineragrafi dilakukan di laboratorium Petromin, Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti. Gambar 4.3 menyajikan hasil analisis petrografi-mineragrafi yang telah dilakukan oleh tim peneliti.



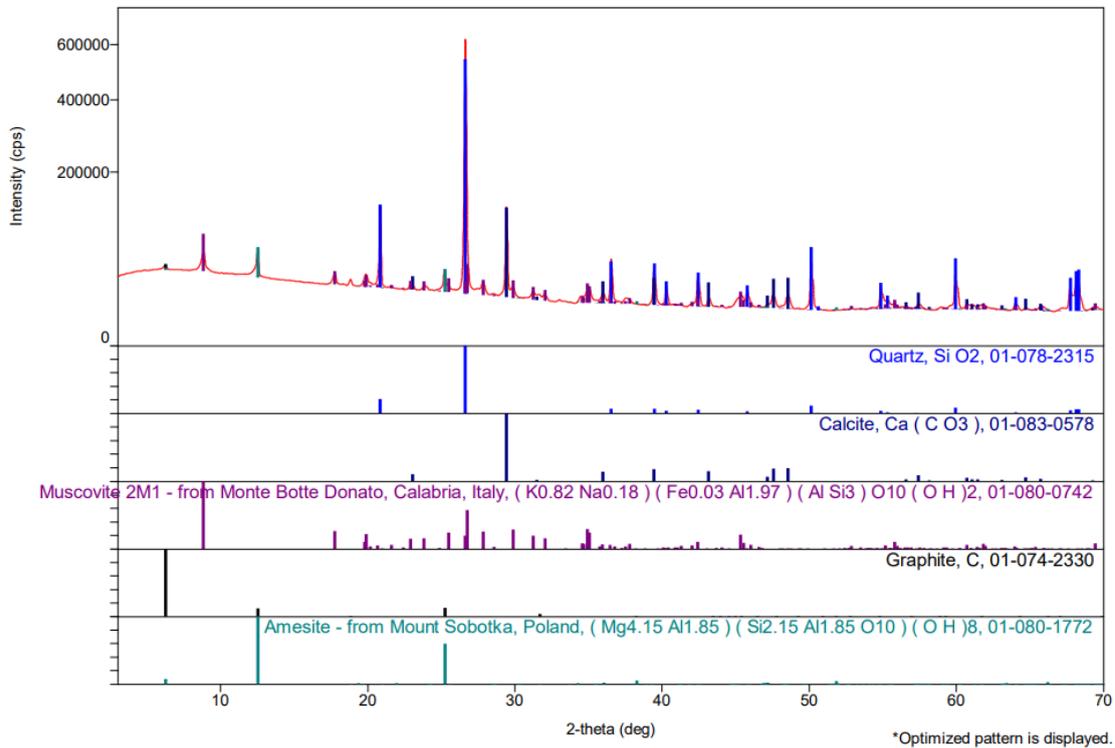
Gambar 4.3 Hasil petrografi sampel grafit yang diteliti

Gambar 4.3 menunjukkan hasil petrografi sampel grafit yang digunakan. Hasil dari fotomikrograf diketahui bahwa sampel berstruktur filitik, menunjukkan relik bedding, disusun oleh mineral kuarsa (H,8), muskovit (G,5), klorit (B,-1), Grafit (J,7), dan opak (F,8).

2. Hasil Analisis Mineralogi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Pengujian XRD terhadap sampel umpan grafit dilakukan pada Laboratorium Hidrogeologi dan Hidrokimia, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung. Gambar 4.4 merupakan hasil XRD terhadap sampel umpan grafit.

Berdasarkan analisis mineralogi bijih grafit dengan menggunakan difraksi sinar-X seperti Gambar 4.4, hasil XRD menunjukkan bahwa sampel mengandung mineral grafit dengan kadar karbon (C) sebesar 0,23%. Selain grafit terdapat juga mineral non grafit yaitu kuarsa, kalsit, muskovit, dan amesit. Mineral kuarsa mendominasi pada sampel umpan yang diuji yaitu sebesar 58%. Hal ini menunjukkan bahwa kuarsa merupakan salah satu mineral pengotor yang perlu diperhatikan dalam proses pengolahan grafit. Selain mineral kuarsa, terdapat juga mineral kalsit, muscovit dan amesit yang memiliki kadar masing-masing berurutan sebesar 11,1%, 14,4% dan 16,27%. Hal ini serupa dengan hasil analisis mineralogi dengan XRD yang dilakukan oleh beberapa peneliti terhadap sampel grafit mereka. Mineral non grafit yang hadir pada sampel grafit diantaranya kuarsa dan kalsit (Florena, dkk., 2016).



Phase name	Formula	Weight Ratio (%)	Phase reg. detail	DB card number
Quartz	Si O ₂	58	ICDD (PDF2.DAT)	01-078-2315
Calcite	Ca (C O ₃)	11.1	ICDD (PDF2.DAT)	01-083-0578
Muscovite 2M1 - from Monte Botte Donato, Calabria, Italy	(K _{0.82} Na _{0.18}) (Fe _{0.03} Al _{1.97}) (Al Si ₃) O ₁₀ (O H) ₂	14.4	ICDD (PDF2.DAT)	01-080-0742
Graphite	C	0.23	ICDD (PDF2.DAT)	01-074-2330
Amesite - from Mount Sobotka, Poland	(Mg _{4.15} Al _{1.85}) (Si _{2.15} Al _{1.85} O ₁₀) (O H) ₈	16.27	ICDD (PDF2.DAT)	01-080-1772

Gambar 4.4 Hasil XRD sampel umpan grafit

3. Hasil Analisis X-Ray Fluorescence (XRF)

Pengujian terhadap sampel grafit dilakukan pada 2 tempat pengujian yang berbeda. Pengujian pertama dilakukan pada Laboratorium Hidrogeologi dan Hidrokimia, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung. Adapun hasil uji XRF terhadap sampel umpan grafit yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Hasil uji XRF terhadap sampel umpan grafit

No.	Component	Result	Unit	Det. limit	El. line	Intensity	w/o normal
1	MgO	1.25	mass%	0.31663	Mg-KA	0.0663	1.3757
2	Al ₂ O ₃	24.5	mass%	0.15212	Al-KA	9.8146	26.8782
3	SiO ₂	61.9	mass%	0.24796	Si-KA	26.7926	67.8959
4	SO ₃	1.10	mass%	0.02386	S -KA	1.0067	1.2015
5	K ₂ O	1.97	mass%	0.02490	K -KA	3.8651	2.1631
6	CaO	6.36	mass%	0.02909	Ca-KA	17.0582	6.9683
7	TiO ₂	0.460	mass%	0.06911	Ti-KA	0.2804	0.5039
8	Fe ₂ O ₃	2.39	mass%	0.01863	Fe-KA	11.1576	2.6161
9	Rb ₂ O	0.0078	mass%	0.00434	Rb-KA	0.4136	0.0086
10	SrO	0.0144	mass%	0.00461	Sr-KA	0.7819	0.0157
11	ZrO ₂	0.0149	mass%	0.00470	Zr-KA	1.0106	0.0164

Berdasarkan Tabel 4.1, jumlah kadar karbon pada sampel tidak terdeteksi. Senyawa atau mineral yang paling dominan pada sampel yaitu silika atau kuarsa sebesar 61,9%. Kadar karbon tidak terdeteksi dapat disebabkan oleh beberapa hal salah satunya jumlah kadar yang terlalu kecil dan tidak dapat terdeteksi oleh alat. Oleh karena itu maka dilakukan metode pengujian yang lain dengan sampel umpan grafit yang sama. Pengujian kedua menggunakan metode Carbon Analyzer LECO untuk mengetahui total karbon dan karbon grafit pada sampel yang dilakukan pada PT Geoservices – Mienralogy Laboratory. Gambar 4.5 merupakan hasil uji Carbon Analyzer LECO pada sampel umpan.

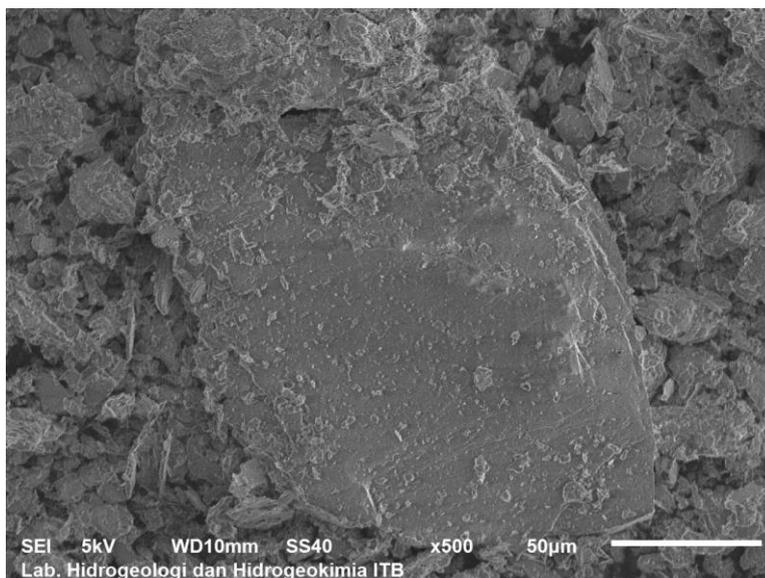
Analyte Code :	C_TGC	C_TOT
Analyte Name :	Graphite	Total
	Carbon	Carbon
Scheme Code :	LECO_C03	LECO_C03
Detection Limit :	0.01	0.01
Upper Limit :	0	0
Analysis Unit :	%	%
Sample Identification		
SGG/MBL/21/24B/R/XRD REP	0.45	0.88
SGG/MBL/21/24B/R/XRD REP	0.53	0.96

Gambar 4.5 Hasil uji Carbon Analyzer LECO terhadap sampel umpan grafit

Berdasarkan uji carbon analyzer LECO di ketahui kadar karbon grafit yaitu 0,49% dengan total karbon 0,75%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar karbon pada grafit sangat kecil karena tidak sampai 1%. Hal ini mengkonfirmasi hasil analisis petrografi dan analisis mineralogi yang sebelumnya telah dilakukan.

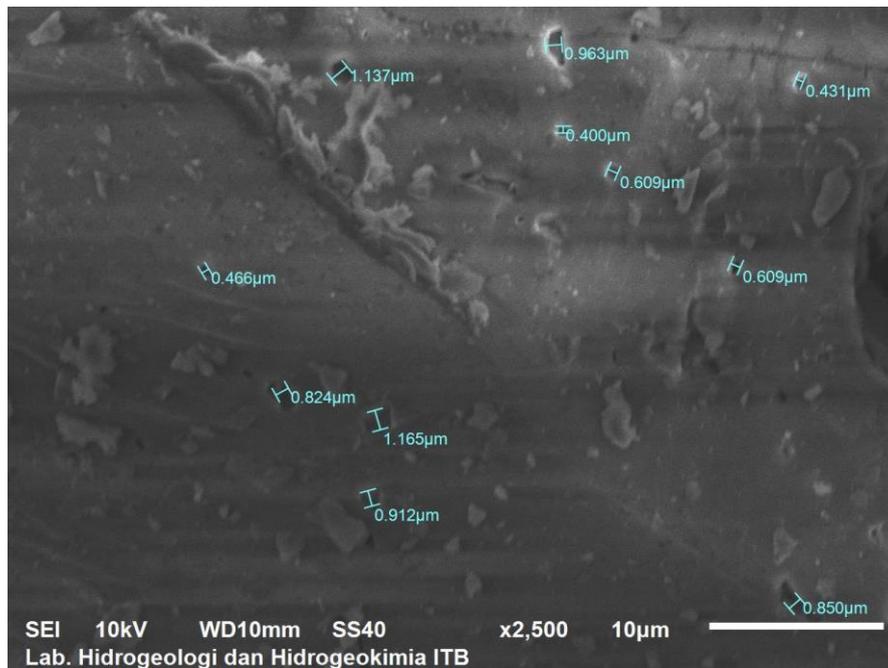
4. Hasil Analisis Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis Scanning Electron Microscopy dilakukan untuk melihat kenampakan permukaan dari sampel umpan grafit. Adapun hasil uji SEM yang dilakukan pada sampel dapat dilihat pada Gambar 4.6.

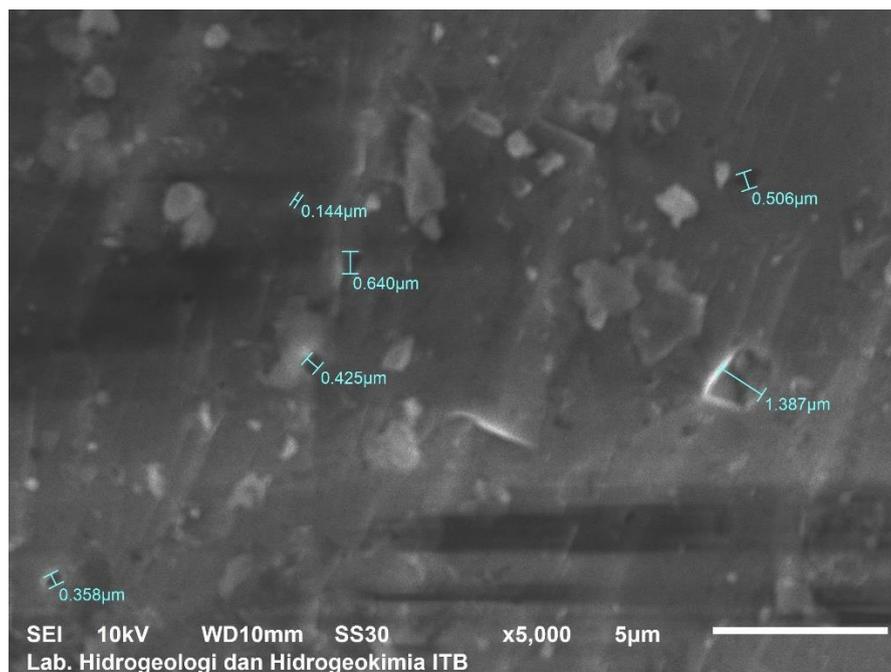


Gambar 4.6 Hasil uji SEM terhadap sampel umpan grafit perbesaran 500x

Gambar 4.6 merupakan kenampakan permukaan sampel grafit yang dapat teramati dengan menggunakan pengujian SEM pada perbesaran 500x. berdasarkan gambar terlihat bahwa sampel memiliki pori-pori dan menunjukkan perlapisan. Peneliti juga mengambil gambar SEM untuk perbesaran 2500x dan 5000x untuk mengukur diameter pori-pori dari sampel umpan grafit yang diuji. Gambar 4.7 dan 4.8 menyajikan hasil uji SEM pada perbesaran 2500x dan 5000x



Gambar 4.7 Hasil uji SEM terhadap sampel umpan grafit perbesaran 2500x



Gambar 4.8 Hasil uji SEM terhadap sampel umpan grafit perbesaran 5000x

5. Hasil Flotasi

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas grafit adalah dengan meningkatkan kadar karbon pada grafit. Salah satu metode yang dapat dilakukan yaitu flotasi. Dengan memanfaatkan sifat

kehidrofobikan dari permukaan mineral maka metode ini dapat diterapkan. Pada penelitian ini dilakukan proses flotasi untuk mineral grafit. Adapun variabel yang divariasikan yaitu fraksi ukuran. Fraksi ukuran yang digunakan yaitu – 80 mesh dan +80mesh. Flotasi dilakukan dengan mesin flotasi batch yang memiliki kapasitas tangki yaitu 2,5 L. Adapun persen solid yang digunakan pada penelitian ini yaitu 20% solid (w/v) dengan berat sampel grafit yang digunakan yaitu 280 gram dengan 1120 mL air destilasi. Kerosene (minyak tanah) digunakan sebagai kolektor pada penelitian ini, minyak pinus (pine oil) digunakan sebagai frother, natrium silikat sebagai depresan dan natrium karbonat sebagai pH modifier. Flotasi pada penelitian ini divariasikan pada pH 8, 9, dan 10.



Gambar 4.9 Proses flotsi grafit pada sel flotsi *batch*

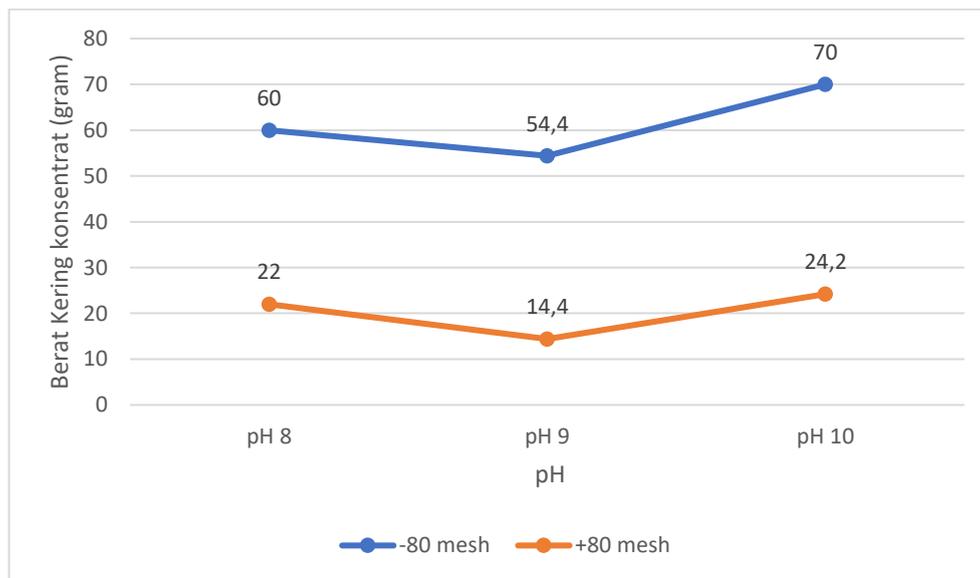


Gambar 4.10 Produk hasil flotasi berupa apungan

Percobaan pada tiap pH tersebut dan diujikan pada 2 fraksi ukuran yaitu -80 mesh dan +80mesh. Tabel 4.2 menunjukkan berat kering produk (konsentrat dan *tailing*) hasil flotasi pada masing-masing variabel yang diujikan. Sedangkan gambar 4.11 dan 4.12 menunjukkan grafik tren jumlah perolehan berat kering yang di dapatkan pada konsentrat dan *tailing* pada setiap pH untuk masing-masing fraksi ukuran.

Tabel 4.2 Berat kering konsentrat dan tailing hasil flotasi

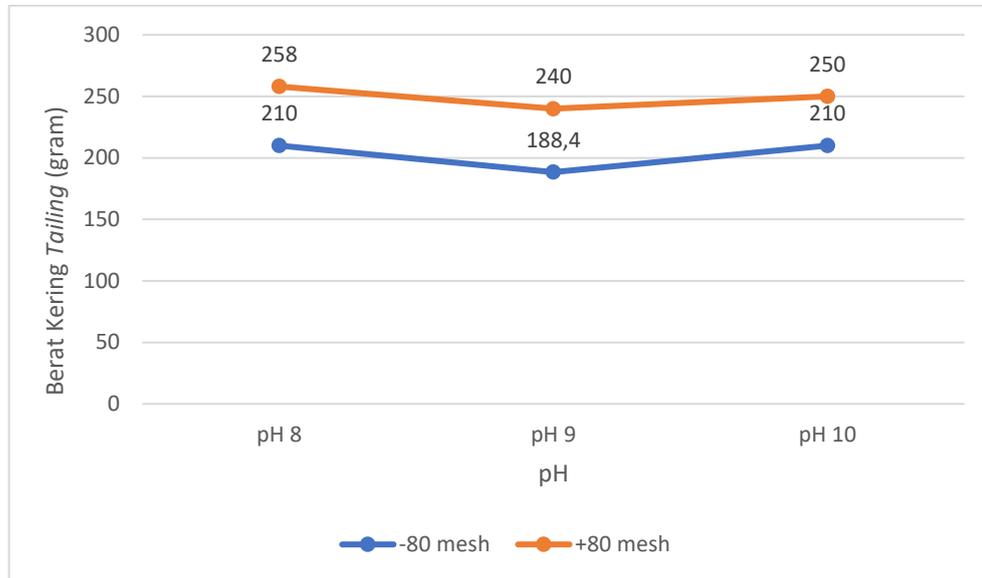
No	Produk Flotasi	Fraksi Ukuran	pH (derajat keasaman)		
			8	9	10
1	Konsentrat	-80 mesh	60	54,4	70
		+80 mesh	22	14,4	24,2
2	<i>Tailing</i>	-80 mesh	210	188,4	210
		+80 mesh	258	240	250



Gambar 4.11 Grafik berat kering konsentrat hasil flotasi pada variasi fraksi ukuran

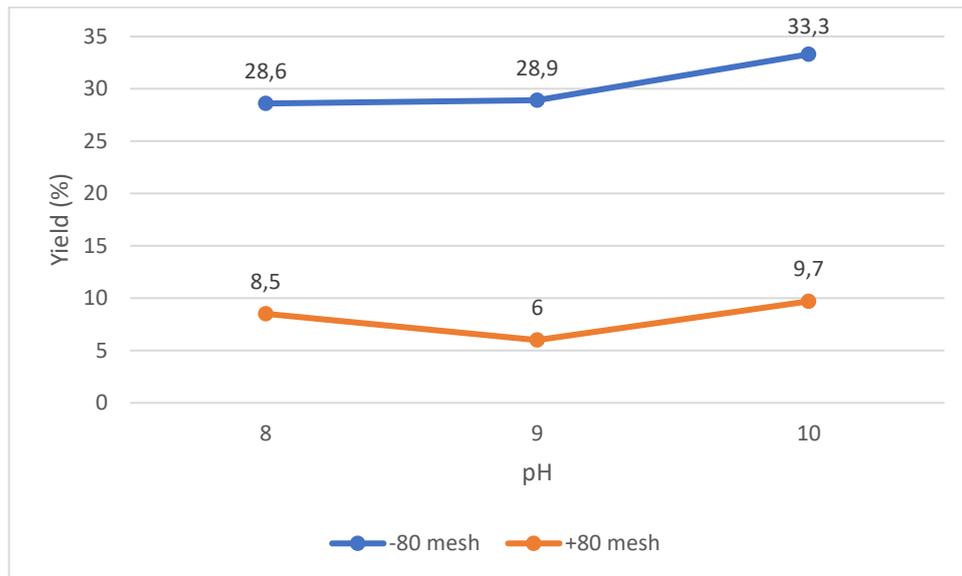
Gambar 4.11 merupakan grafik yang menunjukkan berat kering konsentrasi hasil flotasi. Berdasarkan grafik terlihat bahwa kedua fraksi ukuran menunjukkan trend yang sama. Untuk fraksi ukuran -80 mesh, pada pH 8 diperoleh berat kering konsentrat sebesar 60 gram, kemudian menurun pada pH 9 menjadi 54,4 gram dan naik kembali pada pH 10 yaitu 70 gram. Trend yang sama juga terjadi pada fraksi ukuran +80mesh. Pada pH 8, berat kering konsentrat yang dihasilkan yaitu 22 gram, lalu menurun pada pH 9 menjadi 14,4 gram dan naik kembali pada pH 10 yaitu

24,4 gram. Hasil terbaik diperoleh pada variasi fraksi ukuran -80mesh pada pH 10 yaitu 70 gram. Hal ini berkaitan dengan proses liberasi. Proses pemisahan dengan flotasi berlangsung lebih baik pada ukuran -80mesh. Karena ukuran partikel mampu untuk diangkat oleh gelembung udara yang dihasilkan, sehingga menghasilkan lebih banyak berat kering dibandingkan dengan fraksi ukuran +80mesh.



Gambar 4.12 Grafik berat kering tailing hasil flotasi pada variasi fraksi ukuran

Gambar 4.12 merupakan grafik yang menunjukkan berat kering *tailing* hasil flotasi. Berdasarkan grafik terlihat bahwa kedua fraksi ukuran menunjukkan trend yang sama. Untuk fraksi ukuran -80 mesh, pada pH 8 diperoleh berat kering *tailing* sebesar 210 gram, kemudian menurun pada pH 9 menjadi 188,4 gram dan naik kembali pada pH 10 yaitu 210 gram. Trend yang sama juga terjadi pada fraksi ukuran +80mesh. Pada pH 8, berat kering *tailing* yang dihasilkan yaitu 258 gram, lalu menurun pada pH 9 menjadi 240 gram dan naik kembali pada pH 10 yaitu 250 gram. Terlihat pada *tailing*, berat yang diperoleh lebih banyak. Jika dilakukan perhitungan persen perolehan berat (yield) hasil flotasi diperoleh nilai seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Perolehan berat (*yield*) hasil flotasi

Gambar 4.13 menunjukkan grafik perolehan berat (*yield*) hasil flotasi. Berdasarkan grafik, pada fraksi ukuran -80 mesh menunjukkan trend kenaikan dari pH 8 sampai pH 10. pH 8 mendapatkan *yield* sebesar 28,6 %, pH 9 28,9% dan pH 10 yaitu 33,3%. Perolehan berat (*yield*) yang tertinggi pada fraksi ukuran -80 mesh didapatkan pada pH 10 yaitu 33,3%, sedangkan pada fraksi ukuran +80 mesh menunjukkan trend yang berbeda. Dimana pada pH 8 mendapatkan *yield* 8,5% lalu turun menjadi 6% pada pH 9 dan naik kembali pada pH 10 yaitu 9,7%. Dari kedua fraksi tersebut, *yield* terbaik didapatkan pada fraksi ukuran -80mesh dalam pH 10 yaitu 33,3%. Oleh karena itu pH 10 merupakan pH terbaik untuk melakukan flotasi grafit untuk mendapatkan perolehan *yield* terbanyak.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- a. Beberapa pengujian dilakukan untuk karakterisasi dari grafit yang digunakan. Berdasarkan karakterisasi sampel yang dilakukan, terbukti bahwa sampel merupakan grafit dibuktikan dengan kehadiran mineral grafit pada hasil pengujian Petrografi-Mineragrafi dan XRD. Berdasarkan Uji carbon analyzer LECO diketahui kadar karbon grafit yaitu 0,49% dengan total karbon 0,75%. Selain mineral grafit, pada sampel umpan terdapat mineral lainnya yaitu diantaranya muskovit, kalsit dan kuarsa, yang dibuktikan dari hasil petrografi-mineragrafi dan pengujian XRD.
- b. Perolehan berat (yield) flotasi tertinggi didapatkan pada variasi fraksi ukuran -80mesh pada pH 10 yaitu 33,3%.

5.2. Saran

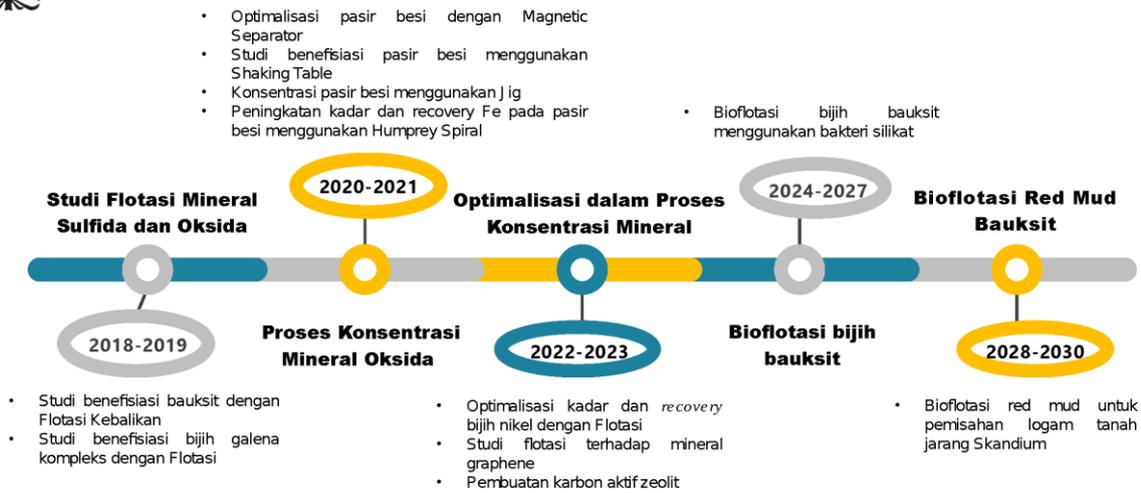
- a. Dilakukan lebih banyak variasi flotasi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
- b. Dilakukannya pengujian kadar karbon untuk dapat menghitung perolehan (recovery) hasil flotasi.

DAFTAR PUSTAKA

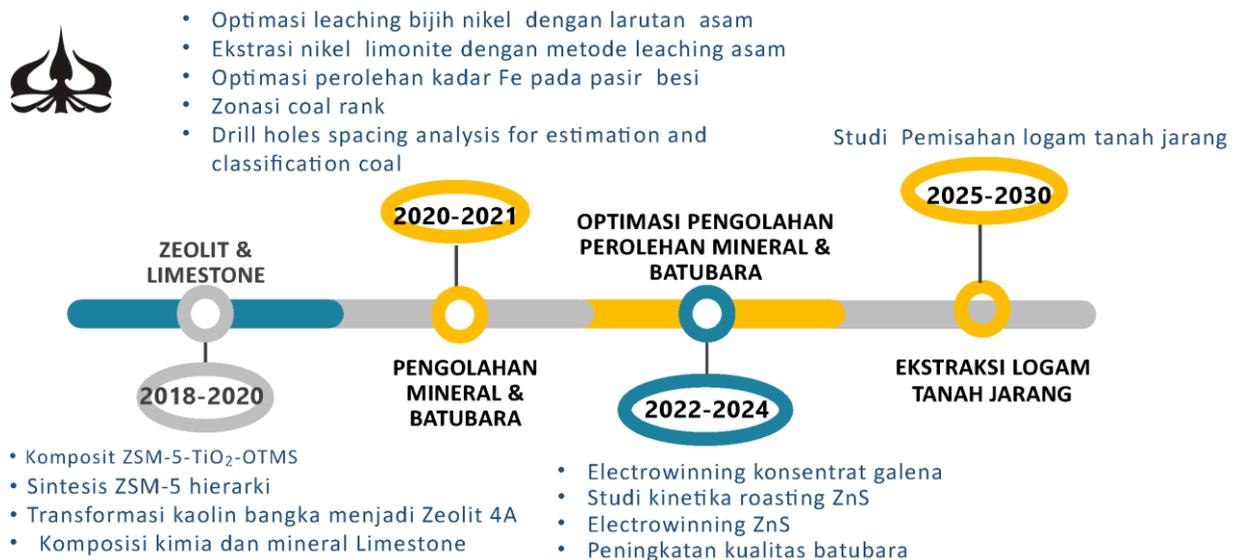
1. T. Wakamatsu and Y. Numata 1991. Flotation of Graphite. *Minerals Engineering* 4 (7-11), 975-982.
2. Chen, Y., et al. 2023. Promising energy-storage applications by flotation of graphite ores: review. *Chemical Engineering Journal* 454: 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.139994>
3. Florena, F. F., et al. 2016. Floatability Study of graphite ore from southeast Sulawesi (Indonesia). *AIP Publishing LLC* 1712: 050051-050056. <https://doi.org/10.1063/1.4941888>
4. Vasumathi N., et al. 2015. Flotation studies on low grade graphite ore from eastern india. *International journal of mining science and technology*. 29: 415-420. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmst.2015.03.014>
5. Dey S. and Pathak PN. 2005. Comparative studies of amenability to processing of graphite from different sources. *Trans Indian Inst Met* 58(5): 905–10.
6. Kaya O. and Canbazoglu ME. 2007. A study on the floatability of graphite ore from Yozgat Akdagmadeni (Turkey). *J Ore Dress* 9(17): 40–4.
7. Acharya B. C., et al. 1996. Processing of low grade graphite ores of Orissa, India. *Miner Eng* 99(11): 1165–9.
8. Patil, M. R., et al., 2000. Flotation studies on graphite ores of Shivaganga area, Madurai district, Tamilnadu (India). *Metal Mater Sci* 42(4): 233–41.
9. Wang., Xuexia, et al. 2021. Effect of scrubbing medium's particle size on scrubbing flotation performace and mineralogical characteristics of microcrystalline. *Minerals Engineering* 163, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106766>
10. Ailin, A., dkk. 2017. Studi grafit berdasarkan analisis petrografi dan SEM/EDX pada daerah Windesi, Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi" STTNas Yogyakarta 2017*, 185-191.
11. Bulatovic, S.M., 2015. Beneficiation of graphite ore, In: Bulatovic, S.M., *Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice*. Oxford, Waltham, pp. 163–171.
12. Chehreh Chelgani, S. dkk., 2015. A Review of Graphite Beneficiation Techniques. *Min. Proc. Ext. Met. Rev.* 37 (1), 58–68.
13. Wang, H., 2016. Preparation of high-purity graphite from a fine microcrystalline graphite concentrate: Effect of alkali roasting pre-treatment and acid leaching process. *Sep. Sci. Technol.* 51 (14), 2465–2472.

14. Wang, H., 2017. A novel technique for microcrystalline graphite beneficiation based on alkali-acid leaching process. *Sep. Sci. Technol.* 53 (6), 982–989.
15. Wills, B. A., & Finch, J. (2006): *Wills' mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery*, Butterworth-Heinemann.
16. Chen, Y., Li, S., Lin, S., Chen, M., Tang, C., dan Liu, X., 2023. Promising energy-storage applications by flotation of graphite ores: a review. *Chemical Engineering Journal*, Volume 454, 139994.
17. Urade, A. R., Lahiri, I., dan Suresh, K.S., 2023. Graphene properties, synthesis and applications: a review. *Jom*, 75 (3), 614-630.
18. X. Liu, S.M. Cho, S. Lin, Z. Chen, W. Choi, Y.-M. Kim, E. Yun, E.H. Baek, D.H. Ryu, H. Lee, Constructing two-dimensional holey graphyne with unusual annulative π -extension, *Matter* 5 (7) (2022) 2306–2318.
19. X. Gao, H. Liu, D. Wang, J. Zhang, Graphdiyne: synthesis, properties, and applications, *Chem. Soc. Rev.* 48 (3) (2019) 908–936.
20. Y. Li, L. Xu, H. Liu, Y. Li, Graphdiyne and graphyne: from theoretical predictions to practical construction, *Chem. Soc. Rev.* 43 (8) (2014) 2572–2586.
21. Xinlu, Li, Junwei, Sha, Seoung-Ki, Lee, Yilun, Li, Yongsung, Ji, Rivet Graphene, *ACS Nano* 10(8) (2016) 7307-7313.
22. A. Nayak, M.S. Jena, N.R. Mandre, Beneficiation of lead-zinc ores – a review, *Miner. Process. Extr. Metall. Rev.* (2021) 1–20.

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



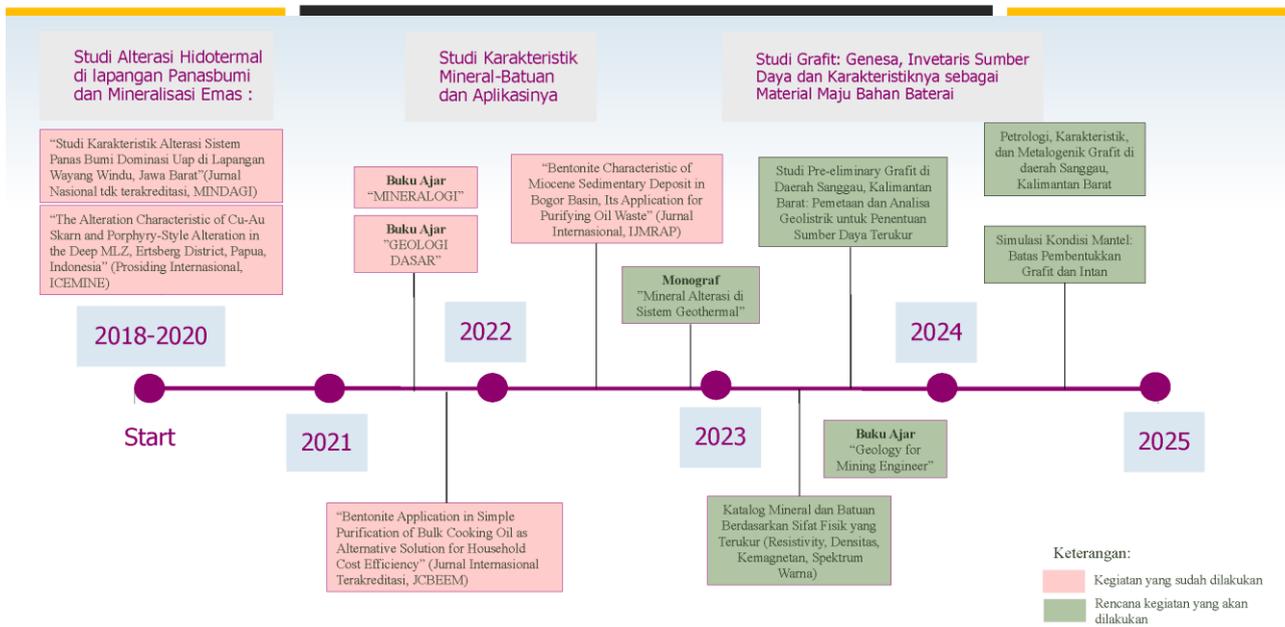
PETA JALAN PENELITIAN <CHRISTIN PALIT, S.T., M.T.>



PETA JALAN PENELITIAN <Riskaviana Kurniawati, S.Pd., M.Si.>



PETA JALAN PENELITIAN HIMMES FITRA YUDA, S.T., M.T.



**PETA JALAN PENELITIAN (Mira Meirawaty, S.T.,M.T.)
NIK: 3204/USAKTI**

September 2022

LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN

LUARAN 1 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Submitted

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : 5th ITB International Graduate School Conference (IGSC)

Lembaga Penyelenggara : Graduate School of ITB

Tempat Penyelenggaraan : Bandung

Tanggal Penyelenggaraan : 14/12/2024 - 14/12/2024

Lembaga Pengindek : Scopus

Url Website Conference : <https://gcs.itb.ac.id/the-5th-igsc/>

Judul Artikel : Upgrading of Graphite Ore using Flotation Method

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Christin Palit, S.T., M.T. (First Author)
2. Mira Meirawaty S.T., M.T. (Other Author)
3. Himmes Fitra Yuda, S.T., M.T. (Other Author)
4. Riskaviana Kurniawati, S.Pd., M.Si. (Other Author)
5. Elsa Sabrina Faradiva Cutrisna (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Dra. Suliestyah, M.Si (Other Author)
2. Ir. Subandrio, M.T. (Other Author)

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Foto Udara Morfologi Daerah Sanggau, Kalimantan Barat

No. Pendaftaran : EC00202459876

Tanggal Pendaftaran : 2024-07-04

No. Pencatatan : 000635234

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Christin Palit, S.T., M.T.
2. Himmes Fitra Yuda, S.T., M.T.
3. Mira Meirawaty S.T., M.T.
4. Riskaviana Kurniawati, S.Pd., M.Si.
5. Lailatul Saadah
6. Elsa Sabrina Faradiva Cutrisna

LUARAN 3 :

Kategori Luaran : Artikel Ilmiah

Status : Submitted

Jenis Publikasi Jurnal : Jurnal Nasional Terakreditasi

Nama Jurnal : Jurnal Geomine

ISSN : 2443-2083

EISSN : 2541-2116

Lembaga Pengindek : SInta

Url Jurnal : <https://jurnal.fti.umi.ac.id/index.php/JG/issue/view/72>

Judul Artikel : Studi Benefisiensi Grafit Asal Kalimantan Barat Menggunakan Metode Flotasi

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Christin Palit, S.T., M.T. (First Author)
2. Mira Meirawaty S.T., M.T. (Other Author)
3. Riskaviana Kurniawati, S.Pd., M.Si. (Other Author)
4. Himmes Fitra Yuda, S.T., M.T. (Other Author)
5. Elsa Sabrina Faradiva Cutrisna (Other Author)

LUARAN 4 :