

EVALUASI PROSES FILTRASI PADA ALAT VERTICAL PRESSURE FILTER HIDROLIK UNTUK PEMISAHAN PADAT-CAIR EKSTRAK NIKEL

^{1*}Isran Asnawi, ²Maichel Sampeangin, ³Eriek Aristya Pradana Putra, ⁴Moh. Afandy, ⁵Hendi Lilih Wijayanto

^{1,2}TEKNIK KIMIA MINERAL, POLITEKNIK INDUSTRI LOGAM MOROWALI, ^{3,5}TEKNIK PERAWATAN MESIN, POLITEKNIK INDUSTRI LOGAM MOROWALI, ⁴TEKNIK LISTRIK DAN INSTALASI, POLITEKNIK INDUSTRI LOGAM MOROWALI

*PENULIS KORESPONDENSI: ASNAWI.ISRAN@GMAIL.COM

Abstrak. Proses filtrasi merupakan salah satu tahapan penting pada proses pelindian bijih nikel laterit atau hidrometalurgi secara umum. Terdapat beberapa tantangan yang dihadapi pada proses filtrasi pelindian bijih nikel laterit, antara lain terbentuknya slurry yang sulit disaring, kemurnian rendah, waktu yang tidak singkat, dan pemborosan energi. Sebagai upaya untuk mengatasi masalah ini, maka dibuat alat vertical pressure filter berbasis hidrolik, yaitu alat filtrasi yang ditujukan untuk proses pelindian bijih nikel laterit dengan menggabungkan prinsip filtrasi dari plate & frame filter press dan gravity filter. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi proses filtrasi pada alat vertical pressure filter hidrolik menggunakan cairan ekstrak nikel melalui perhitungan nilai α (tahanan spesifik cake), R_m (tahanan filter media), % ϵ filtrat, dan % ϵ residu. Eksperimen filtrasi dilaksanakan menggunakan alat tersebut dengan sampel yang difiltrasi yaitu cairan ekstrak nikel hasil pelindian. Variabel yang digunakan yaitu konsentrasi cairan ekstrak nikel (1-4% W/V), dan variasi ukuran filter (nylon 350 mesh dan 450 mesh) yang dilanjutkan perhitungan nilai α dan R_m , nilai % ϵ filtrat, dan % ϵ residu. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan konsentrasi ekstrak nikel 4% dan pemilihan media filter nylon 350 mesh dapat diterapkan untuk filtrasi menggunakan alat vertical pressure filter hidrolik karena diperoleh nilai α dan R_m yang paling rendah. Efisiensi filtrasi menunjukkan nilai % efisiensi filtrat yang rendah dan nilai % efisiensi residu yang tinggi.

Kata kunci: filtrasi, tahanan spesifik cake, tahanan filter media, efisiensi filtrasi, vertical pressure filter

Abstract. The filtration process is one of the important stages in the extraction of laterite nickel ore or hydrometallurgy in general. There are several challenges faced in the filtration process of laterite nickel ore extraction, including the formation of slurry that is difficult to filter, low purity, long time, and energy waste. To overcome this problem, a hydraulic-based vertical pressure filter was created, which is a filtration device intended for extracting laterite nickel ore by combining the filtration principle of the plate & frame filter press and the gravity filter. This study aims to evaluate the filtration process in a hydraulic vertical pressure filter using nickel extract liquid through the calculation of values of α (cake-specific resistance), R_m (filter media resistance), % ϵ filtrate, and % ϵ residue. The filtration experiment was conducted using the device with a filtered sample, namely a liquid of nickel extract from the spray. The variables used were the concentration of nickel extract liquid (1-4% W/V) and the variation in filter size (nylon 350 mesh and 450 mesh), followed by the calculation of α and R_m values, % ϵ filtrate values, and % ϵ residue. The results of the study indicated that the use of a 4% nickel extract concentration and the selection of 350 mesh nylon filter media could be applied for filtration using a hydraulic vertical pressure filter tool because the lowest α and R_m values were obtained. The filtration efficiency indicates a low value of % of filtrate efficiency and a high value of % residual efficiency.

Keywords: filtration, cake specific resistance, filter media resistance, filtration efficiency, vertical pressure filter

1. Pendahuluan

Permintaan terhadap bahan baku nikel terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan pesat sektor industri, khususnya di bidang manufaktur, elektronik, dan baterai. Secara global, peningkatan produksi kendaraan listrik diperkirakan akan terus mendorong pertumbuhan kebutuhan nikel hingga tahun 2030. Sebagai produsen nikel terbesar di dunia, Indonesia menyumbang sekitar 800.000 ton atau 30% dari total pasokan nikel global (Tan, 2022). Upaya dalam menghasilkan produk jadi dari bahan baku nikel dapat dilakukan melalui proses hidrometalurgi. Proses ini dilakukan dengan penambahan bahan kimia agar terjadi reaksi kimiawi. Terdapat beberapa jenis metode hidrometalurgi yang dapat diterapkan, beberapa metode yang populer diantaranya *Atmospheric Agitation Leaching* (AL) dan *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) (Kenzhegali and Yeldar, 2023)(Habashi, 2013). Proses pengolahan logam dengan metode AL, dilakukan dengan melarutkan bahan baku bijih nikel laterit dalam pelarut asam (dapat berupa asam sulfat, asam klorida, dan asam sitrat) melalui pengadukan dan pemanasan selama beberapa jam. Tahapan selanjutnya adalah penyaringan residu dan filtrat yang bertujuan untuk memisahkan padatan dan cairan dari proses pelarutan asam (ekstraksi).

Proses penyaringan atau sering disebut filtrasi, merupakan salah satu tahapan penting pada proses pelindian bijih nikel lateri atau hidrometalurgi secara umum. Setelah proses pelindian, filtrasi digunakan untuk memisahkan residu padat (seperti silika, besi, dan mineral lain) dari larutan yang mengandung nikel dan kobalt terlarut. Filtrat inilah yang kemudian diproses lebih lanjut untuk pemurnian logam. Efektivitas filtrasi sangat mempengaruhi kemurnian larutan hasil leaching. Filtrat yang lebih murni memudahkan proses pemisahan logam berikutnya, seperti presipitasi selektif atau ekstraksi pelarut (Astuti et al., 2023). Beberapa jenis alat filtrasi skala industri yang digunakan untuk proses pelindian bijih nikel laterit, yaitu *plate and frame filter press*, *pressure filter*, dan *rotary filter*. Masing-masing jenis alat ini memiliki keunggulan dan kelemahan dalam menghasilkan ekstrak nikel yang lebih murni. Salah satu tantangan yang dihadapi saat fitrasi ekstrak nikel adalah terbentuknya slurry yang sulit disaring akibat kandungan asam silikat atau partikel halus, sehingga memperlambat laju filtrasi dan menurunkan efisiensi proses (He et al., 2023). Tantangan lain yang dihadapi adalah perolehan hasil saringan yang dengan kemurnian rendah, waktu yang tidak singkat, dan pemborosan energi (Beglinger et al., 2024). Tantangan ini menjadi fokus pengembangan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan proses filtrasi pada pelindian bijih nikel laterit.

Sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi unit filtrasi pada proses pelindian bijih nikel laterit, maka dibuat alat *vertical pressure filter* menggunakan pompa hidrolik. Alat ini dibuat dengan menggabungkan prinsip filtrasi dari *plate & frame filter press* dan *gravity filter*. Prototipe alat *vertical pressure filter* berbasis pompa hidrolik dibuat dengan spesifikasi motor hidrolik DC 12 V, pelat saringan nylon 450 mesh, gaya dorong 1000 N, waktu filtrasi 30 – 180 s, dan kapasitas filtrasi 600 mL (Asnawi et al., 2025). Pada praktiknya, alat filtrasi yang telah didesain dan dibuat perlu diuji kinerjanya melalui penelitian untuk mengevaluasi proses filtrasi yang berlangsung.

Dalam mengevaluasi kinerja alat filtrasi pada pelindian bijih nikel laterit, dua parameter utama yang dapat digunakan adalah tahanan spesifik cake (α) dan tahanan media filter (R_m). Tahanan spesifik cake merepresentasikan resistansi aliran akibat terbentuknya lapisan padatan di atas media filter, sementara tahanan media filter menunjukkan hambatan bawaan dari material penyaring itu sendiri (Kuhn, Pergam and Briesen, 2020). Perhitungan kedua parameter ini memungkinkan diperoleh data mengenai kemungkinan hambatan utama yang dapat berasal dari karakteristik cake atau dari media filter (Mahdi, Hunter and Holdich, 2019).

Beberapa penelitian lain terkait alat filtrasi, melakukan uji performa menggunakan parameter tahanan spesifik cake (α), resistansi cake (R_c), dan resistansi media (R_m). Penelitian oleh Saputri melaporkan uji coba filtrasi menggunakan *plate-frame filter press* untuk menyaring lumpur limbah industri tahu (Saputri et al., 2019). Nilai tahanan spesifik cake yang diperoleh dari alat tersebut adalah berkisar $4,42 \times 10^{11}$ - $6,74 \times 10^{11}$ m/kg (pada variasi tekanan) dan nilai R_m yang diperoleh adalah kisaran $1,23 \times 10^{12}$ - $1,61 \times 10^{12}$ m⁻¹ (pada variasi tekanan). Penelitian oleh Yulifianti melaporkan filtrasi ampas jahe untuk memperoleh kembali sari jahe menggunakan *plate-frame filter press*. Nilai α , R_c , dan R_m yang diperoleh berturut-turut adalah $4,98 \times 10^6$ m/kg, $1,35 \times 10^8$ m⁻¹, dan $3,79 \times 10^{11}$ m⁻¹ (Yulifianti et al., 2019). Penelitian oleh Nuryoto melaporkan uji performa terhadap *plate-frame filter press* untuk proses pemisahan padat-cair larutan CaCO₃ dengan hasil nilai α dan R_m berturut-turut yaitu $2,2 \times 10^7$ m/kg dan $5,12 \times 10^4$ m⁻¹ (Nuryoto, 2023). Penelitian oleh Nulhakim melaporkan uji coba filtrasi menggunakan *plate-frame filter press* untuk proses pemanenan *Spirulina* sp dengan hasil nilai α adalah 2×10^9 m/kg dan nilai R_m adalah 7×10^{11} m⁻¹ (kondisi pada tekanan 2 psi dan jumlah 3 plat) (Nulhakim, Astawa and Marten, 2022). Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, uji performa filtrasi untuk proses pelindian bijih nikel laterit jarang dilakukan.

Manfaat penghitungan kedua parameter ini sangat penting, karena jika nilai tahanan spesifik cake terlalu tinggi, hal tersebut mengindikasikan bahwa cake padat dan sulit dilalui cairan, sehingga memperlambat proses filtrasi. Sebaliknya, apabila tahanan media lebih dominan, maka pemilihan jenis material filter menjadi faktor yang perlu dioptimalkan (Lam, Anlauf and Nirschl, 2021). Informasi ini dapat digunakan untuk memperbaiki desain alat, memilih media filter yang lebih tepat, serta menyesuaikan kondisi operasi, seperti tekanan filtrasi dan konsentrasi ekstrak nikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi proses filtrasi cairan ekstrak nikel menggunakan alat *vertical pressure filter* hidrolik melalui perhitungan nilai α (tahanan spesifik cake) dan R_m (tahanan filter media). Selain itu, pada penelitian ini juga dihitung nilai % ϵ filtrat dan % ϵ residu.

Dengan demikian, penelitian tidak hanya menghasilkan data teknis (nilai α , R_m , % ϵ filtrat dan % ϵ residu) tetapi juga memberikan dasar ilmiah bagi optimasi proses filtrasi. Hal ini sejalan dengan upaya meningkatkan efisiensi energi, memperpendek waktu proses, serta memperoleh kualitas filtrat yang lebih baik pada ekstraksi bijih nikel laterit.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bijih nikel laterit yang diperoleh dari area pertambangan dan kawasan industri di Kab. Morowali, Sulawesi Tengah. Bahan lain yang digunakan adalah asam sitrat (p.a Merck), akuades One Lab, kertas saring Whatmann grade 4, kain saring nylon 350 mesh, dan kain saring nylon 450 mesh.

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah vertical pressure filter hidrolik (spesifikasi tertera pada gambar 1), gelas kimia 100 mL, gelas kimia 500 mL, gelas kimia 1000 mL, botol semprot, gelas ukur 1000 mL, corong kaca, erlenmeyer 250 mL, pipet tetes, pipet ukur 10 mL, spatula, batang pengaduk, neraca analitik, piknometer 25 mL, set alat viskositas bola jatuh, set alat ball mill, ayakan 200 mesh, set alat tangki solvent extraction, dan oven.

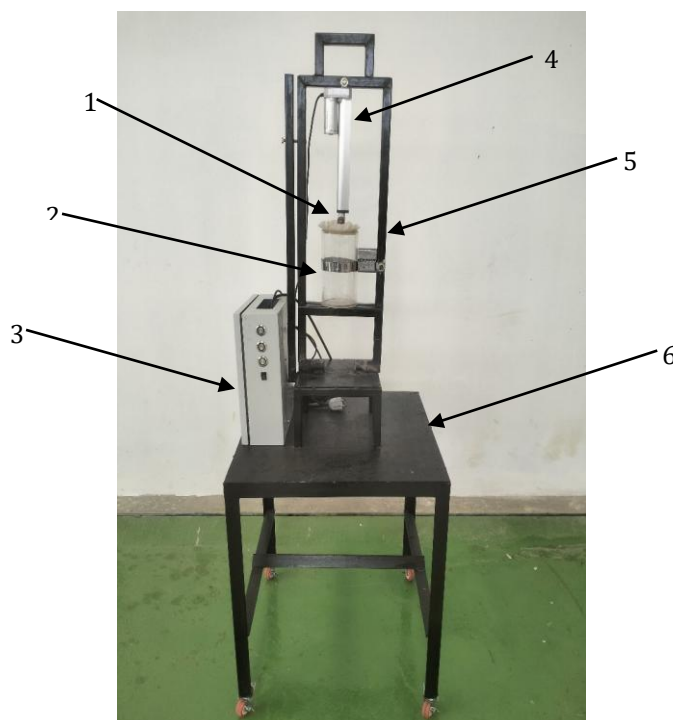
2.2 Metode

2.2.1 Persiapan sampel filtrasi

Cairan ekstrak nikel digunakan dalam penelitian untuk difiltrasi menggunakan alat *vertical pressure filter* hidrolik. Cairan ekstrak nikel diperoleh melalui pelindian bijih nikel laterit. Terlebih dahulu, bijih nikel laterit dimasukkan ke dalam set alat *ball mill* selama 15 menit untuk proses penghancuran dan penghalusan. Setelah itu, dilanjutkan pengayakan menggunakan saringan 200 mesh. Bijih nikel laterit hasil ayakan dimasukkan sebanyak 200 gram ke dalam tangki *solvent extraction*, lalu ditambahkan 5 L larutan asam sitrat 1 M. Tangki kemudian dinyalakan dan diatur kecepatan pengadukan pada 150 rpm dan suhu 70°C. Proses berlangsung selama 4 jam. Cairan ekstrak nikel yang diperoleh dari hasil pelindian dilanjutkan untuk proses filtrasi (Astuti et al., 2023).

2.2.2 Proses filtrasi

Cairan ekstrak nikel dimasukkan ke dalam wadah filtrasi alat *vertical pressure filter* hidrolik sebanyak 600 ml. Alat dinyalakan dan plat filter akan turun ke bawah secara perlahan untuk menyaring cairan ekstrak nikel. Setiap 10 detik diukur volume cairan hasil filtrasi dan dilanjutkan perhitungan nilai α , R_m , $\% \epsilon$ filtrat, dan $\% \epsilon$ residu. Proses filtrasi berlangsung menggunakan variasi konsentrasi cairan ekstrak nikel (1, 2, 3, dan 4% W/V), dan variasi ukuran filter (nylon 350 mesh dan 450 mesh). Pemilihan variasi konsentrasi cairan ekstrak nikel tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah padatan tersuspensi terhadap karakteristik filtrasi. Sedangkan pemilihan ukuran filter nylon 350 mesh dan 450 mesh bertujuan untuk menilai pengaruh ukuran pori media terhadap kemampuan filtrasi. Alat *vertical pressure filter* hidrolik yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada gambar 1, sedangkan ilustrasi proses filtrasi dapat dilihat pada gambar 2.



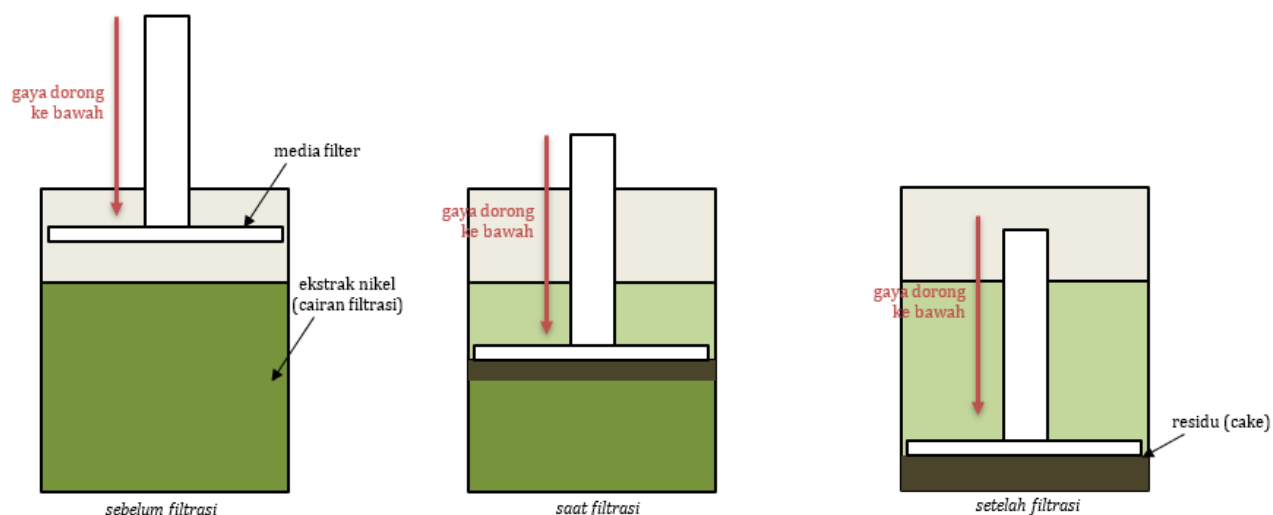
Keterangan:

1. Sieve plate (pelat saringan)
2. Filtration vessel (wadah filtrasi)
3. Panel control (panel pengendali)
4. Plunger rod (batang pendorong)
5. Load frame (bingkai beban)
6. Stand table (rangka dudukan)

Spesifikasi alat:

Kapasitas filtrasi: 600 mL
 Luas permukaan filtrasi: 78,5 cm²
 Gaya dorong: 1000 N
 Tekanan: 1,39x10⁵ N/m²
 Waktu filtrasi: 30-180 s
 Kecepatan gaya dorong: 0,55 – 3,33 mm/s
 Material wadah filtrasi: akrilik
 Dimensi wadah filtrasi: D = 10 cm; T = 15 cm

Gambar 1. Alat *vertical pressure filter* hidrolik beserta bagian-bagiannya (Asnawi et al., 2025)



Gambar 2. Ilustrasi proses filtrasi menggunakan alat *vertical pressure filter* hidrolik (sumber pribadi)

Penentuan nilai α , R_m , efisiensi filtrat, efisiensi residu

Penentuan nilai α dan R_m mengacu pada rumus filtrasi berikut (Geankoplis, 1993) (Kuhn, Pergam and Briesen, 2020):

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \alpha C_s}{A^2 (-\Delta P)} V + \frac{\mu R_m}{A (-\Delta P)} = K_P V + B \quad (1)$$

$$Kp = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot Cs}{A^2 \cdot (-\Delta p)} \quad (2)$$

$$B = \frac{\mu \cdot Rm}{A \cdot (-\Delta p)} \quad (3)$$

Keterangan:

μ	=	viskositas cairan (kg/m.s)
α	=	tahanan spesifik cake (m/kg)
R_m	=	tahanan filter media (m ⁻¹)
C_s	=	konsentrasi <i>slurry</i> (kg/m ³)
ΔP	=	tekanan filtrasi (N/m ²)
A	=	luas permukaan filtrasi (m ²)
Kp	=	konstanta filtrasi (s/m ⁶)
B	=	konstanta filtrasi (s/m ³)

Nilai Kp dan B diperoleh melalui plotting kurva V versus t/V , dengan $Kp/2$ adalah slope dan B adalah intercept.

Nilai % ϵ filtrat dan % ϵ residu dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ filtrat} = \frac{(M_0 - M_t)}{M_t} \times 100\% \quad (4)$$

$$\% \text{ residu} = \frac{P_0}{P_t} \times 100\% \quad (5)$$

M_0	=	massa filtrat awal (gram)
M_t	=	massa filtrat akhir (gram)
P_0	=	massa residu awal (gram)
P_t	=	massa residu akhir (gram)

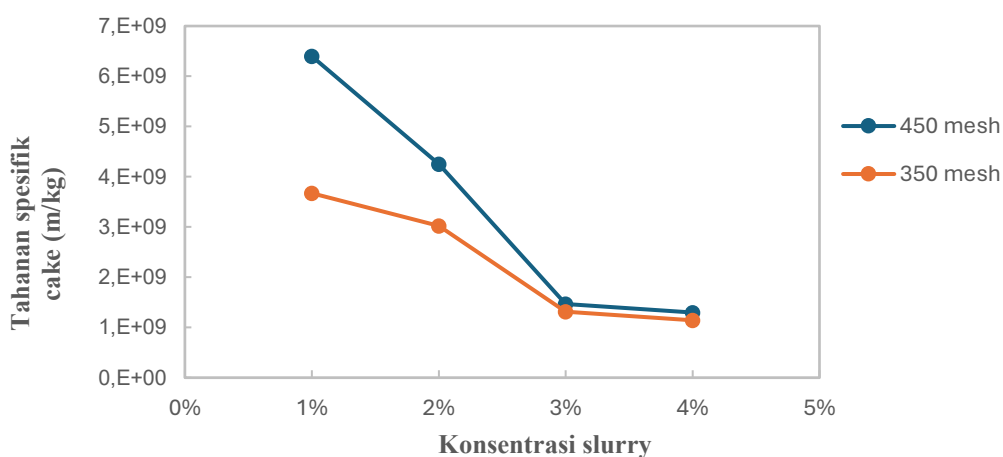
Untuk prosedur % ϵ filtrat, filtrat sebelum filtrasi diambil 100 ml dan ditimbang yang kemudian dinyatakan sebagai massa filtrat awal (M_0). Setelah proses filtrasi, filtrat diambil kembali sebanyak 100 ml dan ditimbang yang kemudian dinyatakan sebagai massa filtrat akhir (M_t). Untuk prosedur % ϵ residu, jumlah residu pada cairan ekstrak nikel sebelum filtrasi, ditimbang terlebih dahulu dan dinyatakan sebagai massa residu awal (P_0). Setelah proses filtrasi, residu yang dihasilkan ditimbang dan dinyatakan sebagai massa residu akhir (P_t).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Nilai α pada variasi konsentrasi ekstrak nikel dan ukuran filter media

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai tahanan spesifik cake (α) mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak nikel dari 1% hingga 4% pada kedua jenis media filter, baik 450 mesh maupun 350 mesh. Pada 450 mesh, nilai α menurun dari $6,39 \times 10^9$ m/kg menjadi $1,29 \times 10^9$ m/kg, sedangkan pada 350 mesh turun dari $3,67 \times 10^9$ m/kg menjadi $1,14 \times 10^9$ m/kg. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi padatan menghasilkan cake yang lebih permeabel sehingga aliran filtrat relatif lebih mudah melewati lapisan padatan. Perbedaan nilai α antara kedua ukuran mesh paling nyata terjadi pada konsentrasi rendah (1%), sementara

pada konsentrasi lebih tinggi perbedaan semakin kecil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan konsentrasi ekstrak nikel 4% dan pemilihan media filter nylon 350 mesh dapat diterapkan untuk filtrasi menggunakan alat *vertical pressure filter* hidrolis karena diperoleh nilai α yang paling rendah. Secara ilmiah, penurunan nilai tahanan spesifik cake dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak nikel (4%) dapat dijelaskan melalui terbentuknya struktur cake yang lebih rapat dan stabil. Pada konsentrasi rendah, partikel cenderung membentuk lapisan tipis di permukaan media filter, sehingga resistansi relatif tinggi. Sebaliknya, pada konsentrasi tinggi, partikel mengisi pori-pori secara lebih merata dan membentuk jalur aliran yang lebih kontinu, sehingga permeabilitas cake meningkat. Selain itu, media filter dengan ukuran 350 mesh menahan partikel lebih sedikit di permukaan (dibanding 450 mesh), menghasilkan kepadatan cake yang lebih rendah dan nilai α lebih rendah.



Gambar 3. Nilai α pada variasi konsentrasi ekstrak nikel dan ukuran filter

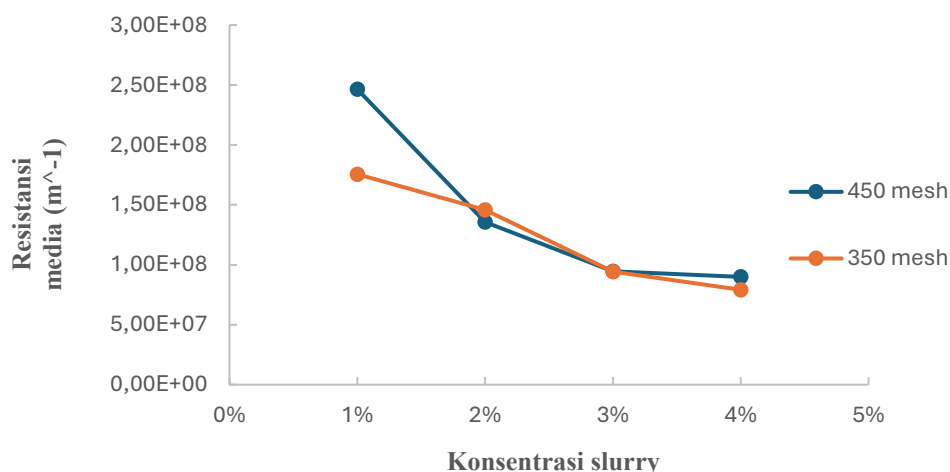
Hasil penelitian ini sejalan dengan teori filtrasi cake berdasarkan hukum Darcy dan model Carman-Kozeny yang menyatakan bahwa tahanan spesifik cake dipengaruhi oleh porositas, ukuran partikel, serta distribusi padatan dalam slurry. Teori tersebut menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi cenderung menurunkan resistansi spesifik karena partikel menyusun diri dalam struktur yang lebih permeabel. Sementara itu, peran media filter ditunjukkan melalui kontribusi awal terhadap pembentukan cake, di mana media halus memperbesar resistansi awal dibanding media kasar (Geankoplis, 1993)(Kuhn, Pergam and Briesen, 2020).

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil ini konsisten dengan data penelitian yang melaporkan tren penurunan α seiring peningkatan konsentrasi slurry (Mahdi, Hunter and Holdich, 2019) dan (Kuhn, Pergam and Briesen, 2020). Data penelitian oleh Henneman, juga menegaskan bahwa distribusi ukuran partikel dan karakteristik media filter memengaruhi resistansi cake, terutama pada kondisi konsentrasi rendah (Hennemann, Gastl and Becker, 2021). Nilai α yang diperoleh dalam penelitian ini, yakni berkisar antara 10^9 hingga 10^{10} m/kg, masih berada dalam rentang nilai tipikal literatur yakni 10^9 – 10^{11} m/kg (Mahdi and Holdich, 2013), sehingga dapat disimpulkan bahwa data eksperimen sejalan dengan penelitian sebelumnya.

3.2 Nilai R_m pada variasi konsentrasi ekstrak nikel dan ukuran filter media

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai tahanan filter media (R_m) mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak nikel dari 1% hingga 4%, baik pada filter 450 mesh maupun 350 mesh. Pada 450 mesh, R_m menurun dari $2,47 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ menjadi $8,99 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$, sedangkan pada 350 mesh turun dari $1,75 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ menjadi $7,91 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$. Perbedaan nilai R_m lebih besar pada konsentrasi rendah, sementara pada konsentrasi tinggi kontribusi media filter semakin kecil sehingga nilai R_m antara kedua mesh mendekati satu sama lain.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan konsentrasi ekstrak nikel 4% dan pemilihan media filter nylon 350 mesh dapat diterapkan untuk filtrasi menggunakan alat *vertical pressure filter* hidrolik karena diperoleh nilai R_m yang paling rendah. Secara ilmiah, hal ini dapat dijelaskan bahwa pada konsentrasi rendah, cake padatan yang terbentuk masih tipis sehingga peran media filter menjadi dominan dalam menentukan resistansi total filtrasi. Akibatnya, media filter yang lebih halus (450 mesh) memberikan nilai hambatan yang lebih tinggi dibanding 350 mesh. Namun, seiring dengan meningkatnya konsentrasi (ekstrak nikel 4%), cake terbentuk lebih cepat dan lebih tebal, sehingga peran media filter dalam resistansi total semakin berkurang. Dengan kata lain, nilai R_m menjadi relatif kecil karena resistansi total lebih ditentukan oleh sifat cake yang terbentuk.



Gambar 4. Nilai R_m pada variasi konsentrasi ekstrak nikel dan ukuran filter

Hasil penelitian ini konsisten dengan teori filtrasi cake yang menyatakan bahwa resistansi total (R_t) merupakan gabungan dari tahanan media filter (R_m) dan tahanan cake (R_c). Pada tahap awal filtrasi, kontribusi R_m signifikan, tetapi seiring waktu R_c akan mendominasi. Pola penurunan R_m pada konsentrasi tinggi juga mendukung konsep bahwa media filter hanya berfungsi sebagai “penyangga awal” pembentukan cake, sedangkan resistansi utama berasal dari lapisan padatan yang terbentuk (Kuhn, Pergam and Briesen, 2020).

Hasil ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa nilai R_m lebih berpengaruh pada slurry encer dibanding slurry pekat (Mahdi, Hunter and Holdich, 2019). Data juga menunjukkan bahwa efek karakteristik media filter berkurang drastis setelah cake terbentuk. Selain itu juga dilaporkan bahwa perbedaan ukuran media lebih signifikan

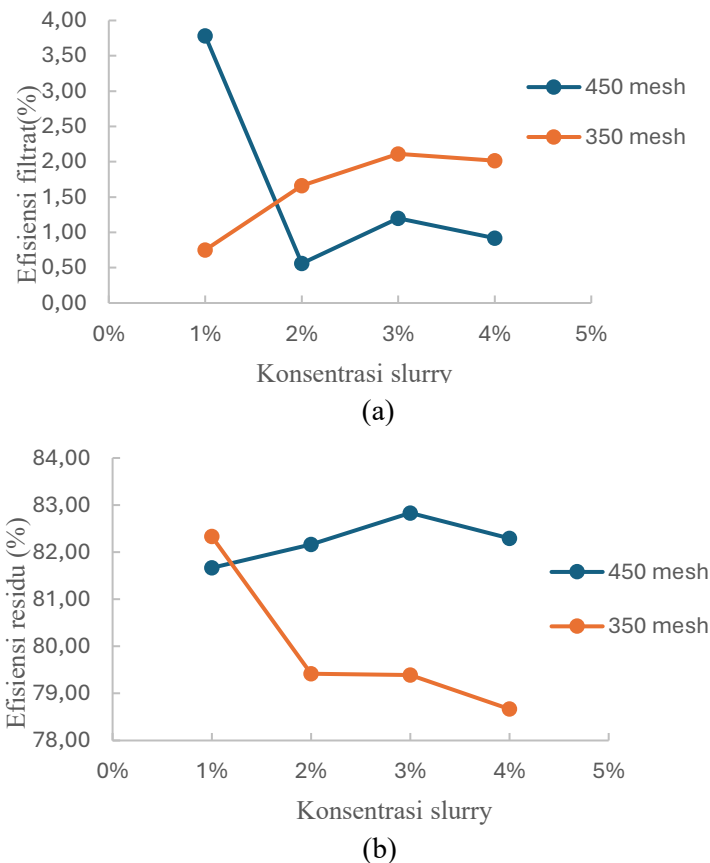
pada konsentrasi rendah (Hennemann, Gastl and Becker, 2021) (Lam, Anlauf and Nirschl, 2021). Dengan demikian, hasil penelitian ini selaras dengan penelitian sebelumnya.

3.3 Nilai % ϵ filtrat dan % ϵ residu pada variasi konsentrasi ekstrak nikel dan ukuran filter media

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai % efisiensi filtrat relatif rendah, berada pada kisaran 0,5–3,8% baik pada filter 450 mesh maupun 350 mesh. Pada media 450 mesh, nilai tertinggi diperoleh pada konsentrasi 1% yaitu 3,78%, sedangkan pada konsentrasi lebih tinggi nilainya cenderung turun di bawah 1,2%. Sementara itu, pada media 350 mesh nilai efisiensi filtrat lebih bervariasi, dengan puncak 2,11% pada konsentrasi 3%. Sebaliknya, nilai % efisiensi residu menunjukkan hasil yang jauh lebih tinggi, stabil pada kisaran 78–83%. Pada 450 mesh, nilai ini relatif konsisten di atas 81%, sedangkan pada 350 mesh terdapat kecenderungan menurun seiring meningkatnya konsentrasi, dari 82,33% menjadi 78,67%.

Dari data tersebut, terlihat bahwa % efisiensi filtrat untuk 450 mesh jauh lebih tinggi pada konsentrasi rendah (1%), namun menurun drastis pada konsentrasi yang lebih tinggi (terjadi penyimpangan). Sebaliknya, pada 350 mesh, nilai efisiensi filtrat justru meningkat seiring bertambahnya konsentrasi slurry hingga mencapai nilai yang relatif stabil. Perbedaan hasil ini dapat dijelaskan melalui aspek ukuran pori media filter, ketebalan cake yang terbentuk, dan distribusi partikel pada permukaan filter. Filter 450 mesh memiliki pori-pori yang jauh lebih halus dibandingkan 350 mesh. Pada konsentrasi slurry rendah (1%), partikel-partikel padat relatif sedikit dan mudah tertahan di permukaan media, sehingga filtrasi berlangsung cepat dan efisiensi filtrat terlihat tinggi. Namun, seiring meningkatnya konsentrasi (2–4%), partikel yang lebih banyak cepat menutup pori-pori halus tersebut dan membentuk lapisan cake yang rapat. Akibatnya, laju aliran filtrat menurun, dan persentase efisiensi filtrat juga turun drastis. Pada 350 mesh yang memiliki pori lebih besar, pembentukan cake berlangsung lebih lambat karena sebagian partikel halus dapat lolos pada tahap awal. Hal ini menyebabkan aliran filtrat lebih stabil walaupun tidak secepat awalnya pada filter halus. Namun, dengan bertambahnya konsentrasi slurry, lapisan cake menjadi lebih tebal dan bertindak sebagai media penyaring sekunder (*secondary filtration layer*), sehingga efisiensi filtrat meningkat dan stabil. Perbedaan ini menunjukkan adanya kompromi antara permeabilitas media dan kemampuan penahanan partikel. Filter 450 mesh lebih unggul pada kondisi encer karena mampu menghasilkan filtrat dengan sedikit partikel, tetapi mudah mengalami penyumbatan pada konsentrasi tinggi. Sebaliknya, filter 350 mesh lebih adaptif terhadap kondisi slurry pekat karena tidak cepat tersumbat, walaupun kualitas filtrat mungkin sedikit lebih rendah pada awal proses (Tarleton, 2005) (Haramkar et al., 2021) (Long et al., 2024).

Nilai % efisiensi filtrat yang relatif rendah ini (0,5–3,8% baik pada filter 450 mesh maupun 350 mesh) menandakan bahwa alat *vertical pressure filter* hidrolik mampu menahan sebagian besar padatan, walaupun cairan hasil filtrasi masih mengandung partikel halus atau koloid yang lolos melewati pori-pori. Hal ini wajar ditemukan pada ekstrak nikel bijih nikel laterit, karena kandungan partikel halus yang sulit dipisahkan dengan metode filtrasi konvensional. Sebaliknya, tingginya % efisiensi residu mengindikasikan bahwa alat *vertical pressure filter* hidrolik mampu membentuk cake dengan baik, sehingga mayoritas padatan tetap tertahan di atas media filter. Dengan demikian, perbedaan pola antara efisiensi filtrat dan residu ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kejernihan filtrat dan jumlah padatan yang berhasil ditahan.



Gambar 5. Nilai % ϵ filtrat dan % ϵ residu pada variasi konsentrasi ekstrak nikel dan ukuran filter; (a) % ϵ filtrat terhadap konsentrasi ekstrak nikel; (b) % ϵ residu terhadap konsentrasi ekstrak nikel.

Hasil ini konsisten dengan teori filtrasi cake menurut McCabe dan Geankoplis yang menyebutkan bahwa kualitas filtrat sangat dipengaruhi oleh sifat partikel halus dan ukuran pori media, sedangkan retensi padatan lebih banyak ditentukan oleh kemampuan media dan struktur cake yang terbentuk. Media dengan mesh lebih halus (450 mesh) menunjukkan keunggulan dalam menahan residu dengan nilai efisiensi stabil tinggi, tetapi efisiensi filtrat relatif rendah. Sebaliknya, media dengan mesh lebih kasar (350 mesh) memungkinkan variasi yang lebih besar pada efisiensi filtrat, meskipun kemampuan menahan residu sedikit berkurang (McCabe, Smith and Harriot, 1993) (Geankoplis, 1993).

Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menekankan bahwa filtrasi ekstrak nikel dengan partikel halus sering kali menghasilkan filtrat yang kurang jernih meskipun residu tertahan dengan baik (Mahdi, Hunter and Holdich, 2019) (Hennemann, Gastl and Becker, 2021). Adanya perbedaan pengaruh ukuran media filter, di mana media yang lebih halus memberikan resistansi lebih besar dan menahan padatan lebih efektif, tetapi tidak sepenuhnya meningkatkan kejernihan filtrat (Lam, Anlauf and Nirschl, 2021). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat keterbatasan media filtrasi dalam memisahkan partikel halus dari larutan hasil ekstraksi bijih nikel laterit.

4. Kesimpulan

Penggunaan konsentrasi ekstrak nikel 4% dan pemilihan media filter nylon 350 mesh dapat diterapkan untuk filtrasi menggunakan alat *vertical pressure filter* hidrolik karena diperoleh nilai α dan R_m yang paling rendah. Hasil filtrasi cairan ekstrak nikel menggunakan alat *vertical pressure filter* hidrolik menunjukkan nilai % efisiensi filtrat yang rendah dan nilai % efisiensi residu yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa alat *vertical pressure filter* hidrolik mampu menahan sebagian besar padatan, walaupun cairan hasil filtrasi masih mengandung partikel halus atau koloid yang lolos melewati pori-pori.

References

- Asnawi, I., Perdana, E.A., Wijayanto, H.L., Afandy, M., Fathurrsuli, Rianto, M.I. and Pangalila, R.Y.A.H. (2025) 'Rancang bangun vertical pressure filter hidrolik untuk pemisahan padat-cair ekstrak nikel', *Jurnal Crankshaft*, 8(2), pp. 50–58.
- Astuti, W., Nurjaman, F., Mufakhir, F.R., Sumardi, S., Avista, D., Wanta, K.C. and Petrus, H.T.B.M. (2023) 'A novel method: Nickel and cobalt extraction from citric acid leaching solution of nickel laterite ores using oxalate precipitation', *Minerals Engineering*, 191, p. 107982. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107982>.
- Beglinger, L., Zürcher, D., Steinert, D., Nussbaumer, T. and Biela, J. (2024) 'Experimental evaluation of bearingless spinline topologies', *Separation and Purification Technology*, 350, p. 127845. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127845>.
- Geankoplis, C.J. (1993) *Transport processes and unit operations*. 3rd edn. New Jersey: Prentice Hall International.
- Habashi, F. (2013) 'Extractive metallurgy and national policy', *International Journal of Nonferrous Metallurgy*, 2, pp. 31–34. Available at: <https://doi.org/10.4236/ijnm.2013.22004>.
- Haramkar, S.S., Thombre, G.N., Jadhav, S.V. and Thorat, B.N. (2021) 'The influence of particle size, shape and distribution on cake filtration mechanics: A short review', *Comptes Rendus Chimie*, 24(1), pp. 255–265. Available at: <https://doi.org/10.5802/crchim.84>.
- He, F., Ma, B., Wang, C., Chen, Y. and Hu, X. (2023) 'Surfactant-enhanced extraction of valuable metals from limonitic laterite: Porous kinetics and mechanism analysis', *Process Safety and Environmental Protection*, 172, pp. 1099–1109. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.02.074>.
- Hennemann, M., Gastl, M. and Becker, T. (2021) 'Influence of particle size uniformity on the filter cake resistance of physically and chemically modified fine particles', *Separation and Purification Technology*, 272, p. 118966. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118966>.
- Kenzhegali, M.S. and Yeldar, N. (2023) 'Complex Ni and Co extraction from leached nontronitized serpentinite via hydrometallurgical process at atmospheric pressure', *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Chemistry and Technology*, 6, pp. 62–71. Available at: <https://doi.org/10.31643/2023.07>.

Isran Asnawi, Maichel Sampeangin, Eriek Aristya Pradana Putra, Moh. Afandy, Hendi Lilih Wijayanto

asnawi.isran@gmail.com: Evaluasi Proses Filtrasi pada Alat Vertical Pressure Filter Hidrolik untuk Pemisahan Padat-Cair Ekstrak Nikel

- Kuhn, M., Pergam, P. and Briesen, H. (2020) 'Parameter estimation for incompressible cake filtration: Advantages of a modified fitting method', *Chemical Engineering and Technology*, 43(3), pp. 493–501. Available at: <https://doi.org/10.1002/ceat.201900511>.
- Lam, Z., Anlauf, H. and Nirschl, H. (2021) 'Thin-film filtration of difficult-to-filter suspensions using polymeric membranes', *Chemical Engineering and Technology*, 44(8), pp. 1479–1487. Available at: <https://doi.org/10.1002/ceat.202000615>.
- Long, Y., Liu, Z., Zong, Q., Jing, H. and Lu, C. (2024) 'Study on the structural characteristics of mesh filter cake in drip irrigation based on the growth stage of filter cake', *Agriculture*, 14, p. 1296. Available at: <https://doi.org/10.3390/agriculture14081296>.
- Mahdi, F.M. and Holdich, R.G. (2013) 'Laboratory cake filtration testing using constant rate', *Chemical Engineering Research and Design*, 91(6), pp. 1145–1154. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2012.11.012>.
- Mahdi, F.M., Hunter, T.N. and Holdich, R.G. (2019) 'A study of cake filtration parameters using the constant rate process', *Processes*, 7, p. 746. Available at: <https://doi.org/10.3390/pr7100746>.
- McCabe, W.L., Smith, J.C. and Harriott, P. (1993) *Unit operations of chemical engineering*. 5th edn. New York: McGraw-Hill.
- Nulhakim, L., Astawa, I.D.R.R. and Marten, D. (2022) 'Evaluasi efektivitas kinerja filter press plate and frame pada proses pemanenan *Spirulina* sp.', *Jurnal Migasian*, 6(2), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.36601/jurnal-migasian.v6i2.218>.
- Nuryoto (2023) 'Studi proses dewatering di unit pengolahan air limbah menggunakan plate-frame filter press: Pengaruh konsentrasi dan jenis filter', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), pp. 235–241. Available at: <https://doi.org/10.55981/jtl.2023.218>.
- Saputri, R.Y., Nisa, Q.A.K., Yulianto, M.E. and Paramita, V. (2019) 'Effect of pressure differences on sludge filtration process efficiency by using plate filter press', *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, 1(2), pp. 22–26. Available at: <https://doi.org/10.14710/jvsar.v1i2.6280>.
- Tan, P.H.P. (2022) 'Macroeconomic analysis of the Indonesian nickel industry using DEPEST analysis', *Ultima Management: Jurnal Ilmu Manajemen*, 14(2). Available at: <https://doi.org/10.31937/manajemen.v14i2.2933>.
- Tarleton, E.S. (2005) *Solid/liquid separation: Principles of industrial filtration*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Yulifianti, A.L., Eristi, B., Puspita, M. and Handayani, D. (2019) 'Filtrasi ampas jahe menggunakan filter press', *Metana*, 15(2), pp. 43–48. Available at: <https://doi.org/10.14710/metana.v15i2.25086>