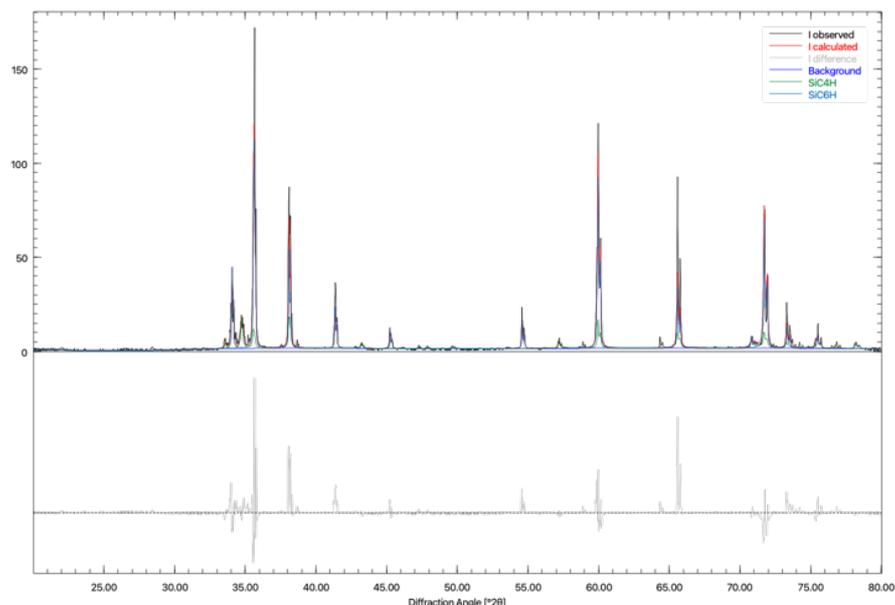


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi SiC

Karakterisasi bijih silikon karbida (SiC) dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD) agar unsur dan fase yang terdapat dalam sampel diketahui. Data hasil pengujian XRD selanjutnya diolah menggunakan *software* Profex versi 5.2.5, yang merupakan *software open-source* yang banyak digunakan dalam analisis pola difraksi. Pola difraksi yang diperoleh dari pengujian XRD dibandingkan dengan *database* yang ada di dalam perangkat lunak tersebut melalui metode *Search and Match*. Metode ini bertujuan untuk mencocokkan puncak-puncak difraksi yang dihasilkan dari sampel dengan pola difraksi fase kristalin yang tersimpan dalam *database*.



Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD Conto SiC

Proses iterasi dilakukan sebanyak tiga kali untuk memastikan keakuratan fase yang teridentifikasi. Iterasi dilakukan secara bertahap, dan fase yang memiliki nilai *Figure of Merit* (FoM) tertinggi dipilih untuk dilakukan *refinement* lebih lanjut. Nilai FoM yang rendah menunjukkan bahwa fase yang diidentifikasi memiliki kecocokan yang baik dengan data referensi, sedangkan nilai yang sangat tinggi menunjukkan ketidaksesuaian. Pada iterasi ketiga, ditemukan bahwa fase dengan nilai FoM tertinggi memiliki fraksi sebesar 0,00, yang menunjukkan bahwa fase tersebut sangat kecil atau tidak signifikan dalam data yang diukur. Hasil *refinement* ini mengonfirmasi bahwa sampel silikon karbida yang digunakan memiliki kemurnian yang sangat tinggi, dengan seluruh puncak difraksi yang teridentifikasi secara konsisten mencocokkan fase silikon karbida tanpa adanya indikasi fase lain yang signifikan [34]. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa bijih silikon karbida yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan mendekati 100% kemurnian, sehingga dapat digunakan.

4.2 Grain Counting

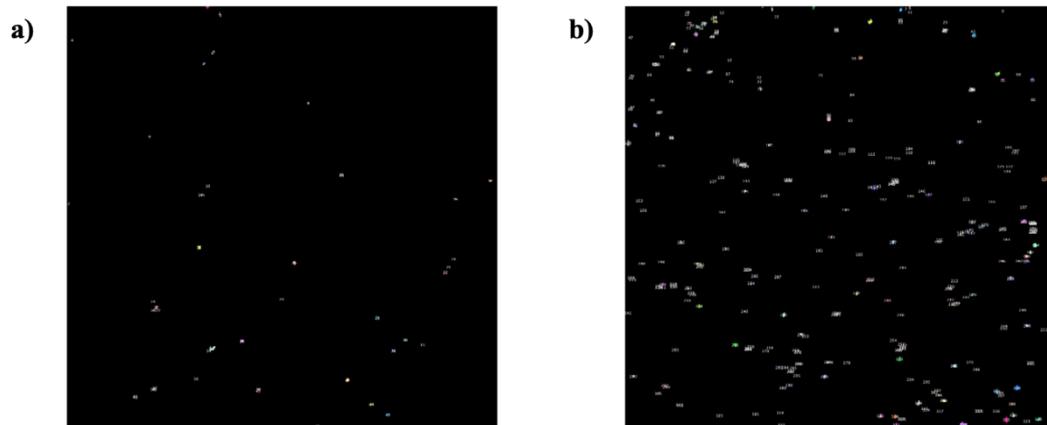
Grain counting adalah metode analisis yang digunakan untuk menghitung jumlah butiran mineral dalam sampel, yang dalam penelitian ini diterapkan untuk menentukan kandungan konsentrat bijih silikon karbida (SiC) dan silikon dioksida (SiO₂). Metode ini dilakukan melalui analisis gambar digital menggunakan *software open-source* ImageJ 1.53t, yang memungkinkan pengolahan gambar secara otomatis untuk menghitung jumlah butiran berdasarkan citra yang dihasilkan. Untuk memvalidasi keakuratan penggunaan ImageJ dalam metode *grain counting*,

dilakukan perbandingan antara metode *grain counting* secara manual dengan menggunakan ImageJ. Gambar 4.2 merupakan sampel konsentrat yang telah didapat dari hasil flotasi. Jumlah butir dari konsentrat telah dihitung secara manual dengan bantuan kaca pembesar menunjukkan bahwa sampel konsentrat mengandung 46 butir SiC dan 335 butir SiO₂.



Gambar 4.2 Sampel Konsentrat

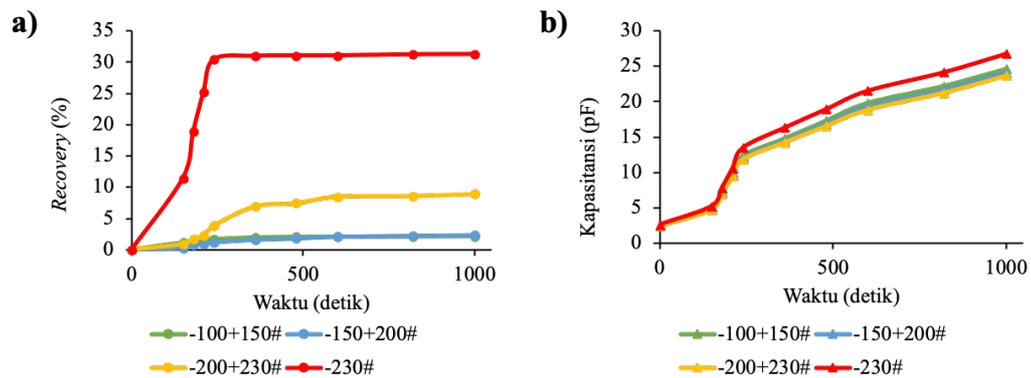
Selanjutnya, dilakukan analisis menggunakan ImageJ yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dari analisis menggunakan ImageJ, terdeteksi 48 butir SiC dan 338 butir SiO₂. Meskipun terdapat sedikit perbedaan antara hasil perhitungan manual dan hasil dari ImageJ, selisih yang dihasilkan masih dalam batas wajar. Selisih yang kecil ini menunjukkan bahwa ImageJ cukup akurat dan dapat diandalkan sebagai teknologi untuk metode *grain counting* dalam penelitian ini. Dengan demikian, validasi ini menegaskan bahwa *software* ImageJ dapat digunakan sebagai alternatif yang efisien dan tepat dalam menghitung jumlah butir mineral secara otomatis.



Gambar 4.3 Hasil Analisis Sampel Konsentrat dengan ImageJ. a) SiC, b) SiO₂

4.3 Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap *Recovery* dan Kapasitansi

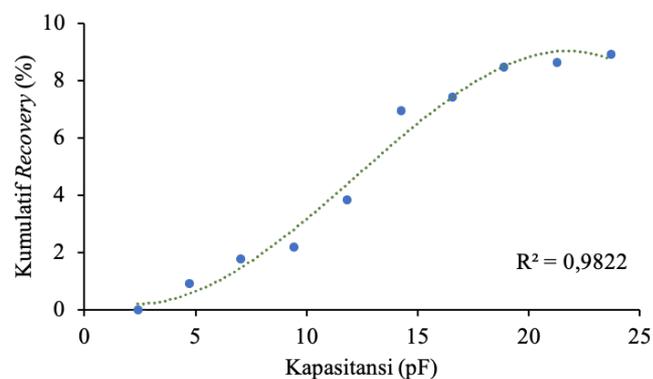
Ukuran partikel dari *feed* merupakan salah satu hal yang berperan penting dalam menentukan seberapa baik proses flotasi dapat berlangsung. Ukuran partikel dapat memengaruhi kemampuan partikel untuk mengapung (*floatability*). Hal ini berarti, semakin kecil atau semakin halus ukuran partikelnya, kemungkinan partikel untuk mengapung dalam proses flotasi akan semakin baik. Sebaliknya, partikel yang lebih besar atau lebih kasar memiliki kemungkinan kemampuan untuk mengapung yang kurang baik [25]. Pada penelitian ini partikel SiC dan SiO₂ sintetik diayak menggunakan *sieve* agar ukuran partikel sesuai dengan variasi yang akan digunakan, yaitu -100+150#, -150+200#, -200+230#, dan -230#. Dosis *frother* yang digunakan pada variasi ukuran partikel ini adalah 50 ppm dengan dosis kolektor 40 ppm.



Gambar 4.4 Kurva Hubungan *Recovery* dan Kapasitansi terhadap Waktu dari Variasi Ukuran Partikel a) *Recovery*, b) Kapasitansi

Gambar 4.4 menunjukkan *recovery* tertinggi dihasilkan oleh partikel paling halus, yaitu -230#, dengan nilai *recovery* sebesar 31,28% dan kapasitansi 26,8 pF. Sebaliknya, *recovery* terendah diperoleh dari partikel paling kasar, yakni -100+150#, dengan nilai *recovery* 2,17% dan kapasitansi 24,6 pF. Pada ukuran partikel -150+200#, *recovery* yang diperoleh sedikit lebih tinggi, yaitu 2,35%, namun kapasitansinya menurun menjadi 24,1 pF. Lalu, pada ukuran partikel -200+230#, *recovery* tercatat sebesar 8,93% dengan kapasitansi 23,7 pF. Perbedaan pergerakan tren antara partikel yang paling halus, yaitu -230#, dan partikel yang paling kasar, yaitu -100+150#. Di lihat pada rentang waktu 0-200 detik, ukuran partikel -230# memiliki laju *recovery* yang lebih cepat dari ukuran partikel -100+150#. Bentuk tren kapasitansi yang dihasilkan dari kedua ukuran partikel tersebut cenderung mirip, namun tren kapasitansi dari ukuran partikel -230# cenderung lebih tinggi. Untuk rentang waktu 200-1000 detik, ukuran partikel -230# masih mengalami kenaikan yang signifikan hingga di waktu 240 detik sebelum

akhirnya tren bergerak mendatar. Sementara untuk ukuran partikel -100+150# dalam rentang waktu tersebut sudah tidak mengalami kenaikan yang signifikan sejak 210 detik. Berdasarkan hal tersebut, ketika ukuran partikel semakin kecil, luas permukaan yang dapat berinteraksi dengan *frother* dan kolektor juga semakin besar, sehingga proses flotasi berjalan dengan lebih efisien, dilihat dari nilai *recovery* yang didapat semakin tinggi. Ukuran partikel kasar cenderung kurang bisa menempel dengan baik pada gelembung, sehingga hasil flotasi kurang baik dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih halus. Namun, ukuran partikel yang sangat halus juga kurang baik untuk proses flotasi karena massa dan inersianya yang kecil [30]. Dari data *recovery* dan kapasitansi yang diperoleh, dapat dinyatakan bahwa sensor berbasis kapasitansi, melalui sinyal kapasitansi yang didapat, mampu untuk mengetahui performa metalurgis.



Gambar 4.5 Kurva Hubungan Kapasitansi Terhadap *Recovery* pada Ukuran Partikel -200+230#

Pada variasi ukuran partikel, dilakukan pendekatan matematis dengan polinomial orde 4, karena hasil regresi mendekati 1. Pendekatan matematis ini

dapat memprediksi nilai *recovery* berdasarkan kapasitansi. Persamaan ini dapat membantu menjelaskan bagaimana kapasitansi dapat digunakan untuk memperkirakan *recovery*. Ukuran partikel termasuk variabel bebas, yang artinya nilainya dapat diatur. Dalam hal ini, nilai *recovery*, sebagai variabel terikat, nilainya akan berubah sesuai dengan perubahan ukuran partikel nya. Kurva kapasitansi terhadap *recovery* pada Gambar 4.5 merupakan kurva variasi ukuran partikel - 200+230# yang menghasilkan Persamaan 4.1 dengan $R^2 = 0,9822$, di mana hal ini menunjukkan kedekatan model dan data aktualnya.

$$y = -1 \times 10^{-5}x^4 - 0,0019x^3 + 0,0789x^2 - 0,3315x + 0,5651 \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan:

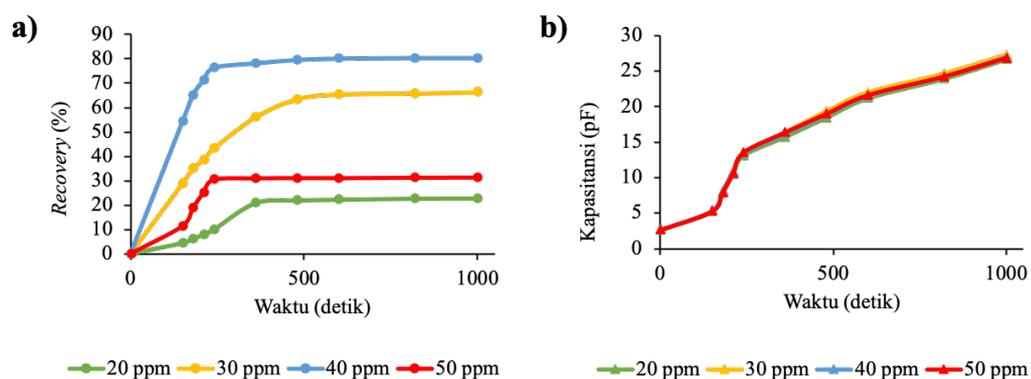
y = Nilai *recovery* flotasi (%)

x = Nilai kapasitansi (pF)

4.4 Pengaruh Dosis *Frother* Terhadap *Recovery* dan Kapasitansi

Selama proses aerasi dalam flotasi kolom, gelembung-gelembung udara yang terbentuk tidak stabil dan mudah pecah ketika berinteraksi dengan partikel padat. Ketidakstabilan ini disebabkan oleh kontak antara gelembung dan partikel yang dapat menyebabkan gelembung pecah, sehingga dapat mengurangi efektivitas proses flotasi. Untuk menghindari masalah tersebut, diperlukan penambahan *frother*. *Frother* berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan, dan membantu membentuk buih (*froth*) yang lebih stabil. Dengan menggunakan *frother*, ukuran gelembung dapat dikendalikan dan stabilitas buih dapat ditingkatkan, sehingga

memungkinkan partikel-partikel mineral berharga untuk terangkat dengan lebih efisien ke permukaan. Stabilitas buih yang meningkat juga memudahkan pemisahan partikel mineral dari pengotornya, sehingga keberhasilan keseluruhan proses flotasi kolom dapat dicapai. *Frother* mampu untuk membuat gelembung stabil sehingga gelembung tidak mudah pecah dikarenakan cara kerja *frother* yang dapat membentuk lapisan tipis [33]. Pada penelitian ini variasi dosis *frother* digunakan untuk dapat menghasilkan perbedaan distribusi gelembung dan ketebalan *froth* (busa). *Pine oil* digunakan sebagai *frother* dalam penelitian ini, yang merupakan *frother* jenis alkohol berbentuk siklik sehingga mudah larut dalam air. Selain itu, *pine oil* mudah didapatkan dan juga lebih ekonomis dibanding dengan jenis *frother* lainnya. Variasi dosis *frother* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm dengan laju alir 2,5 L/m dan dosis kolektor sebagai variabel tetap yang digunakan yaitu 40 ppm. Dari proses *monitoring* flotasi kolom dengan variasi dosis *frother* yang telah dilakukan, didapatkanlah kurva *recovery* dan kapasitansi seperti Gambar 4.6 berikut.



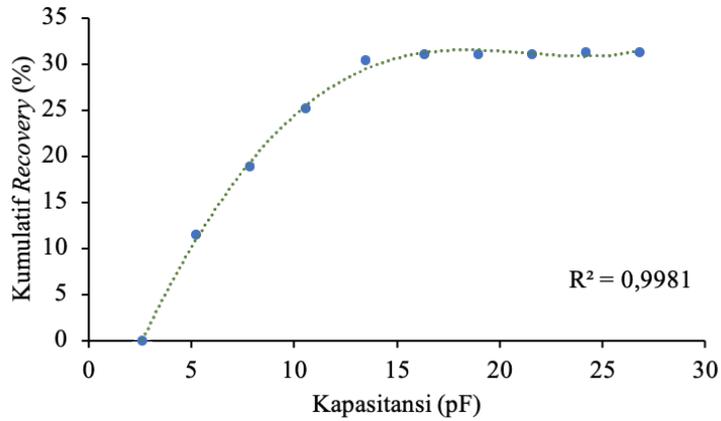
Gambar 4.6 Kurva Hubungan *Recovery* dan Kapasitansi terhadap Waktu dari Variasi Dosis *Frother* a) *Recovery*, b) Kapasitansi

Gambar 4.6 menunjukkan tren dari kurva *recovery* mulai mengalami peningkatan dari detik 0 hingga berada di waktu sekitar 360 detik (6 menit), setelah itu tren mulai mendatar hingga proses pengambilan konsentrat selesai. Untuk perolehan nilai kumulatif *recovery* pada dosis *frother* 20 ppm adalah 22,71% dengan kapasitansi 26,6 pF, nilai kumulatif *recovery* untuk 30 ppm adalah 66,26% dengan kapasitansi 27,27 pF, untuk kumulatif *recovery* 40 ppm adalah 80,25% dengan kapasitansi 26,91 pF, dan untuk kumulatif *recovery* 50 ppm adalah 31,28% dengan kapasitansi 26,8 pF. Berdasarkan analisis kurva *recovery* tersebut, hasil kumulatif *recovery* dan kapasitansi tertinggi dihasilkan pada variasi *frother* 40 ppm. Sementara untuk nilai *recovery* paling rendah dihasilkan oleh dosis *frother* 20 ppm. Jika keempat variasi dosis *frother* dibandingkan, terlihat bahwa pada 40 ppm, tren *recovery* dan kapasitansi mengalami peningkatan yang sangat signifikan dibanding tiga variasi dosis *frother* lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan dosis *frother* dapat meningkatkan persentase *recovery* yang didapatkan. Akan tetapi, ketika dosis *frother* telah mencapai titik maksimum perolehan, maka untuk penambahan dosis *frother* akan menyebabkan penurunan nilai *recovery* karena sudah tidak memberi pengaruh yang berarti.

Peningkatan dosis *frother* dapat meningkatkan stabilitas buih, namun jika dosisnya terlalu tinggi, buih yang sangat stabil dapat mengakibatkan *entrainment* non-selektif, di mana partikel *hydrophilic* yang berperan sebagai pengotor juga terangkat bersama partikel *hydrophobic*, sehingga efisiensi pemisahan menurun. Dosis *frother* 40 ppm memberikan keseimbangan yang lebih baik antara stabilitas

buih dan selektivitas, sehingga menghasilkan *recovery* yang lebih tinggi [34]. Dengan dosis *frother* 50 ppm, *recovery* yang dihasilkan menurun karena dosis yang terlalu tinggi, sehingga dapat mengganggu pembentukan kontak efektif antara gelembung dan partikel mineral. Terlalu banyak *frother* dapat menghambat perlekatan gelembung pada partikel *hydrophobic* dan mengurangi kecepatan flotasi, karena mengganggu pembentukan kontak antara *gas-liquid-solid* serta memperlambat reaksi kinetika dalam proses flotasi [25].

Pada variasi dosis *frother*, dosis 20 ppm merupakan dosis terkecil sementara 50 ppm merupakan dosis terbesar. Terlihat pada Gambar 4.6, tren kapasitasansi dari kedua dosis tersebut memiliki kemiripan, di mana pada rentang waktu 0-200 detik, tren kapasitasansi yang dimiliki kedua variasi terlihat sangat rapat atau berdempetan. Namun, nilai kapasitasansi dari 50 ppm sedikit lebih tinggi dibanding dengan variasi 20 ppm. Selain itu, pada rentang waktu tersebut tren kumulatif *recovery* 20 ppm dan 50 ppm mengalami kenaikan yang hampir sama, namun untuk dosis 20 ppm cenderung lebih lambat kenaikannya dibandingkan dengan dosis 50 ppm. Pada rentang waktu 200-1000 detik, tren *recovery* dari 20 ppm masih mengalami kenaikan hingga pada waktu 360 detik dan bergerak datar hingga akhir. Sementara tren kumulatif *recovery* dosis 50 ppm telah berhenti naik ketika berada di 240 detik karena setelah itu tren bergerak mendatar.



Gambar 4.7 Kurva Hubungan Kapasitansi Terhadap *Recovery* pada Dosis *Frother* 50 ppm.

Gambar 4.7 merupakan kurva yang menunjukkan hubungan kapasitansi terhadap *recovery* dari variasi dosis *frother* 50 ppm. Karena dosis *frother* merupakan variabel bebas, nilainya dapat diatur secara fleksibel. Nilai *recovery* yang dihasilkan merupakan variabel terikat yang akan berubah sesuai dengan perubahan dosis *frother*. Dari kurva tersebut dilakukan pendekatan polinomial orde 4 untuk memprediksi nilai *recovery* berdasarkan kapasitansi nya. Persamaan 4.2 memiliki $R^2 = 0,9981$, di mana hal ini menunjukkan kecocokan antara model dan data aktual.

$$y = 0,0001x^4 - 0,0017x^3 - 0,1754x^2 + 5,5913x - 13,317 \dots\dots\dots(4.2)$$

Keterangan:

y = Nilai *recovery* flotasi (%)

x = Nilai kapasitansi (pF)