

Studi Pengolahan Bijih Mangan Desa Kumbewaha, Kabupaten Buton Dengan Metode Hidrometalurgi Dalam Suasana Asam

WD. Rizky Awaliah^a, Sri Yesfisari^b, Firdaus Firdaus^c, Wahab Wahab^d,

^{abcd}Teknik Pertambangan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

email: wdkiki.awaliah@uho.ac.id

ARTICLE INFO

Sejarah artikel:

Diterima: 30 Mei 2023

Direvisi: 13 Juni 2023

Diterbitkan: 30 Juni 2023

Keywords:

Asam sulfat, bijih mangan, hidrometalurgi, pelindian

How to cite this article:

Awaliah, W. R., Yesfisari, S., Firdaus, F., Wahab, W. (2023). Studi Pengolahan Bijih Mangan Desa Kumbewaha, Kabupaten Buton Dengan Metode Hidrometalurgi Dalam Suasana Asam. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 2(1), 26-35. Doi:

<https://doi.org/10.34312/jage.v2i1.20102>

ABSTRACT

Hidrometalurgi dapat dipahami sebagai metode mengolah logam dari batuan atau bijih dengan larutan berair, atau secara khusus, hidrometalurgi adalah proses metalurgi di mana zat kimia cair digunakan untuk melarutkan partikel tertentu. Salah satu tahapan yang penting dalam jalur proses hidrometalurgi adalah proses *Leaching* atau pelindian. Pada penelitian ini dilakukan proses pelindian bijih mangan yang diperoleh dari Desa Kumbewaha, Kecamatan Siotapina, Kabupaten Buton. Dimana kadar mangan (Mn) 60,89% dan kadar besi (Fe) 0,83%. Pada tahap pelindian ini diawali dengan melakukan preparasi bijih mangan dengan mengubah ukuran hingga 200 mesh. Pelindian yang dilakukan yaitu dengan menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4), dengan variasi konsentrasi larutan 4%, 6%, 8%, 10%, persen solid pelindian 5%, 10%, 15%, 20%, temperatur pelindian 70°C, 80°C, 90°C, 100°C dan waktu pelindian selama 180 menit dengan molases 50g/l. Hasil penelitian menunjukkan persentase perolehan Mn tertinggi yaitu 91,33% diperoleh pada konsentrasi asam 10%, persen solid 20%, temperatur 100°C dan waktu pelindian 180 menit sedangkan persentase perolehan Fe tertinggi yaitu 80,01% diperoleh pada konsentrasi asam 10%, persen solid 20%, temperatur 100°C dan waktu 180 menit.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya mineral yang cukup kaya namun belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu sumber daya mineral tersebut adalah bijih mangan yang cadangannya cukup besar di Indonesia, namun terdapat di berbagai tempat di Indonesia. Potensi bijih mangan terdapat di Pulau Sumatera, Kepulauan Riau, Pulau Jawa, Pulau Kalimantan, Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua.

Pada umumnya pengolahan bijih mangan didasarkan pada pemilahan kandungan mangan, yang tidak langsung dilebur menjadi logam mangan atau diubah menjadi spons seperti bijih besi. Sebaliknya, bijih mangan langsung dilebur dengan campuran bijih besi (*sponge*) dan kapur, yang kemudian menjadi produk Fe-Mn yang merupakan bahan baku baja, dan nilai produk menjadi lebih ekonomis.

Hidrometalurgi dapat dipahami sebagai metode mengolah logam dari batuan atau bijih dengan larutan berair, atau secara khusus, hidrometalurgi adalah proses metalurgi di mana zat kimia cair digunakan untuk melarutkan partikel tertentu.

Latar belakang utama pada penelitian ini yaitu dapat mengolah bijih mangan PT. Malindo Bara Murni menjadi produk bernilai ekonomis secara efisien. Penelitian ini difokuskan pada pengolahan bijih mangan dengan menggunakan metode hidrometalurgi dalam suasana asam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi gambaran pemanfaatan sumberdaya lokal khususnya bijih mangan untuk industri dan pemurnian.

2. METODE

A. Bijih Mangan

Mangan adalah salah satu produk mineral hasil pertambangan khususnya yang terdapat di Indonesia. Bijih mangan dikenal sebagai bahan baku untuk industri baja, industri baterai, industri kimia, pertanian dan lainnya (Ginting dan Sulfiandi, 2011).

Mangan merupakan bahan galian hasil tambang, khususnya dari Indonesia. Mangan terjadi dalam bentuk batuan dalam bentuk bijih mangan. Bijih mangan dibentuk menjadi tiga jenis: bijih hidrotermal, bijih sedimen dan bijih residu. Secara umum, bijih mangan dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu mangan oksida, mangan silikat, dan mangan karbonat. Mangan oksida adalah bijih mangan dengan komposisi oksida dan paling banyak ditemukan di, misalnya, pirolusit, psilomelane, dan bixbite. Silikat mangan adalah bijih mangan yang mengandung silikat seperti brunite dan rhodonite. Mangan karbonat adalah karbonat yang mengandung mangan, misalnya rhodochrosite (Mustofa dkk, 2018).

B. Metalurgi Ekstratif Mangan dengan Hidrometalurgi

Proses hidrometalurgi melibatkan pemindahan logam dari berbagai jenis bijih, konsentrat dan limbah produk dengan larutan berair yang mengandung berbagai reagen kimia. Proses-proses ini umumnya meliputi operasi unit berikut: memanggang (tidak selalu), pencucian dengan asam, basa atau air, menghilangkan kotoran seperti besi, proses pemisahan dan pemulihan kemudian pemurnian logam yang diperoleh kembali. Bijih mangan dihancurkan, ditumbuk dan disaring kemudian diikuti oleh pencucian dengan asam yang sesuai, residu yang terlindih dipisahkan dari cairan dengan cara di filter dan ditambahkan kapur ke dalam untuk menghilangkan kotoran. Cairan murni setelah penghilangan gipsium diuapkan dan dikristalisasi menjadi bentuk mangan sulfat monohidrat.

C. Langkah langkah Dasar Dalam Hidrometalurgi

Proses penambangan logam sebenarnya tergantung pada jenis bijih dan logam. Tidak ada metode universal untuk mendapatkan logam, termasuk mangan. Langkah umum yang terlibat dalam proses metalurgi adalah: Penambangan, penghancuran bijih, penggilingan bijih menjadi serbuk halus, penghilangan kotoran asing dari bijih, dan *Leaching*.

D. Desain Faktorial Umum

Hasil desain factorial dua factor dapat diperluas ke kasus umum dimana ada a level factor A, b level factor B, c level factor C, dan seterusnya, diatur dalam percobaan factorial. Secara umum, aka nada abc . . . n pengamatan total jika ada n pengulangan dari eksperimen lengkap. Sekali lagi, perhatikan bahwa kita harus memiliki setidaknya dua ulangan ($n \geq 2$) untuk menentukan jumlah kuadrat karena kesalahan jika semua interaksi yang mungkin dimasukkan dalam model.

Misalnya, perhatikan analisis tiga factor model varians pada persamaan 1:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

$$\begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \\ l = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

Biasanya, analisis perhitungan varian akan dilakukan dengan menggunakan paket perangkat lunak statistik. Namun, rumus kompotasi manual untuk jumlah kuadrat dalam tabel 1 kadang-kadang berguna. Jumlah total kuadrat ditemukan dengan cara menggunakan persamaan 2.

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n y_{ijkl}^2 - \frac{(\sum y_{...})^2}{abcn} \quad (2)$$

Jumlah kuadrat untuk efek utama ditemukan dari total *factor* $A(y_{i...})$, $B(y_{.j.})$, dan $C(y_{..k})$ pada persamaan 3, 4, dan 5.

$$SS_A = \frac{1}{bcn} \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{(\sum y_{...})^2}{abcn} \quad (3)$$

$$SS_B = \frac{1}{acn} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{(\sum y_{...})^2}{abcn} \quad (4)$$

$$SS_C = \frac{1}{abn} \sum_{k=1}^c y_{k..}^2 - \frac{(\sum y_{...})^2}{abcn} \quad (5)$$

Rumus persentase *recovery* mangan dihitung dengan cara menggunakan persamaan 6.

$$a = \frac{c_p}{c_{p_o}} \cdot 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

α = Persentase *recovery* mangan (%)

c_{p_o} = Konsentrasi awal (ppm)

c_p = Konsentrasi fase cair (ppm)

Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Pertambangan, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian dan Laboratorium Kimia Analitik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo 3 bulan. Adapun prosedur penelitiannya adalah:

1. Persiapan Sampel

Sampel bijih mangan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Malindo Bara Murni Desa Kumbewaha, Kecamatan Siotapina, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Sampel yang diperoleh kemudian dipreparasi sebelum diuji komponen penyusunnya dengan menggunakan alat *x-ray fluorescence* (XRF).

2. Proses Pelindian

Proses pelindian dilakukan dengan memvariasikan kadar konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) 4%, 6%, 8% dan 10%, suhu 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C serta persen solid 5%, 10% 15% dan 20%. Proses pelindian diawali dengan melakukan preparasi bijih mangan dengan mereduksi ukuran hingga diperoleh 140 mesh. Proses pelindian dimulai dengan menambahkan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 50 g/l molase ke dalam reaktor, yang dipanaskan hingga suhu operasi 70 °C. Setelah suhu operasi tercapai sampel bijih mangan sebanyak 5 gr dimasukkan kedalam reaktor. Waktu pemasukkan sampel ini dihitung sebagai waktu ke – 0. Proses pelindian dilakukan selama 180 menit. Pada menit 90, 120, 150 dan 180 dilakukan pengambilan sampel larutan hasil *Leaching* masing-masing sebanyak 10 ml untuk dianalisis kadar Mn dan Fe menggunakan *Atomic Absorption Spechtroscopy* (AAS). Proses serupa juga dilakukan pada variasi konsentrasi asam 6% dan 8% dan 10%, variasi suhu operasi 80°C, 90°C dan 100°C serta variasi persen solid 10% 15% dan 20%. Setelah proses pelindian selesai, larutan sisa hasil *Leaching* kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan *tailing* dengan *leachant*.

3. Proses Analisis Larutan Hasil *Leaching* Menggunakan *Atomic Absorption Spechtroscopy*

Larutan pelindian (hingga 10 mL) ditarik setelah 90, 120, 150 dan 180 menit kemudian dianalisis kandungan unsurnya dengan *Atomic Absorption Spechtroscopy* (AAS). Hasil analisis AAS ini adalah konsentrasi unsur Mn dan Fe dalam satuan persentase (%).

3. HASIL DAN DISKUSI

A. Komposisi Bijih Mangan

Dalam penelitian menggunakan sampel bijih mangan yang diperoleh dari PT. Malindo Bara Murni yang terletak di Desa Kumbewaha, Kecamatan Siotapina, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Karakteristik bijih mangan dilakukan dengan tujuan mengetahui kandungan unsur dan mineral yang terkandung di dalam bijih mangan. Dalam penelitian ini, komposisi bijih mangan ditentukan menggunakan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF). Analisis menggunakan XRF bertujuan untuk menentukan kadar unsur yang ada dalam sampel. Dalam penelitian ini, analisis XRF dilakukan di PT. Minertech Indonesia. Sebelum dilakukan analisis, terlebih dahulu dilakukan preparasi sampel dengan cara mengecilkan ukuran sampel hingga mencapai ukuran 200 mesh. Hasil analisis XRF sampel bijih mangan disajikan pada Tabel 1.

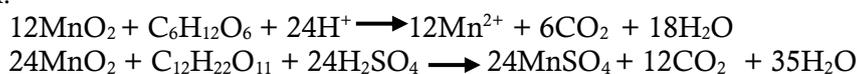
Tabel 1 Hasil Analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) sampel bijih mangan

Unsur	Kadar	
	%	ppm
Fe	0,838	8380
Co	0,023	230
Ni	0,309	3090
Al ₂ O ₃	1,835	18350
SiO ₂	6,774	67740
CaO	0,161	1610
MgO	1,483	14830
Cr ₂ O ₃	0,007	70
MnO	78,615	786150
Fe ₂ O ₃	1,197	11970
Cr	0,005	50
Al	0,972	9720
Ca	0,115	1150
Mn	60,895	608950
P	0,003	30
S	0,04	400

Berdasarkan hasil uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) sampel bijih mangan yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan kadar mangan (Mn) dan besi (Fe) masing-masing yaitu 60,895% dan 0,838%.

B. Pelindian Bijih Mangan

Proses pelindian dimulai dengan sampel bijih mangan yang ditimbang awalnya dilarutkan dalam larutan asam sulfat (H₂SO₄) dengan konsentrasi molase 4N 50 g/l. Sebanyak 95 ml larutan campuran tersebut dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam reaktor pemanas hingga mencapai suhu operasi 70°C. Setelah suhu operasi tercapai, sampel bijih mangan sebanyak 5gram ditambahkan ke dalam reaktor. Proses disolusi dilakukan selama 180 menit. Setelah menyesuaikan suhu dengan variabel, beberapa larutan ditarik dengan pipet 10 mL selama 90, 120, 150 dan 180 menit. Larutan hasil pelindian kemudian disaring dan dianalisis kadar Mn dan Fe dengan *Atomic Absorption Spechtroscopy* (AAS) untuk menentukan kadar mangan dan besi terlarut. Mekanisme reduksi dan pelarutan bijih mangan dalam media belerang dengan molase sebagai reduktor dapat dijelaskan dengan:



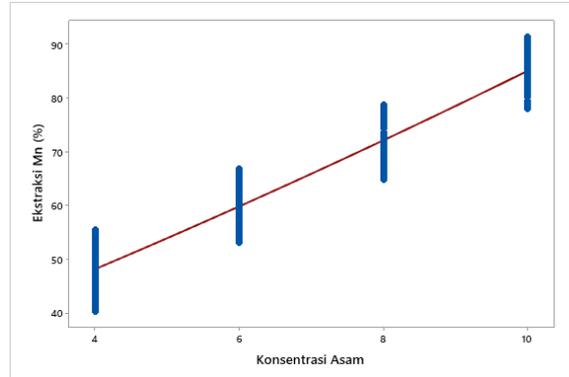
Reaksi tersebut mengasumsikan bahwa kandungan molase terdiri dari glukosa dan sukrosa. Jadi zat pereduksi dari Mn IV menjadi Mn II adalah glukosa dan fruktosa yang kemudian berdifusi dan membentuk mangan sulfat. Reaksi ini ditandai dengan keluarnya gas CO₂. Oleh karena itu, untuk

keperluan industri perlu melengkapi perangkat gas sedemikian rupa sehingga lingkungan tidak terancam.

C. Pengaruh Variabel terhadap persen ekstraksi Mangan

1. Konsentrasi Asam Sulfat

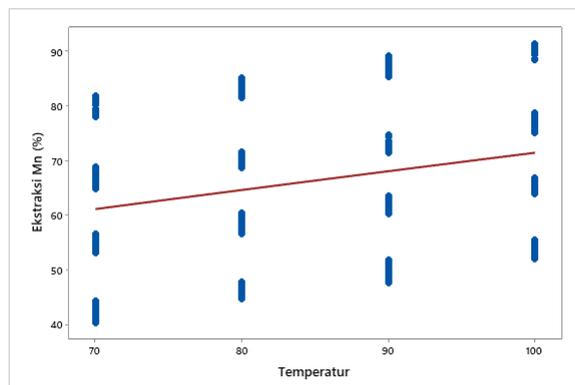
Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap ekstraksi mangan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap persen ekstraksi mangan

2. Pengaruh Temperatur

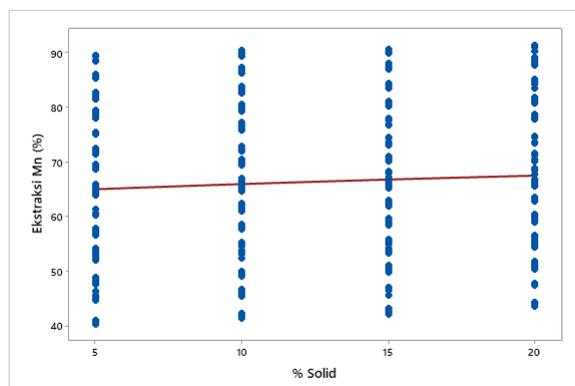
Pengaruh temperatur terhadap persen ekstraksi mangan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh temperatur pelindian terhadap persen ekstraksi mangan

3. Pengaruh Persen Solid

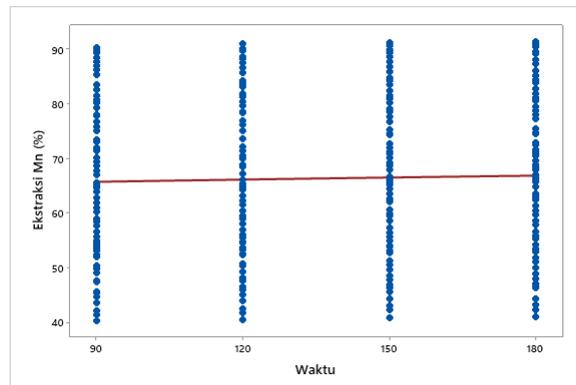
Pengaruh persen solid terhadap persen ekstraksi mangan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh persen solid pelindian terhadap persen ekstraksi mangan

4. Pengaruh Waktu Pelindian

Pengaruh persen solid terhadap persen ekstraksi mangan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengaruh waktu pelindian terhadap persen ekstraksi mangan

D. Menentukan Variabel yang Paling Berpengaruh Menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA)

Analysis of Variance 3 Faktor digunakan untuk menentukan variabel mana yang paling berpengaruh terhadap persentase perolehan Mangan dan Besi yang didapatkan. Hasil perhitungan ANOVA 3 Faktor disajikan pada Tabel 2. dan Tabel 3.

Tabel 2. Data hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) pelindian mangan

Source	DF	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Rank
Konsentrasi Asam Sulfat	3	92.24%	96840.8	32280.3	287368.62	0.000	1
Temperatur	3	7.20%	7558.2	2519.4	22428.30	0.000	2
Persen Solid	3	0.42%	441.9	147.3	1311.33	0.000	3
Waktu	3	0.09%	91.6	30.5	271.77	0.000	4
Eror	499	0.05%	56.1	0.1			
Total	511	100.00%	104989				

Tabel 3. Data hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) pelindian besi

Source	DF	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Rank
Konsentrasi Asam Sulfat	3	85.94%	228315	76104.9	2728.48	0.000	1
Temperatur	3	7.85%	20855	6951.7	249.23	0.000	2
Persen Solid	3	0.58%	1546	515.2	18.47	0.000	3
Waktu	3	0.38%	1020	340.1	12.19	0.000	4
Eror	499	5.24%	13918	27.9			
Total	511	100.00%	265654				

Faktor yang paling besar pengaruhnya terhadap kandungan mangan dan besi pada detergen dapat ditentukan dengan nilai muatannya atau dapat juga diurutkan dengan besar kecilnya selisih F0. Dalam hal ini, Ftabel biasanya didefinisikan sebagai 0,05 (bila 5%, nilai horizontal v1 adalah derajat kebebasan variabel (konsentrasi asam sulfat, suhu, fraksi padat, dan waktu), sedangkan v2 (vertikal) adalah derajat kebebasan dari kesalahan.

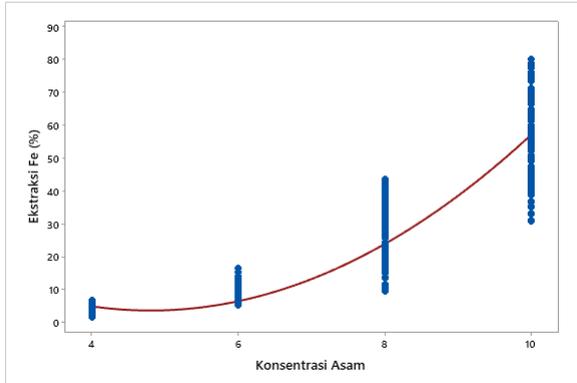
Hasil perhitungan ANOVA pada Tabel 2 dan Tabel 3 urutan faktor yang paling berpengaruh pada persentase perolehan mangan dan besi dalam *Leaching*. Faktor dominan dalam persentase mangan yaitu konsentrasi asam sulfat, diikuti oleh temperatur, persen solid, dan waktu pelindian. Sedangkan faktor dominan persentase besi yaitu konsentrasi asam sulfat, diikuti oleh temperatur, persen solid dan waktu pelindian.

Keakuratan perhitungan ANOVA dapat dilihat dari nilai $S = \sqrt{MS_E}$ yang menunjukkan besar *error* dalam perhitungan dan nilai $R^2 = 1 - (SSE/SST)$. Semakin kecil nilai S dan semakin mendekati 1 nilai R^2 maka ketelitian perhitungan akan semakin baik.

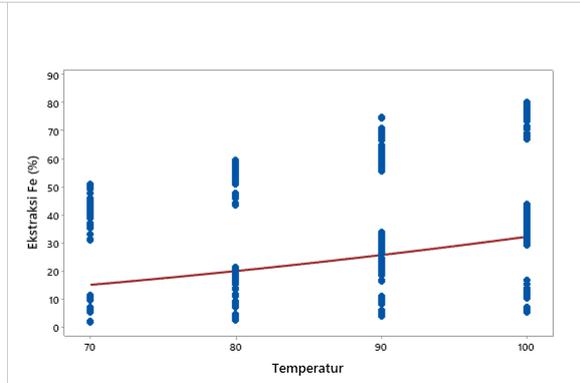
E. Pengaruh Variabel Terhadap Persen Ekstraksi Besi

1. Konsentrasi Asam Sulfat

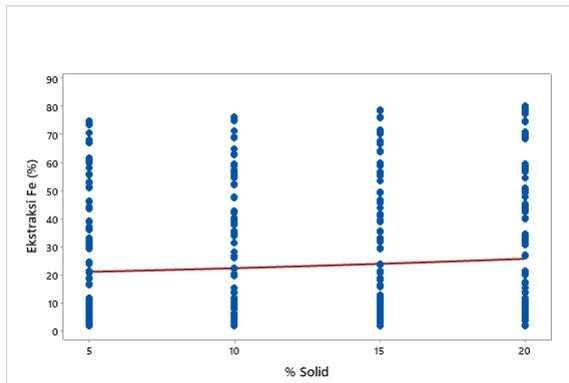
Pengaruh konsentrasi asam sulfat, temperature, persen solid, dan waktu terhadap persen ekstraksi besi disajikan pada Gambar 5, 6, 7, dan 8



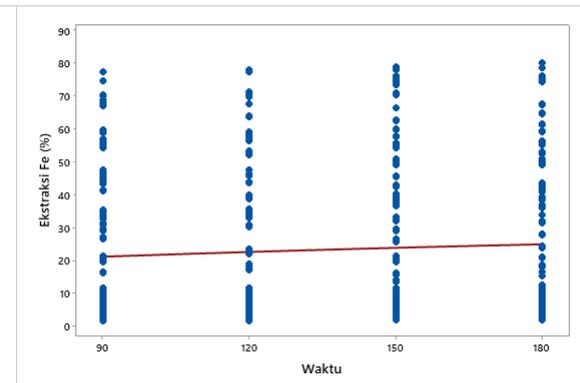
Gambar 5 Pengaruh konsentrasi asam sulfat



Gambar 6 Pengaruh temperatur



Gambar 7 Pengaruh persen solid

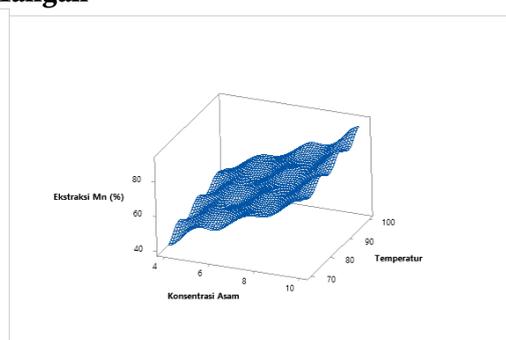
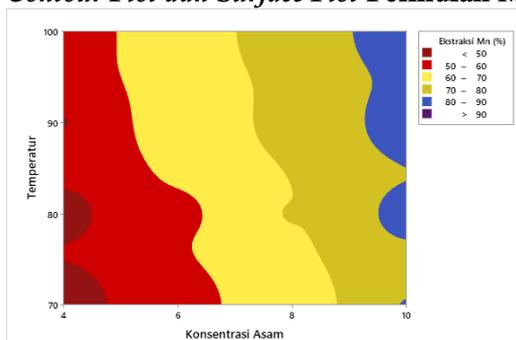


Gambar 8 Pengaruh waktu

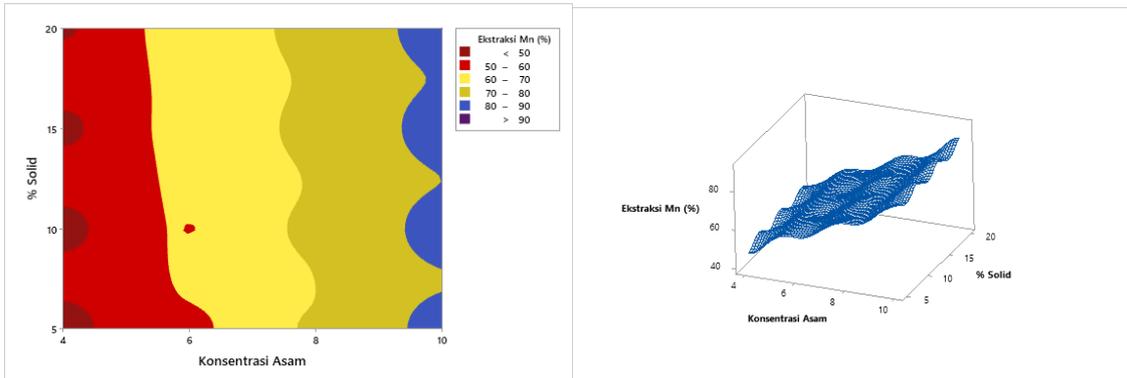
F. *Contour Plot* dan *Surface Plot* Kondisi Optimum Pelindian

Contour plot dan *surface plot* disusun untuk menentukan kondisi optimum mangan dan besi serta untuk menggambarkan hubungan persentase perolehan mangan dan besi dengan variabel konsentrasi asam, persen solid, temperatur dan waktu. *Contour plot* dan *surface plot* dibuat menggunakan *Software Minitab*.

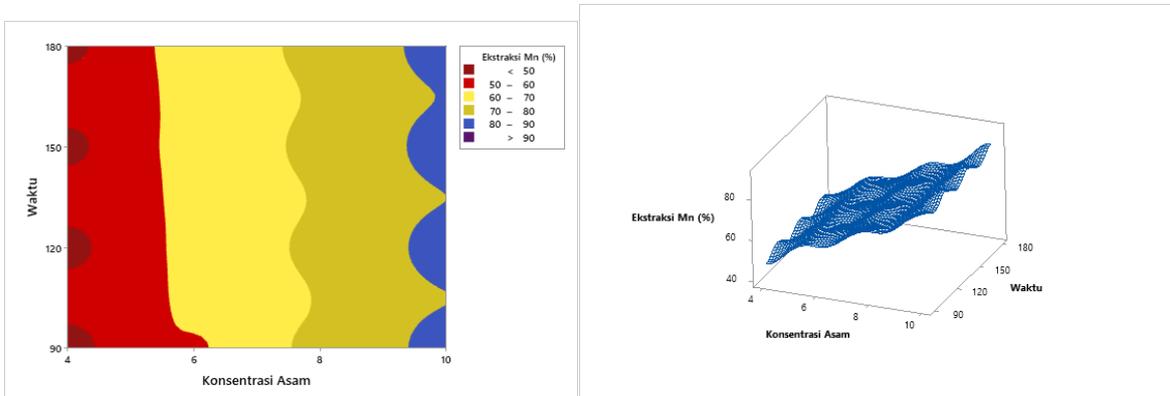
1. *Contour Plot* dan *Surface Plot* Pelindian Mangan



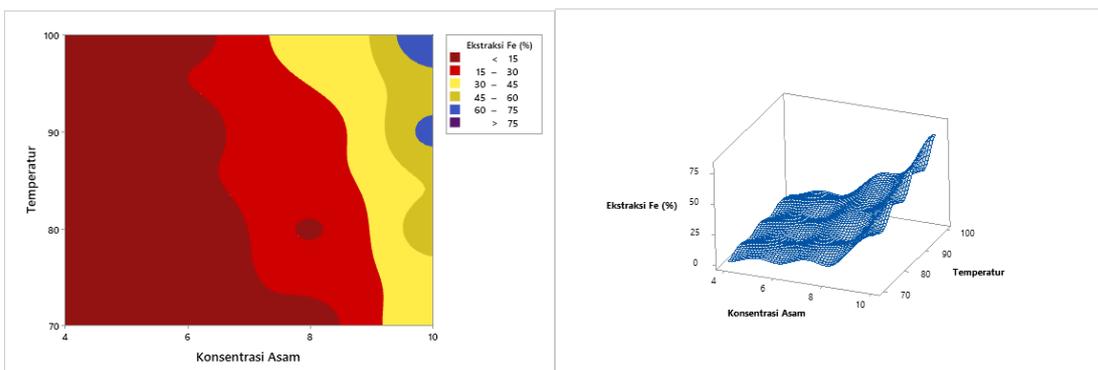
Gambar 9. (a) *Contour plot* dan (b) *Surface plot* persen ekstraksi mangan terhadap konsentrasi asam sulfat dan temperatur



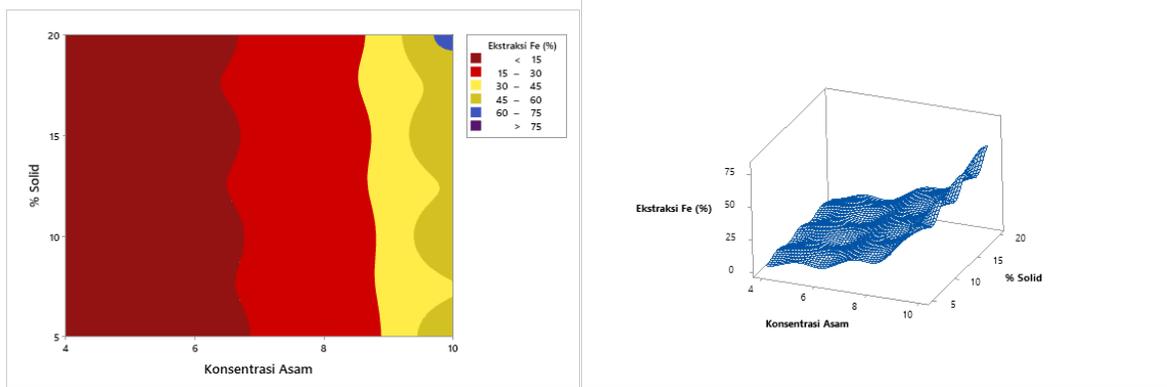
Gambar 10. (a) *Contour plot* dan (b) *Surface plot* persen ekstraksi mangan terhadap konsentrasi asam sulfat dan persen solid



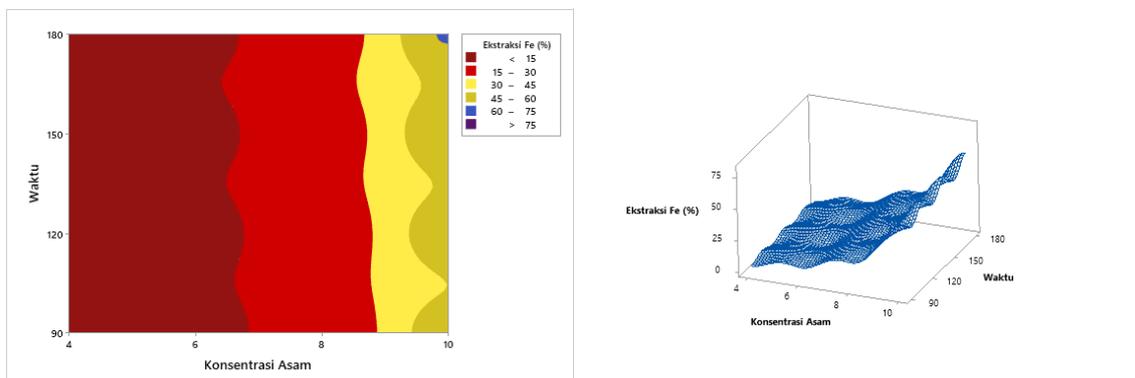
Gambar 11. (a) *Contour plot* dan (b) *Surface plot* persen ekstraksi mangan terhadap konsentrasi asam sulfat dan waktu



Gambar 12 (a) *Contour plot* dan (b) *Surface plot* persen ekstraksi besi terhadap konsentrasi asam sulfat dan temperatur



Gambar 13. (a) *Contour plot* dan (b) *Surface plot* persen ekstraksi besi terhadap konsentrasi asam sulfat dan persen solid



Gambar 14. (a) *Contour plot* dan (b) *Surface plot* persen ekstraksi besi terhadap konsentrasi asam sulfat dan waktu

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Persentase perolehan Mn terendah yaitu 40,33% pada keadaan konsentrasi 4%, persen solid 5%, temperatur 70°C dan waktu 90 menit, sedangkan persentase perolehan Mn tertinggi yaitu 91,33% pada keadaan konsentrasi 10%, persen solid 20%, temperatur 100°C dan waktu 180 menit. Sedangkan untuk persentase Fe terendah yaitu 1,63% pada keadaan konsentrasi 4%, persen solid 5%, temperatur 70°C dan waktu 90 menit, sedangkan persentase perolehan Fe tertinggi yaitu 80,01% pada keadaan konsentrasi 10%, persen solid 20%, temperature 100°C dan waktu 180 menit. Hal ini menunjukkan peningkatan *recovery* Mn dan Fe seiring dengan kenaikan konsentrasi asam, temperatur, persen solid dan waktu.
2. Variabel yang paling berpengaruh dari hasil penelitian ini dapat diketahui melalui *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan urutan faktor yang paling berpengaruh dalam proses pelindian Mangan yaitu konsentrasi asam sulfat jika diurutkan maka variabel tersebut adalah konsentrasi asam sulfat, temperatur, persen solid dan waktu pelindian. Sedangkan faktor yang paling dominan pada proses pelindian besi yaitu konsentrasi asam sulfat jika diurutkan juga maka variabel tersebut adalah konsentrasi asam sulfat, temperatur, persen solid, waktu pelindian.

5. REFERENSI

- Baba, A. A., Ibrahim, L., Adekola, F. A., Bale, R. B., Ghosh, M. K., Sheikh, A. R., Pradhern, S. R., Ayanda, O. S., Folerunsho, I. O. 2014, Hydrometallurgical Processing Of Manganese Ores: A Review. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, **2**, P.234-238.
- Ginting, I., Sulfiandi, D. 2011, Percobaan Peningkatan Kadar Mangan Menggunakan Magnetic Separator. *Majalah Metalurgi*, **26(1)**, P.27. ISSN: 0126-3188.
- Montgomery, C. Douglas, 2009, Design and Analysis of Experiments^{9th}. *Arizona State University*, P.201-202. ISBN: 9781119299363.
- Mustofa, Puryanti, D., Budiman, A. 2018, Analaisis Pengaruh Proses Sintering Terhadap Struktur Bijih Yang Berasal Dari Nagari Aie Ramo, Kecamatan Kamang Baru, Kabupaten Sijunjung. *Jurnal Fisika Unand*, **7(3)**. P.195. ISSN: 2302-8491.
- Royani, A., Subagja. R., Manaf. 2017, Studi Pelindian Mangan Secara Reduksi Dengan Menggunakan Larutan Asam Sulfat. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, **11(1)**. P.2.
- Sumardi, S., Mubarak, M. Z., Saleh, N. 2013. Pengolahan Bijih Mangan Menjadi Mangan Sulfat Melalui Pelindian Reduktif Menggunakan Asam Oksalat Dalam Suasana Asam. *Teknologi Mineral dan Batubara*, P.124.
- Sumardi, S., Mubarak, M. Z., Saleh, N. 2014, Selektifitas Pelindian Reduktif Bijih Mangan Nusa Tenggara Timur Dengan Menggunakan Molases Sebagai Reduktor Dalam Suasana Asam. *Teknologi Mineral dan Batubara*, P.356. ISSN: 1979-911X.
- Sumardi, S., Mubarak, M. Z., Saleh, N., Firdiyono, F. 2012, Pelindian Reduktif Bijih Mangan Nusa Tenggara Timur Dengan Menggunakan Molases Dalam Suasana Asam. *Majalah Metalurgi*, **27(3)**. P.288. ISSN: 0216-3188.
- Sumardi, S., Mufakir, F. R., Prasetya, A. B. 2014, Studi Kinetika Pelindian Bijih Mangan Kadar Rendah Daerah Way Kanan Lampung Dengan Menggunakan Molases Dalam Suasana Asam. *Majalah Metalurgi*, **29(2)**, P.112. ISSN: 0126-3188/111-118.
- Wahab, Anshari, E., Mili, Z. M., Nafiu, A. R., Khaq, N. M., Deniyatno, Firdaus, Sutriyatna, I. Y., 2021, Studi Pengaruh Variabel Proses dan Kinetika Ekstraksi Nikel Dari Bijih Nikel Laterit Menggunakan Larutan Asam Sulfat Pada Tekanan Atmosferik. *Jurnal Rekayasa Proses*, **15(1)**. P.40 ISSN: 1978-287X.
- Wahyudi, H., Zaharah, T. A., Wahyuni, N. 2013, Ekstraksi Mangan Dengan Proses *Leaching* Asam Sulfat Menggunakan Tandan Kosong Sawit Sebagai Reduktor. **2(1)**. P.34. ISSN: 2303-1077.
- Wang, Y., Jin, S., Lv. Y., Zhang, Y., Su, H. 2017, Hydrometallurgical Procces and Kinetics of *Leaching* Manganese from Semi-Oxidized Manganese Ores with Sucrose. *Minerals*, P.1-2.
- Wibawa, A., Solihin. 2014, Pengaruh Temperatur Terhadap Reduksi Bijih Mangan. *Pusat Penelitian Geoteknologi*, P.222. ISBN: 978-978-979-8636-23-3.