

# PENGARUH WAKTU PELINDIAN PADA PROSES PEMURNIAN SILIKON TINGKAT METALURGI MENGGUNAKAN LARUTAN HCl

**Bintang Adjiantoro dan Efendi Mabruki**

Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI

Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang 15314

E-mail : antorobintang@yahoo.co.id

Masuk tanggal : 17-01-2012, revisi tanggal : 12-03-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 21-03-2012

## Intisari

**PENGARUH WAKTU PELINDIAN PADA PROSES PEMURNIAN SILIKON TINGKAT METALURGI MENGGUNAKAN LARUTAN HCl.** Proses pemurnian silikon tingkat metalurgi (MG-Si) dengan menggunakan metoda pelindian asam pada konsentrasi 2,45mol/L HCl telah dilakukan dengan memvariasikan waktu pelindian pada temperatur didih ( $\pm 100$  °C) dan gerakan pengadukan mekanik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pelindian MG-Si dengan HCl dapat digunakan untuk menghilangkan unsur pengotor logam. Persentase hasil efisiensi ekstraksi dari unsur pengotor yang terkandung di dalam MG-Si dengan pelarutan HCl masing-masing mencapai 99,996 % untuk Al, 98,247 % untuk Ti dan 98,491 % untuk Fe pada waktu pelindian 120 jam. Sedangkan efisiensi larutan HCl terhadap unsur pengotor dengan gerakan pengadukan mekanik mencapai 99,04 %.

*Kata kunci : Silikon tingkat metalurgi, Pemurnian dengan proses kimia, Pelindian asam, Pengotor*

## Abstract

**EFFECT OF LEACHING TIME ON PURIFICATION PROCESS OF METALLURGICAL GRADE SILICON BY USING ACID SOLUTION.** The purification process of metallurgical grade silicon (MG-Si) using acid leaching method at a concentration of 2.45 mol/L HCl was performed by varying the leaching time at boiling temperature ( $\pm 100$  °C) and with mechanical stirring. The results showed that the leaching process of MG-Si with HCl can be used to eliminate the element of metal impurities. The extraction efficiency of impurity elements contained in the MG-Si by HCl dissolution is 99.996 % for Al, 98.247 % for Ti and 98.491 % for Fe at leaching time of 120 hours. Whereas the leaching efficiency of HCl solution on the impurities using mechanical stirring is 99.04 %.

*Keywords : Metallurgical grade silicon, Chemical purification, Acid leaching, Impurities*

## PENDAHULUAN

Energi *photovoltaic* adalah energi baru yang paling penting dalam abad 21 karena tidak pernah habis dibandingkan dengan energi konvensional<sup>[1-2]</sup>. Energi *photovoltaic* menggunakan bahan baku *solar grade silicon* (SoG-Si), cukup mahal dan menjadikan kendala di dalam pembangunan industri sel surya<sup>[3]</sup>. Indonesia sampai saat ini belum bisa memproduksi sel surya sendiri dan masih menggantungkan pasokan SoG-Si dari luar negeri. Padahal bahan baku SoG-Si adalah

*metallurgical grade silicon* (MG-Si) yang diperoleh dari hasil proses reduksi silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang cukup berlimpah di Indonesia.

Untuk mendapatkan bahan baku yang murah, pendekatan yang paling menarik adalah dengan melakukan proses pemurnian MG-Si<sup>[4-5]</sup> yang memiliki kemurnian 98,7 % Si melalui proses pelindian menggunakan larutan HCl hingga mencapai tingkat kemurnian sesuai dengan persyaratan SoG-Si yaitu sekitar 5N (99,999 % Si)<sup>[6]</sup>.

## PROSEDUR PERCOBAAN

Bahan baku penelitian yang digunakan adalah MG-Si yang diperoleh dari pasaran. (Gambar 1) dengan komposisi kimia seperti terlihat pada Tabel 1.

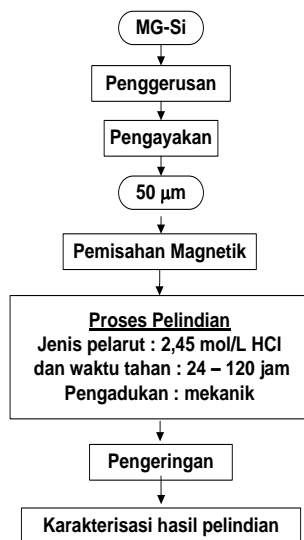
Tabel 1. Komposisi kimia MG-Si

Unsur Pengotor	Al	Fe	Ca	Ti	Mg
Kandungan, %	18,2	27,7	1,22	12,84	2,04



Gambar 1. Metallurgical grade silicon

Alur proses penelitian yang dilakukan, secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2.



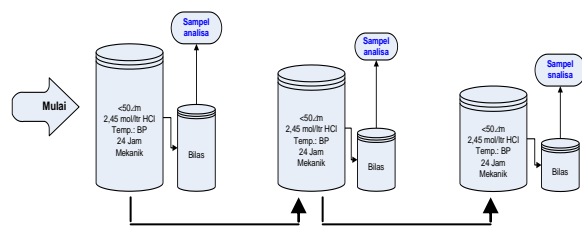
Gambar 2. Diagram alir proses pemurnian MG-Si

### Uraian Percobaan

a. Proses penyiapan sampel meliputi penggerusan (*grinding*), pengayakan (*seiving*) dengan ukuran 325# atau 50  $\mu\text{m}$  dan pemisahan unsur Fe menggunakan alat pemisah magnetik (*magnetic separator*). Kemudian konsentrat MG-Si diendapkan, dikeringkan dan dianalisis kimia untuk mengetahui pengurangan unsur Fe dari MG-Si.

b. Proses pelindian asam MG-Si dengan pengadukan mekanik, adalah sebagai berikut:

Proses pelindian asam dengan konsentrasi larutan 2,45 mol/L HCl terhadap 250 g sampel ukuran 50  $\mu\text{m}$  pada titik didih selama 24, 48, 72, 96, dan 120 jam, kemudian selesai pelindian setiap kelipatan 24 jam dilakukan proses pembilasan dan pengambilan sampel untuk pengujian analisis kimia. Secara skematis proses pelindian asam, ditunjukkan pada Gambar 3.

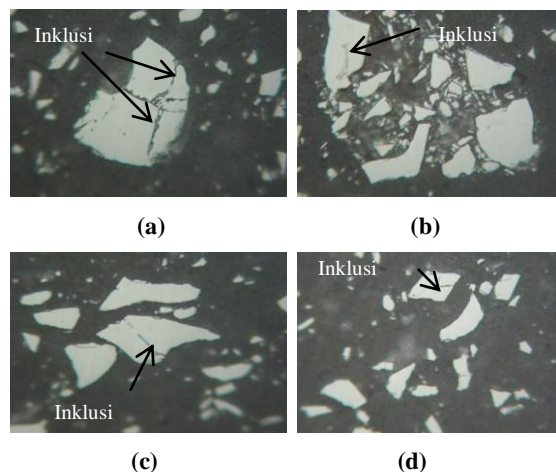


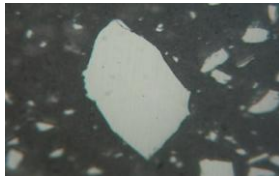
Gambar 3. Proses pelindian asam secara kontinu dengan larutan HCl

c. Karakterisasi dilakukan melalui beberapa metoda, yaitu: metalografi, *scanning electron microscope* (SEM)/EDS dan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) terhadap partikel hasil proses pelindian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Mikro Partikel Silikon Hasil Proses Pelindian

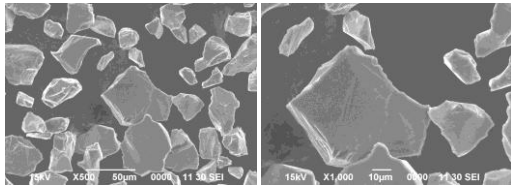




(e)

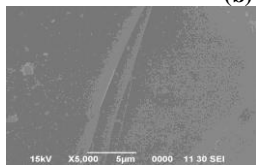
**Gambar 4.** Struktur mikro partikel Si setelah pelindian HCl selama (a) 24 jam, (b) 48 jam, (c) 72 jam, (d) 96 jam dan (e) 120 jam. Perbesaran 500x

### Pengujian SEM-EDS



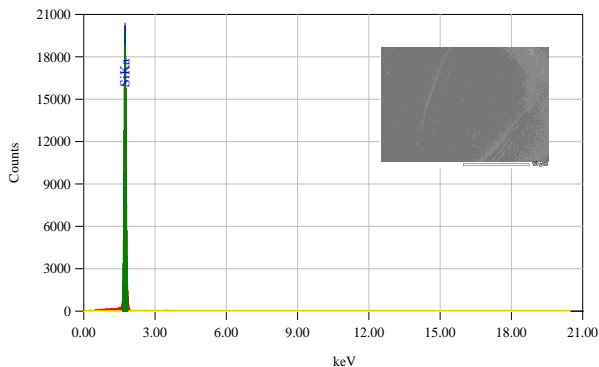
(a)

(b)



(c)

**Gambar 5.** Struktur mikro partikel Si hasil proses pelindian dengan konsentrasi 2,45 mol/ltr larutan HCl pada waktu tahan 120 jam. Perbesaran (a) 500 x, (b) 1000 x dan (c) 5000 x



ZAF Method Standardless Quantitative			
Analysis Fitting Coefficient : 0.2451			
Element (keV)	Mass%	Error%	Atom%
Si K	1.739	100.00	0.50 100.00

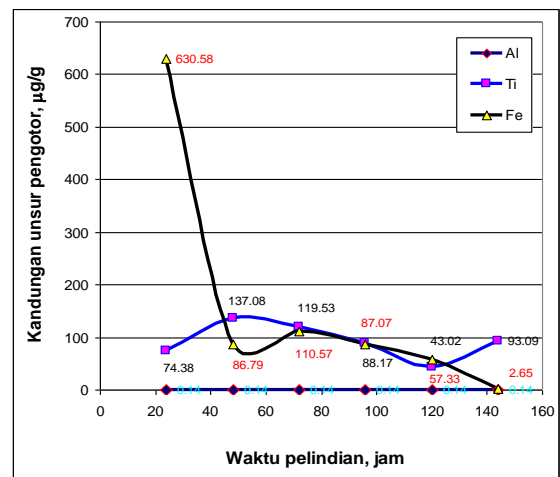
**Gambar 6.** Spektrum EDS dan Analisa kuantitatif EDS

### PEMBAHASAN

Dari pengamatan struktur mikro partikel Si hasil proses pelindian terlihat bahwa

pada waktu pelindian 24 sampai 96 jam partikel Si masih mengandung unsur pengotor yang terdapat pada batas butir kristal Si (Gambar 4a - 4d) sedangkan pada waktu pelindian 120 jam (Gambar 4e) partikel Si relatif bersih dari unsur pengotor khususnya pada butir kristal Si. Hal ini dibuktikan pula dengan pengujian SEM dan spektrum EDS yang menunjukkan kristal silikon dengan kemurnian tinggi.

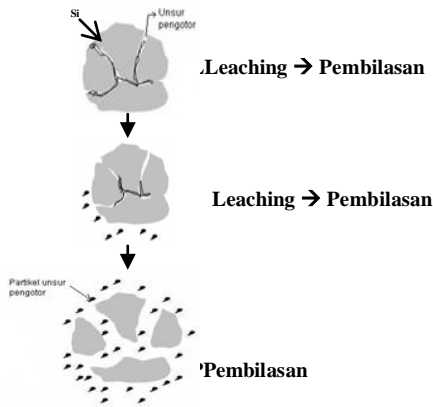
Dari hasil analisa kimia setelah pelindian dengan variasi waktu pelindian, ditunjukkan pada Gambar 7. Terlihat bahwa semakin bertambah waktu pelindian, kandungan unsur pengotor yang ada di dalam MG-Si semakin berkurang.



**Gambar 7.** Hubungan antara waktu pelindian dengan kandungan unsur pengotor

Setiap sampel hasil pelindian dilakukan pengamatan struktur mikro, hal ini dimaksudkan untuk melihat kondisi fisik partikel Si khususnya unsur pengotor yang berada di batas butir Si. Dan apabila partikel Si masih mengandung unsur pengotor pada batas butirnya, maka dilanjutkan proses pelindian berikutnya hingga diperoleh partikel Si yang bebas dari unsur pengotor, seperti ditunjukkan pada Gambar 4e hasil proses pelindian dengan waktu 120 jam. Dan apabila partikel Si yang bebas dari unsur pengotor tersebut kemudian setelah dianalisa kimia ternyata masih mengandung unsur pengotor, maka dilakukan proses

pembilasan selanjutnya tanpa proses pelindian hingga unsur pengotor yang berada diluar partikel Si bisa dipisahkan. Secara skematis mekanisme pemurnian MG-Si dengan pelindian asam ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Mekanisme pemurnian MG-Si

Untuk mengetahui efisiensi ekstraksi digunakan perhitungan sebagai berikut<sup>[5]</sup>:

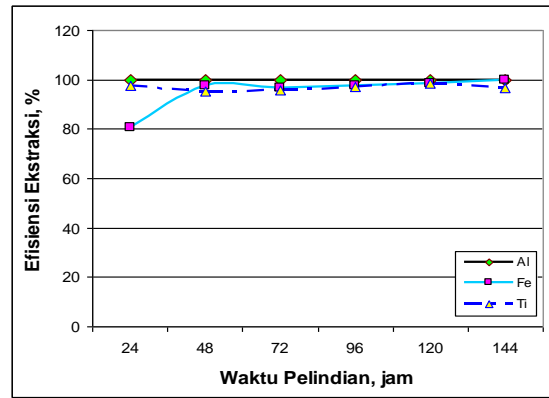
$$\text{Efisiensi ekstraksi} = \left\{ \left( \frac{E_p - E_q}{E_p} \right) \times 100\% \right\} \dots (1)$$

dimana :

$E_p$  = konsentrasi unsur pengotor di dalam MG-Si sebelum pelindian

$E_q$  = konsentrasi unsur pengotor di dalam MG-Si setelah pelindian

Dari hasil perhitungan efisiensi ekstraksi unsur pengotor dengan variasi waktu pelindian di atas, kemudian diplot ke dalam bentuk grafis seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Terlihat bahwa nilai efisiensi ekstraksi rata-rata untuk pelepasan unsur pengotor Al mencapai 99,996 % sedangkan Ti dan Fe masing-masing mencapai 98,247 % dan 98,491 % yang diperoleh dengan waktu pelindian 120 jam.



**Gambar 9.** Efisiensi ekstraksi unsur terhadap waktu pelindian HCl

Sedangkan untuk mengetahui efisiensi larutan digunakan perhitungan, sebagai berikut<sup>[5]</sup>:

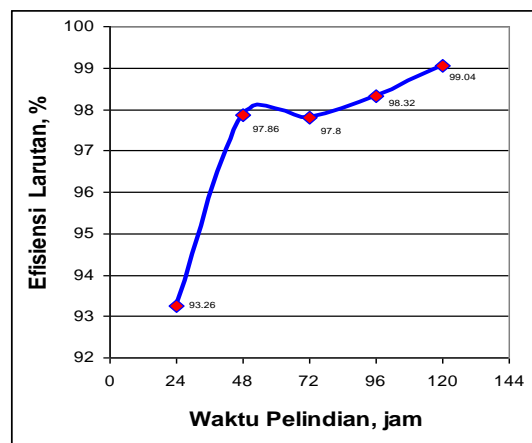
$$\text{Efisiensi larutan} = \left\{ \left( \frac{\sum n - \sum p}{\sum n} \right) \times 100\% \right\} \dots (2)$$

dimana :

$\sum n$  = jumlah total konsentrasi unsur pengotor dalam larutan sebelum pelindian

$\sum p$  = jumlah total konsentrasi unsur pengotor dalam larutan setelah pelindian

Dari hasil perhitungan efisiensi larutan terhadap unsur pengotor dengan variasi waktu pelindian di atas, kemudian diplot ke dalam bentuk grafis seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Efisiensi larutan terhadap waktu pelindian

Pada Gambar 10, terlihat bahwa efisiensi larutan pelindian dengan menggunakan larutan HCl terlihat cenderung meningkat dengan bertambahnya waktu pelindian. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi larutan 2,45 mol/L HCl masih bekerja dengan baik selama waktu pelindian 120 jam.

Prosentase efisiensi larutan hasil pelindian dari unsur pengotor dengan larutan HCl pada konsentrasi 2,45 mol/liter pada waktu pelindian 120 jam mencapai 99,04 %.

## KESIMPULAN

Dari hasil percobaan pemurnian MG-Si dengan metoda pelindian HCl, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses pelindian MG-Si dengan larutan asam HCl pada konsentrasi 2,45 mol/L dapat menurunkan unsur pengotor yang terkandung di dalam MG-Si.
2. Dengan waktu pelindian 120 jam, efisiensi ekstraksi unsur pengotor mencapai 99,996 % untuk penurunan unsur Al, sedangkan unsur Ti dan Fe masing-masing mencapai 98,247 % dan 98,491 % yang diperoleh dengan waktu pelindian 120 jam.
3. Dan prosentase efisiensi dari larutan pelindian selama 120 jam mencapai 99,04 %.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Insentif Ristek 2010. Dan tidak lupa pula ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa UNJANI yang telah membantu terlaksananya penelitian pemurnian logam MG-Si.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Alvin D.C. 2006. *Photovoltaics: clean Power for the 21st century*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells.

- [2] Goetzberger, A., Hoffmann, V.U. 2005. *Photovoltaic Solar Energy Generation*. Springer.
- [3] Sarti D, Einhaus R. 2002. „Silicon feedstock for the multi-crystalline photovoltaic industry”. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*.
- [4] Hunt L.P, Dosaj V.D, McCormick J.R and Crossman L.D. 2005. „Purification of metallurgical-grade silicon to solar-grade quality”. *International Symposium on Solar Energy*, Washing.
- [5] Havlik, T. 2008. *Hydrometallurgy: Principles and Applications*, CRC.
- [6] Luque, Antonio., and Hegedus, Steven. 2003. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN : 0-471-49196-9, 153-202.

## RIWAYAT PENULIS

**Bintang Adjiantoro**, Alumni Akademi Industri Logam Bandung Jurusan Teknik Metalurgi lulus tahun 1982. Melanjutkan pendidikan di UNJANI jurusan Teknik Metalurgi lulus S1 tahun 1995 dan lulus S2 jurusan Teknik Mesin ISTN tahun 2004. Sejak tahun 1982 sampai sekarang bekerja di Pusat Penelitian Metalurgi - LIPI sebagai peneliti.

