



Perancangan Chamber dari DC Magnetron Sputtering

Muhammad Athala Bakwan¹, Iwan Susanto¹, Sonki Prasetya²

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Sel surya adalah perangkat yang menggunakan material semikonduktor untuk mengubah cahaya matahari secara langsung menjadi listrik. Saat ini sel surya adalah perangkat yang sedang diprioritaskan untuk diproduksi. *Magnetron sputtering* telah menjadi proses pilihan yang tepat untuk pembuatan sel surya karena dapat menghasilkan performansi yang bagus. Meskipun proses *sputtering* dasar telah dikenal dan digunakan selama bertahun-tahun, namun alat untuk melakukan proses ini masih memerlukan biaya yang tidak murah. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang chamber dari *DC magnetron sputtering* dengan biaya yang lebih rendah dengan fungsi yang setara dengan alat magnetron sputtering yang ada di pasaran. Metode yang digunakan dimulai dari identifikasi masalah, membuat desain, analisa rancangan dan kesimpulan. Rancangan dari *chamber* disusun menggunakan komponen-komponen standar yang mampu bertahan dari tekanan udara yang dihasilkan oleh pompa, tekanan yang diberikan oleh gas argon, dan panas yang dihasilkan saat proses sputtering berlangsung. Dengan meminimalisir komponen kustom didapatkan total biaya pembuatan yang lebih rendah dari yang ada dipasaran dan dapat dibongkar pasang.

Kata-kata kunci: *dc magnetron sputtering, renewable energy, solar cell.*

Abstract

Solar cell is a device that uses a semiconductor material to convert sunlight directly into electricity. Currently the solar cell is a device that is being prioritized for production. Magnetron sputtering has become the right process of choice for the manufacture of solar cells because it can produce good performance. Even though the basic sputtering process has been known and used for many years, the tools to perform this process still cost a lot of money. The purpose of this research is to design a chamber of DC magnetron sputtering at a lower cost with a function that is equivalent to a magnetron sputtering device on the market. The method used starts from problem identification, design, design analysis and conclusions. The design of the chamber is prepared using standard components that can withstand the air pressure generated by the pump, the pressure provided by argon gas, and the heat generated during the sputtering process. By minimizing custom components, you get a lower total manufacturing cost than on the market and easy to install.

Keywords: dc magnetron sputtering, renewable energy, solar cell.

* Corresponding author E-mail address: m.athalabakwan@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Energi baru dan terbarukan (EBT) adalah energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan. Contohnya energi dari matahari, tenaga angin, arus air, proses biologi, dan energi panas bumi. Indonesia memiliki potensi energi yang sangat besar. Salah satunya adalah energi matahari [1][2]. Menurut data Komisi Energi Nasional, potensi energi surya Indonesia mencapai 4,8 kWh/m² per hari atau 112.000 GWp dibandingkan dengan luas wilayah Indonesia. Tapi sejauh ini, kemampuan yang dikerahkan menurut laporan triwulan 2018 Kementerian ESDM Mineral 51,11 MW atau sekitar 0,06% dari total potensi di Indonesia. Hal itu membuktikan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yaitu target pada 2025 untuk mencapai 6,5 GW masih sangat jauh. Untuk itu sudah seharusnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dijadikan sebagai prioritas [3][4].

Untuk mengatasi semakin banyaknya kebutuhan sel surya, maka pembuatan sel surya menjadi sangat penting. Pembuatan sel surya dengan DC Magnetron Sputtering mampu menghasilkan hasil kerja yang bagus. Lapisan tipis sel surya dibuat dari sambungan p-n silikon dengan kombinasi multilayer Ag / SiB / SiP dan dideposisi oleh DC Magnetron Sputtering secara bertahap [5].

Magnetron sputtering telah menjadi proses pilihan untuk banyak aplikasi pelapisan yang penting di industri. Contohnya termasuk pelapis tahan aus yang keras, pelapis dengan gesekan rendah, pelapis anti korosi, pelapis dekoratif, dan pelapis dengan sifat optik atau listrik tertentu. Meskipun proses *sputtering* dasar telah dikenal dan digunakan selama bertahun-tahun, pertumbuhan magnetron yang tidak merata dan penggabungannya ke dalam sistem multi-sumber tertutup "lapangan" bertanggung jawab atas semakin pentingnya teknik ini [6].

Dalam teknik *magnetron sputtering*, medan listrik dibuat antara dua elektroda dalam ruang vakum. Umumnya, gas argon bermuatan tinggi diinjeksikan ke dalam chamber dan diionisasi positif oleh medan listrik koloid dengan pelat bermuatan negatif (katoda). Tumbukan ion Ar⁺ dengan bahan target yang ada di saluran katoda untuk menghilangkan atom/molekul (komponen HEA) dari area target menuju substrat. Laju ionisasi dan pengaruh Ar pada material target dalam sistem *sputtering* mempengaruhi laju deposisi dan ketebalan lapisan. Magnet sub-target dapat menciptakan medan magnet yang menjebak elektron sekunder yang dipancarkan dan dilepaskan oleh target dan meningkatkan ionisasi, meningkatkan laju tumbukan antara Ar⁺ dan material target. Film HEA dimensi dapat dengan mudah dikontrol dengan memvariasikan komposisi kimia dan parameter kinerja bahan target. Lapisan nitrida, karbida dan oksida HEA dapat dengan mudah disintesis dengan menambahkan gas N₂, C₂H₂ dan O₂ bersama dengan gas Ar [7][8].

Pada pasaran yang ada sekarang, alat *DC magnetron sputtering* masih sangat mahal dan membutuhkan biaya operasional serta perawatan yang tinggi. Disisi lain terdapat komponen-komponen yang dapat disusun sebagai system *DC magnetron sputtering*, tersisa chamber dan *casing* agar dapat menjadi alat yang setara dan bahkan dapat bersaing dengan alat yang ada di pasaran saat ini dengan biaya yang lebih rendah. Dari uraian tersebut, permasalahan yang akan dibahas pada paper ini adalah bagaimana merancang chamber dari *DC magnetron sputtering* dengan ketahanan terhadap tekanan yang dihisap oleh pompa, tekanan dari gas argon, dan penyebaran panas dari proses pelapisan serta biaya yang lebih rendah dari yang ada dipasaran saat ini.

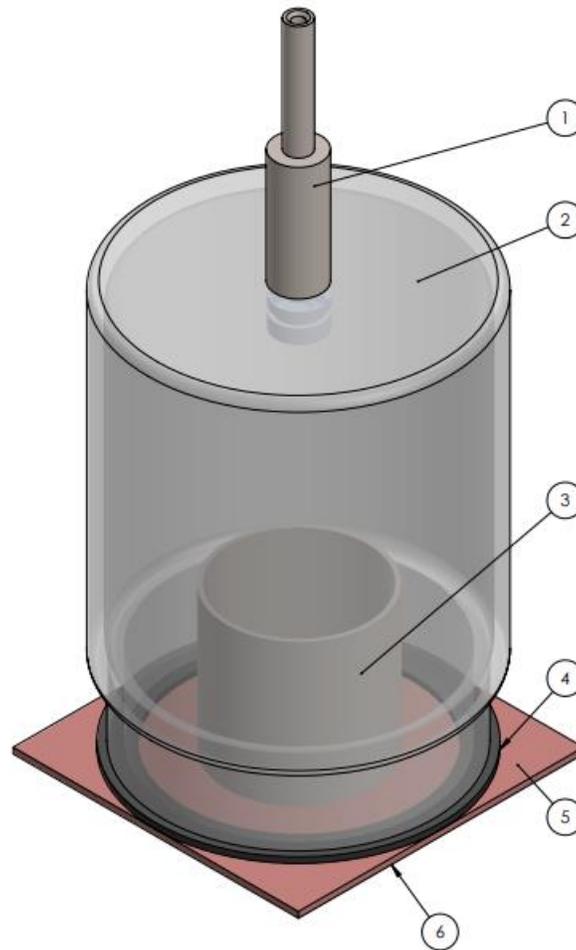
2. METODE PENELITIAN

Identifikasi Masalah

Berdasarkan observasi, maka didapatkan kebutuhan yang diperlukan untuk merancang *chamber* dari *DC magnetron sputtering* adalah sebagai berikut:

1. Chamber terbuat dari bahan kaca agar mempermudah dalam mengamati proses pelapisan
2. Tebal kaca dari chamber 4mm atau lebih
3. Chamber harus menahan tekanan udara sebesar 10⁻² torr
4. Chamber harus menahan tekanan yang dikeluarkan dari tabung gas argon sebesar 500 mTorr
5. Chamber harus bertahan dari panas yang dihasilkan pada saat proses *sputtering* yaitu sebesar 300 °C

Konsep Rancangan



Gambar 1. Desain rancangan chamber DC magnetron sputtering

Keterangan dan penjelasan dari Gambar 2 diatas:

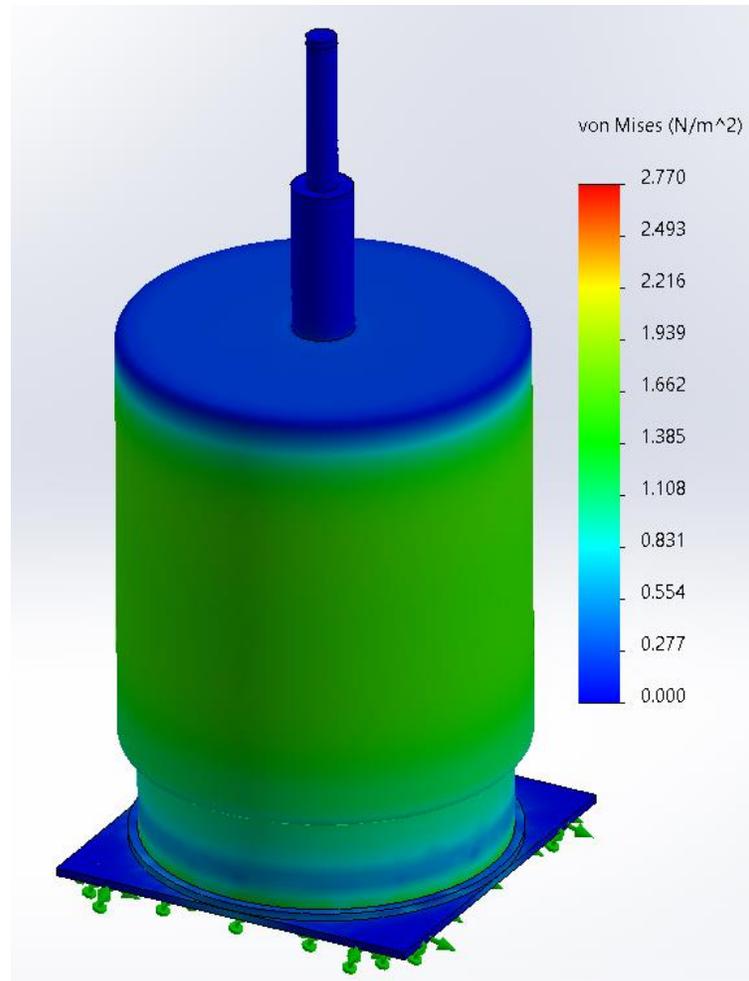
1. Katoda, berfungsi sebagai positif dan juga sebagai penyalur argon dan penghisap udara ke pompa.
2. Toples kaca, berfungsi sebagai pelindung dan untuk mengamati proses pelapisan.
3. Dudukan benda kerja, berfungsi sebagai penahan benda kerja agar tetap pada posisinya.
4. Gasket silikon, berfungsi sebagai seal agar menjadi rapat.
5. Anoda tembaga, berfungsi sebagai bahan yang akan melapisi substrat.
6. Magnet, berfungsi untuk mengarahkan plasma yang keluar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan yang dilakukan untuk memulai simulasi adalah solidworks 2020. Dengan melakukan simulasi tekanan dan panas.

Tekanan dari pompa

Pada saat tahap pertama untuk melakukan proses pelapisan dilakukan pemvakuman oleh pompa agar udara di dalam chamber benar-benar hampa. Pemvakuman yang dihisap oleh pompa memiliki tekanan sebesar 10^{-2} torr atau setara dengan 0,13332237 Pa [9]. Maka dilakukan pengujian pada *chamber* untuk mengetahui ketahanan *chamber* terhadap tekanan yang dihasilkan pompa seperti pada Gambar 3 berikut.

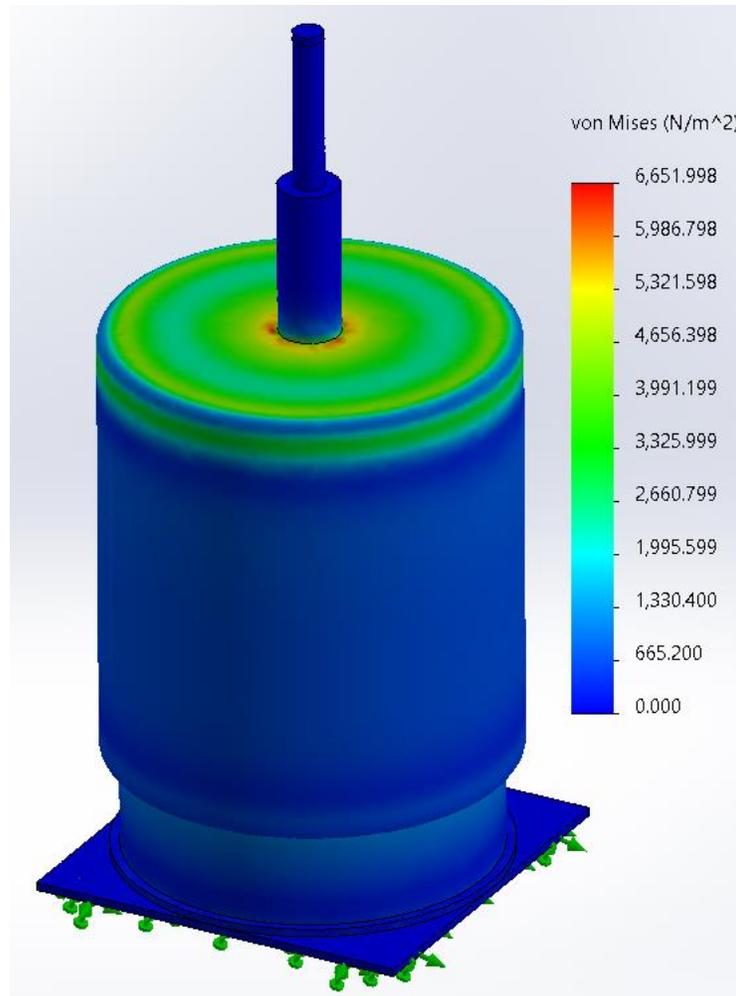


Gambar 2. Hasil simulasi tekanan vakum terhadap chamber

Setelah dilakukan simulasi dapat terlihat bahwa tekanan terendah berada di posisi paling atas *chamber* yang ditandai dengan warna biru dan tekanan yang paling besar yaitu dengan rata-rata sebesar 1,385 N/m^2 ditandai dengan warna hijau.

Tekanan yang dihasilkan dari gas argon

Setelah tabung menjadi vakum, kemudian dialirkan gas dengan tekanan argon sebesar 500 mTorr atau sebesar 66,6612 Pa seperti pada Gambar 4 berikut.

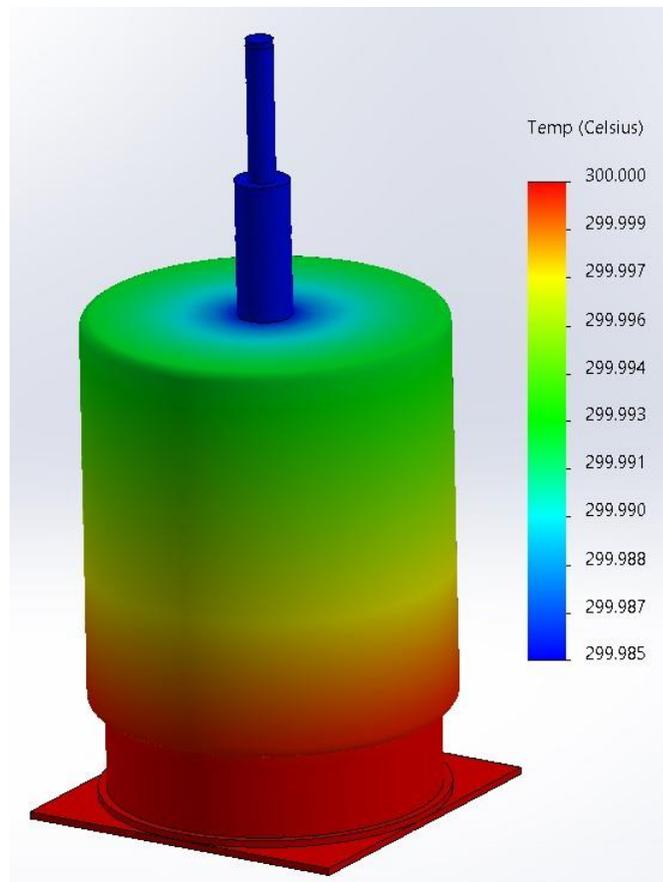


Gambar 3. Hasil simulasi tekanan gas argon terhadap chamber

Setelah dilakukan simulasi seperti pada Gambar 4 di atas didapatkan bahwa tekanan yang dihasilkan dari gas argon paling besar berada di bagian paling atas *chamber* ditandai dengan warna merah lalu menyebar ke warna hijau.

Panas yang dihasilkan dari proses pelapisan

Setelah tekanan gas argon stabil, plasma dibangkitkan dengan menghidupkan *power supply* tegangan DC. proses pelapisan dimulai. Selama proses pelapisan, panas yang dihasilkan dari proses tersebut sebesar 300 °C [10]. Maka dilakukan pengujian pada chamber terhadap panas yang dihasilkan pada saat proses pelapisan terjadi seperti pada Gambar 5 berikut.



Gambar 4. Hasil simulasi panas dari proses pelapisan terhadap chamber

Dari hasil simulasi pada Gambar 5 di atas, dijelaskan bahwa yang berwarna merah yang ada di posisi paling bawah adalah posisi dari sumber dari panas yang dihasilkan pada saat proses *sputtering*.

Biaya fabrikasi

Untuk memproduksi sebuah *chamber* dari mesin *DC magnetron sputtering*, berikut adalah estimasi biaya pembelian material dan produksi. Pada perencanaan biaya produksi fokus terhadap biaya material, biaya jasa, dan biaya tidak terduga, sehingga diasumsikan workshop sudah memiliki tempat, peralatan, serta listrik yang ditanggung oleh pemilik workshop fabrikasi dan produksi.

Biaya material adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk membuat alat yang dirancang. Biaya pembuatan DC magnetron sputtering dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Biaya material dari chamber DC magnetron sputtering

Material	Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Toples Kaca 800ml	Sebagai Tabung Untuk melindungi proses sputtering	1	Rp 23.100	Rp 23.100
Plat Tembaga Tebal 2mm	Sebagai anoda	1	Rp 66.660	Rp 66.660
Silinder Stainless Steel	Sebagai katoda	1	Rp 22.500	Rp 22.500

Pipa Stainless Steel	Sebagai alas benda kerja	1	Rp 22.200	Rp 22.200
Gasket Silikon	Menjaga agar dalam chamber kedap udara	1	Rp 27.300	Rp 27.300
Magnet Neodymium	Sebagai pusat arah plasma	1	Rp 28.800	Rp 28.800
Sub Total				Rp 190.560

Kemudian ada biaya fabrikasi, biaya fabrikasi merupakan biaya jasa dalam pembuatan alat sehingga terkait detail dan pengadaan alat berdasarkan pada bengkel tempat pembuatan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Biaya fabrikasi chamber DC magnetron sputtering

No	Kebutuhan	Biaya
1	Biaya jasa pembuatan silinder anoda	Rp 150.000
2	Biaya pemotongan dudukan benda kerja	Rp 30.000
Total		Rp 180.000

Setelah biaya material dan fabrikasi diuraikan, dihitung biaya totalnya. Biaya total adalah biaya keseluruhan dari biaya material dan biaya fabrikasi. Rinciannya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Biaya total dari chamber DC magnetron sputtering

No	Kebutuhan	Biaya
1	Belanja kebutuhan material	Rp 190.560
2	Biaya jasa fabrikasi	Rp 180.000
Total		Rp 370.560

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada rancangan dari chamber, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tekanan rata-rata di dalam tabung sebesar $1,385 \text{ N/m}^2$ setelah hisapan sebesar $0,13332237 \text{ N/m}^2$ dari pompa.
2. Tekanan rata-rata di dalam tabung sebesar $3325,999 \text{ N/m}^2$ pada saat gas argon sebesar $66,6612 \text{ N/m}^2$ dikeluarkan.
3. Chamber dapat menahan suhu yang dihasilkan pada saat proses pelapisan yaitu sebesar $300 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan toples kaca yang dapat menahan suhu hingga mencapai $500 \text{ }^\circ\text{C}$.
4. Harga total rancangan chamber adalah Rp 370.560.

REFERENSI

- [1] C. Borri et al., "First proof-of-principle of inorganic lead halide perovskites deposition by magnetron-sputtering," *Nanomaterials*, vol. 10, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.3390/nano10010060.
- [2] A. T. Y. Nurlaila, "Perkembangan Energi Terbarukan Di Beberapa Negara," *Digilib.Batan.Go.Id*, pp. 11–21, 2019, [Online]. Available: http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/File_Prosiding/Iptek_Nuklir/SIEN2019/Prosiding_SIEN2019/DATA/11_Nurlaila.pdf
- [3] P. J. Kelly and R. D. Arnell, "Magnetron sputtering: a review of recent developments and applications," 2000.
- [4] A. D. Afriyani, S. Prasetya, and R. Filzi, "Analisis Pengaruh Posisi Panel Surya terhadap Daya yang dihasilkan di PT Lentera Bumi Nusantara," *Semin. Nas. Tek. Mesin*, pp. 176–183, 2019, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/2016>
- [5] D. A. Tunggadewi and F. Hidayanti, "Pembuatan Sel Surya Film Tipis dengan DC Magnetron Sputtering," *J. Ilm. Giga*, vol. 18, no. 1, p. 30, 2015, doi: 10.47313/jig.v18i1.572.

- [6] Y. Ma et al., “Materials and structure engineering by magnetron sputtering for advanced lithium batteries,” *Energy Storage Materials*, vol. 39. Elsevier B.V., pp. 203–224, Aug. 01, 2021. doi: 10.1016/j.ensm.2021.04.012.
- [7] S. K. Padamata, A. Yasinskiy, V. Yanov, and G. Saevardottir, “Magnetron Sputtering High-Entropy Alloy Coatings: A Mini-Review,” *Metals*, vol. 12, no. 2. MDPI, Feb. 01, 2022. doi: 10.3390/met12020319.
- [8] John A. Thornton, “Magnetron sputtering: basic physics and application to cylindrical magnetrons,” *Journal of Vacuum Science & Technology*, vol. 15, no. 2. pp. 171–177, 1998.
- [9] A. W. N. Bagja Restu Muhammad, “Disain Dan Fabrikasi Mesin Sputtering Skala Laboratorium untuk Penumbuhan Film Tipis (Design and fabrication of Laboratory Scale Sputtering Machine for Thin Film Growth),” *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [10] S. Mulyani, V. A. Carieta, and D. Aryanto, *FABRIKASI FILM TIPIS ZnO : Ga DENGAN METODE DC MAGNETRON SPUTTERING Pengaruh Daya Plasma dan Suhu*. 2019.