



**ANALISIS VARIASI *CORNER RADIUS* CETAKAN *BIPOLAR PLATE*
SERPENTINE dan BESAR TEKANAN pada PROSES PEMBENTUKAN
SUPERPLASTIS dengan METODE SIMULASI KOMPUTER**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Program Studi Teknik Mesin**



Disusun Oleh:

ANDI WAHYU SETIAWAN

NPM. 21601052014

**UNIVERSITAS ISLAM MALANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
MALANG**

2021

ABSTRAK

Andi Wahyu Setiawan.2020. Analisis Variasi *Corner Radius* Cetakan *Bipolar Plate Serpentine* dan Besar Tekanan pada Proses Pembentukan Superplastis dengan Metode Simulasi Komputer. Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Priyagung Hartono, M.T.

Dosen Pembimbing II : Ismi Choirotin, S.T., M.T., M.Sc.

Permasalahan kelangkaan energi merupakan permasalahan bersama yang harus di cari solusinya. Banyak peneliti di dunia memfokuskan risetnya pada sumber energi terbarukan. Fuel cell adalah salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mendapatkan energi terbarukan dengan cara mengonversi hidrogen dan oksigen menjadi energi listrik. Bipolar plate adalah komponen penting dari fuel cell, dimana bipolar plate menyumbang sekitar 80 % dan 45 % dari berat dan biaya pembuatan fuel cell. Pada proses fabrikasi bipolar plate sering terjadi ke tidak sesuaian pada dimensi, baik ukuran kedalaman saluran maupun cacat pada area corner hasil fabrikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain cetakan bipolar plate serpentine dengan kedalaman saluran alir yang tinggi, dengan menggunakan metode simulasi komputer. Pada penelitian ini proses pembentukan superplastis akan di simulasikan dengan memvariasikan corner radius cetakan (0; 0.3; 0.5 dan 0.7 mm) dan besar tekanan (0.75; 1; 1.25 dan 1.5 MPa). Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin besar tekanan dan corner radius pada cetakan serpentine, maka kedalaman saluran alir bipolar plate akan semakin besar. Kedalaman saluran alir maksimum diperoleh pada hasil simulasi dengan corner radius cetakan 0.7 mm dan tekanan 1.5 MPa.

Kata Kunci: *fuel cell; bipolar plate serpentine; saluran alir; corner radius.*

ABSTRACT

Andi Wahyu Setiawan.2020. Analysis of Variation Corner Radius Mould Bipolar plate Serpentine and the amount of pressure on the superplastic formation process using the computer simulation method. Thesis, Department Of Mechanical Engineering, Faculty Of Engineering, University Of Islamic Malang.

Supervisor I : Dr. Ir. Priyagung Hartono, M.T.

Supervisor II : Ismi Choirotin, S.T., M.T., M.Sc.

The problem of energy scarcity is a common problem that must be found a solution. Many researchers in the world focus their research on renewable energy sources. Fuel cell is a technology that can be used to obtain renewable energy by converting hydrogen and oxygen into electrical energy. Bipolar plate is an essential component of fuel cell, where bipolar plate accounts for about 80% and 45% of manufacturing weight and costs fuel cell. In the fabrication process bipolar plate often occurs to discrepancies in dimensions, both the size of the channel depth and defects in the area corner fabrication results. This study aims to obtain a mold design bipolar plate serpentine with high flow channel depth, using computer simulation methods. In this research, the superplastic formation process will be simulated by varying it corner mold radius (0; 0.3; 0.5 and 0.7 mm) and the pressure level (0.75; 1; 1.25 and 1.5 MPa). The simulation results show that the greater the pressure and corner radius on the mold serpentine, then the flow channel depth bipolar plate will get bigger. The maximum flow channel depth is obtained in the simulation results with corner mold radius 0.7mm and pressure 1.5 MPa..

Keywords: *fuel cell; bipolar plate serpentine; flow channel; corner radius.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelangkaan energi sudah menjadi permasalahan yang mengglobal. Hal ini dikarenakan pengeksploitasian energi terutamanya bahan bakar fosil, tidak berbanding lurus dengan jumlah bahan bakar yang tersedia di alam. Semakin banyak pengeksploitasian maka akan semakin berkurang bahan bakar yang ada, dan perlu disadari bahwa terbentuknya kembali bahan bakar fosil memerlukan waktu yang sangat lama, oleh karena itu banyak peneliti di dunia yang menginvestigasi sumber-sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, efisien, dan ekonomis. Hal ini dapat diperoleh jika terdapat teknologi yang mendukung. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *fuel cell*, dimana *fuel cell* ini banyak dikembangkan karena nilai efisiensinya yang tinggi, tidak mengeluarkan polusi dan tidak berisik (Chang & Wu, 2015). *Bipolar plate* adalah salah satu komponen penting *fuel cell*, karena menjalankan berbagai fungsi penting yang menunjang sistem untuk beroperasi dengan benar (Hermann *et al.*, 2005).

Bipolar plate memiliki fungsi, menghubungkan setiap sel secara elektrik, memasok gas reaktan ke anoda dan katoda, dan sebagai tempat dimana terjadi reaksi kimia (Karimi *et al.*, 2012). Proses pembuatan *bipolar plate* memerlukan biaya yang mahal dibandingkan dengan komponen lain pada *fuel cell* (Li & Sabir, 2005). *Bipolar plate* sendiri memerlukan sekitar 45% biaya dari pembuatan *fuel cell* (Hermann *et al.*, 2005; Li & Sabir, 2005), pada proses fabrikasi *bipolar plate*, sering terjadi ke tidak sesuaian pada dimensi akhir, baik kedalaman saluran maupun cacat yang terjadi pada daerah *corner bipolar plate* (Choirotin & Chiron, 2018; Liu *et al.*, 2011). Permasalahan ini dapat diatasi dengan pemilihan desain cetakan dan proses fabrikasi yang tepat. *Bipolar plate* yang terbuat dari logam lebih banyak digunakan karena sifat mampu bentuk yang baik di bidang manufaktur, dan daya tahan terhadap guncangan dan getaran lebih baik dari pada material lain (Tawfik *et al.*, 2007).

Proses pembentukan superplastis adalah salah satu metode yang digunakan untuk memproduksi logam *bipolar plate*. Proses pembentukan superplastis

dilakukan dengan memberikan gas bertekanan pada satu sisi lembaran logam, proses ini memaksa lembaran logam untuk memenuhi bentuk internal dari cetakan yang dipanaskan (Jarrar *et al.*, 2014). Penggunaan metode ini, memiliki keunggulan seperti, menghilangkan efek *springback*, tekanan yang digunakan rendah dan dapat digunakan untuk membuat benda kerja yang rumit (Chandra *et al.*, 1999).

Aspek penting yang harus dimiliki *bipolar plate* untuk mendapatkan kinerja yang baik adalah parameter aspek rasio saluran alir. Penelitian yang dilakukan Hung *et al.*, (2011) dan Manso *et al.*, (2011) menyimpulkan bahwa performa dari *fuel cell* akan meningkat jika perbandingan aspek rasio (rasio dari kedalaman saluran dengan lebar saluran) saluran alir pada *bipolar plate* bernilai tinggi. Hasil dari semua penelitian sebelumnya, aspek rasio dengan nilai tinggi telah diperoleh, namun untuk mendapatkan hasil aspek rasio dengan nilai tinggi, tampaknya diperlukan tekanan tinggi.

Penelitian terdahulu telah melakukan simulasi dan eksperimen pada pembentukan *bipolar plate* secara superplastis. Akan tetapi penelitian tersebut melakukan penelitiannya pada cetakan sederhana dan pola aliran *stright parallel bipolar plate*. *Bipolar plate* memiliki beberapa pola aliran dasar salah satunya tipe *serpentine*. Penelitian kali ini akan menggunakan metode simulasi pada fabrikasi *bipolar plate* pola aliran *serpentine* menggunakan software Ansys LS-Dyna 18.1.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka diperoleh rumusan masalah, bagaimana pengaruh variasi *corner radius* cetakan dan besar tekanan, terhadap kedalaman saluran alir *bipolar plate serpentine* menggunakan metode simulasi komputer Ansys LS-Dyna 18.1?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah proses penelitian maka perlu disusun batasan masalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan pada penelitian adalah metode simulasi komputer Ansys LS-Dyna 18.1.

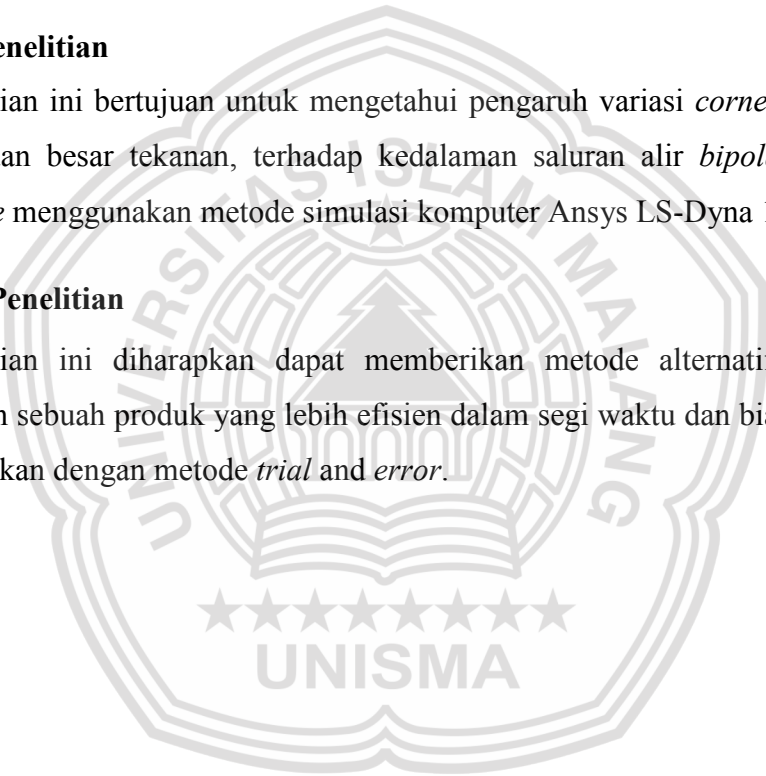
2. Model simulasi 3D yang digunakan adalah setengah dari keseluruhan geometri benda kerja.
3. Material yang digunakan diasumsikan homogen dan isotropik.
4. Tidak membahas koefisien dari gesekan pada simulasi.
5. Menggunakan variasi *corner radius* cetakan (0; 0.3; 0.5 dan 0.7 mm) dan tekanan (0.75; 1; 1.25 dan 1.5 MPa).
6. Temperatur material 450°C.
7. Penelitian ini hanya membahas hasil akhir dari simulasi.
8. Cetakan dimodelkan sebagai benda *rigid body* dalam keadaan ideal.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *corner radius* cetakan dan besar tekanan, terhadap kedalaman saluran alir *bipolar plate serpentine* menggunakan metode simulasi komputer Ansys LS-Dyna 18.1.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan metode alternatif dalam mendesain sebuah produk yang lebih efisien dalam segi waktu dan biaya, jika dibandingkan dengan metode *trial and error*.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi komputer pada proses pembentukan *bipolar plate serpentine*, dengan variasi tekanan dan variasi *corner radius* cetakan dengan cara pembentukan superplastis menggunakan *software* Ansys LS-Dyna 18.1. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kedalaman saluran alir *bipolar plate serpentine* akan meningkat dengan bertambahnya nilai *radius corner* cetakan dan besar tekanan dalam proses pembentukan superplastis pada simulasi dengan Ansys LS-Dyna18.1.
2. Kedalaman maksimum hasil simulasi terjadi pada tekanan 1.5 MPa dan *corner radius* cetakan 0.7 mm dengan kedalaman mencapai 1.69 mm dari AA 5052 dengan ketebalan 0.5 mm.
3. Pembentukan logam dengan metode superplastis dapat digunakan sebagai metode pembentukan alternatif untuk menghasilkan saluran aliran *bipolar plate* dengan tekanan gas relatif rendah.
4. Analisis elemen hingga oleh Ansys LS-Dyna dapat digunakan sebagai alat prediksi untuk proses pembentukan logam superplastis.



5.2 Saran

Kedepannya disarankan lebih mengembangkan penelitian yang sama tetapi menggunakan tipe saluran alir yang berbeda. Penelitian tentang performa *bipolar plate* tidak hanya dilakukan dengan proses pembentukannya saja, tetapi juga bisa dilakukan dengan secara aktual. Parameter ukur performa *bipolar plate* diteliti lebih lanjut yaitu dengan kondisi aktual *bipolar plate* menghasilkan aliran listrik.



DAFTAR PUSTAKA

- Abderezak, B. (2018). Introduction to Hydrogen Technology. *Introduction to Transfer Phenomena in PEM Fuel cell*, 1–51. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-291-5.50001-9>
- Chandra, N., Rama, S. C., & Chen, Z. (1999). Critical Issues in the Industrial Application of SPF-Process Modeling and Design Practices. *Materials Transactions, JIM*, 40(8), 723–736. <https://doi.org/10.2320/matertrans1989.40.723>
- Chang, D. H., & Wu, S. Y. (2015). The effects of channel depth on the performance of miniature proton exchange membrane *fuel cells* with serpentine-type flow fields. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(35), 11659–11667. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.153>
- Chen, T. C., & Ye, J. M. (2012). Analysis of stainless steel bipolar plates micro-stamping processes. *Przegląd Elektrotechniczny*, 88(9 B), 121–126.
- Choirotin, I., & Basjir, M. (2019). *Analisis Desain Cetakan Sederhana Bipolar plate Pada Proses Pembentukan Superplastis*. V(1). <http://dx.doi.org/10.36055/fwl.v0i0.4444>
- Hermann, A., Chaudhuri, T., & Spagnol, P. (2005). Bipolar plates for PEM fuel cells: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 30(12), 1297–1302. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2005.04.016>
- Hongyu, W., Zhen, W., Fei, T., Pengchao, Z., Juncai, S., & Shijun, J. (2019). Numerical simulation and experiment research on forming of two-step channel based on rubber pad pressing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(5–8), 2175–2189. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-3091-6>
- Hung, J. C., & Lin, C. C. (2012). Fabrication of micro-flow channels for metallic bipolar plates by a high-pressure hydroforming apparatus. *Journal of Power Sources*, 206, 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.01.112>
- Hung, J. C., Yang, T. C., & Li, K. C. (2011). Studies on the fabrication of metallic bipolar plates - Using micro electrical discharge machining milling. *Journal of Power Sources*, 196(4), 2070–2074. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.10.001>
- Jarrar, F. S., Liewald, M., Schmid, P., & Fortanier, A. (2014). Superplastic forming of triangular channels with sharp radii. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23(4), 1313–1320. <https://doi.org/10.1007/s11665-014-0878-y>
- Karimi, S., Fraser, N., Roberts, B., & Foulkes, F. R. (2012). A review of metallic bipolar plates for proton exchange membrane *fuel cells*: Materials and fabrication methods. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2012.

<https://doi.org/10.1155/2012/828070>

- Lee, S. J., Lee, C. Y., Yang, K. T., Kuan, F. H., & Lai, P. H. (2008). Simulation and fabrication of micro-scaled flow channels for metallic *bipolar plates* by the electrochemical micro-machining process. *Journal of Power Sources*, *185*(2), 1115–1121. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2008.07.087>
- Li, X., & Sabir, I. (2005). Review of *bipolar plates* in PEM *fuel cells*: Flow-field designs. *International Journal of Hydrogen Energy*, *30*(4), 359–371. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2004.09.019>
- Lim, S. S., Kim, Y. T., & Kang, C. G. (2013). Fabrication of aluminum 1050 micro-channel proton exchange membrane *fuel cell bipolar plate* using rubber-pad-forming process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *65*(1–4), 231–238. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4162-8>
- Liu, Y., & Hua, L. (2010). Fabrication of metallic *bipolar plate* for proton exchange membrane *fuel cells* by rubber pad forming. *Journal of Power Sources*, *195*(11), 3529–3535. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2009.12.046>
- Liu, Y., Hua, L., Lan, J., & Wei, X. (2010). Studies of the deformation styles of the rubber-pad forming process used for manufacturing metallic *bipolar plates*. *Journal of Power Sources*, *195*(24), 8177–8184. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.06.078>
- Mahabunphachai, S., Cora, Ö. N., & Koç, M. (2010). Effect of manufacturing processes on formability and surface topography of proton exchange membrane *fuel cell* metallic *bipolar plates*. *Journal of Power Sources*, *195*(16), 5269–5277. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.03.018>
- Mahabunphachai, S., & Koç, M. (2008). Fabrication of micro-channel arrays on thin metallic sheet using internal fluid pressure: Investigations on size effects and development of design guidelines. *Journal of Power Sources*, *175*(1), 363–371. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.09.036>
- Manso, A. P., Marzo, F. F., Mujika, M. G., Barranco, J., & Lorenzo, A. (2011). Numerical analysis of the influence of the channel cross-section aspect ratio on the performance of a PEM *fuel cell* with *serpentine* flow field design. *International Journal of Hydrogen Energy*, *36*(11), 6795–6808. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.02.099>
- T. Altan, S.I. Oh, H.L. Gegel, Metal forming: fundamentals and applications, American Society for Metals, 1983.
- Armila. (2012). Pengaruh α -case dan angka kekerasan (sifat mekanik) terhadap laju perubahan elongasi (deformasi) material Ti6AL4V hasil proses superplastis forming. *Vol 2, No 2 (2012)*
- (tech-etch.com/news/fcpr.html, di akses 25 Agustus 2020)

Tawfik, H., Hung, Y., & Mahajan, D. (2007). Metal *bipolar plates* for PEM *fuel cell-A review*. *Journal of Power Sources*, 163(2), 755–767.
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.09.088>

A.S.M.I.H. Committee, ASM International, 1993

