

METAL FOAM: HUBUNGAN LUAS PERMUKAAN SPESIFIK (m^2/Kg) DENGAN POROSITAS

Dody Prayitno^{1)*}

¹⁾Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Trisakti

*Corresponding Author : dodyprayitno@trisakti.ac.id

Diterima: 30 Juli 2024	Revisi: 5 Agustus 2024	Disetujui: 6 Agustus 2024	Terbit: Agustus 2024
------------------------	------------------------	---------------------------	----------------------

ABSTRAK

Material foam (material berpori) memiliki banyak keunggulan sehingga diaplikasi diberbagai bidang Teknik. Pada material berpori, konsep tentang luas permukaan spesifik dan kaitannya dengan porositas akan membantu dalam memahami karakterisasi material berpori. Tujuan penelitian adalah mengetahui hubungan luas permukaan spesifik *aluminium foam* (m^2/kg) dengan porositasnya (%). Metode penelitian. Aluminium bar di potong menjadi bentuk kubus lalu di bor. Jumlah lubang bor menunjukkan variasi porositas. Sampel setiap kubus ditimbang dan dihitung luas permukaan spesifiknya. Selain dari pada itu dilakukan penghitungan porositas. Hasil penelitian. Dengan diameter lubang pori 3 mm, peningkatan porositas sampai dengan 30 % akan diikuti secara linear dengan penambahan luas permukaan spesifik *aluminium foam*.

Kata Kunci : Metal Berpori (*Metal Foam*), Luas Permukaan Spesifik, Porositas

I PENDAHULUAN

Material foam (material berpori) memiliki banyak keunggulan sehingga diaplikasi diberbagai bidang Teknik. Pada material berpori, konsep tentang luas permukaan spesifik dan kaitannya dengan porositas akan membantu dalam memahami karakterisasi material berpori. (Syed Rizwanullah Hussaini, 2021). Penelitian ini menggunakan pori berukuran 4,00 – 6,00 μm . Penelitiannya memperlihatkan bahwa luas permukaan spesifik meningkat seiring bertambahnya porositas, sementara di tempat lain perilaku sebaliknya diamati.

Pada *metal foam*, ukuran pori berkisar 0,5 sampai 5 mm bahkan beberapa hal khusus menjadi 10 mm.

Hubungan luas permukaan spesifik dengan porositas ini adalah penting dalam banyak aplikasi industri seperti pada reaksi elektrokimia maka diperlukan sebuah model matematik yang menghubungkan kedua hal tersebut.

1.1. Tujuan penelitian.

Tujuan penelitian adalah mengetahui hubungan luas permukaan spesifik *aluminium foam* (m^2/kg) dengan porositasnya (%).

II STUDI PUSTAKA

Metal foam menawarkan berbagai keunggulan karena strukturnya yang unik. Keunikan tersebut menyebabkan *metal foam* diaplikasikan pada beberapa bidang. *Metal foam* ringan. Bila dibandingkan dengan logam pada maka busa logam jauh lebih ringan,

sehingga cocok untuk industri dirgantara atau otomotif. *Metal foam* memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi karena struktur selulernya memberikan kekuatan mekanik yang baik sekaligus menjaga bobot tetap rendah. Sifat *metal foam* dengan banyak berpori memungkinkannya menyerap energi benturan secara efektif. Sifat ini diaplikasikan pada peralatan pelindung tabrakan atau keselamatan. (Asbhy, 2000; Dody,2023).

2.1 Luas Permukaan Spesifik *Metal Foam*

Luas Permukaan ialah luas permukaan mengacu pada total area permukaan eksternal dari material, termasuk permukaan dalam pori-pori jika material tersebut berpori.

Luas Permukaan Spesifik merupakan istilah yang dipakai oleh material berpori. Luas permukaan spesifik merupakan ukuran unit luas area per unit massa (m^2/kg) atau dapat juga ukuran dari unit luas area per unit volume (m^2/m^3).

Luas permukaan *metal foam* (metal berpori) dapat menjadi hal yang penting terutama dalam meningkatkan masa pakai anoda, seperti pada sel elektrokimia. Peningkatan Luas Permukaan akan memberikan dampak pada

- Lebih banyak lokasi aktif untuk reaksi elektrokimia, yang dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi anoda.
- Anoda dapat mendukung laju reaksi yang lebih tinggi, yang dapat menghasilkan kinerja dan efisiensi perangkat secara keseluruhan yang lebih baik.
- Membantu memastikan bahwa bahan aktif terdistribusi secara merata, mencegah degradasi lokal dan memperpanjang umur anoda.
- Dengan mengoptimalkan luas permukaan, menghasilkan pemanfaatan anoda yang lebih efisien dan lebih sedikit limbah.

Metode Mengukur Luas Permukaan untuk Aplikasi Anoda: pertama. Analisis Luas permukaan BET: Berguna untuk pengukuran luas permukaan yang tepat berdasarkan adsorpsi gas. Kedua. Analisis Gambar: Pencitraan resolusi tinggi dapat digunakan untuk menganalisis dan mengukur luas permukaan, terutama untuk struktur busa yang kompleks.

2.2. Porositas

Porositas ialah ukuran banyaknya ruang kosong (voids) dalam suatu material dibandingkan dengan total volume material tersebut. Porositas dinyatakan dalam persentase.

Porositas dan luas permukaan memiliki keterkaitan satu dengan lainnya dalam material seperti logam berpori (*metal foam*). pada umumnya peningkatan porositas menyebabkan penambahan jumlah permukaan internal di dalam pori-pori, sebab pori-pori tersebut memiliki dinding yang juga memiliki luas permukaan. Sehingga, walaupun volume material solid berkurang karena adanya pori-pori, namun luas permukaan total meningkat

Perhitungan porositas material (contoh aluminium foam, (dody, 2023)) dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Porositas} = (1 - (\rho_{\text{real}} / \rho_{\text{teoritis}})) \quad [1]$$

Dimana

ρ_{real} = berat jenis aluminium real;

ρ_{teoritis} = berat jenis teoritis aluminium

2.3 Hubungan Luas Permukaan Spesifik Dengan Porositas

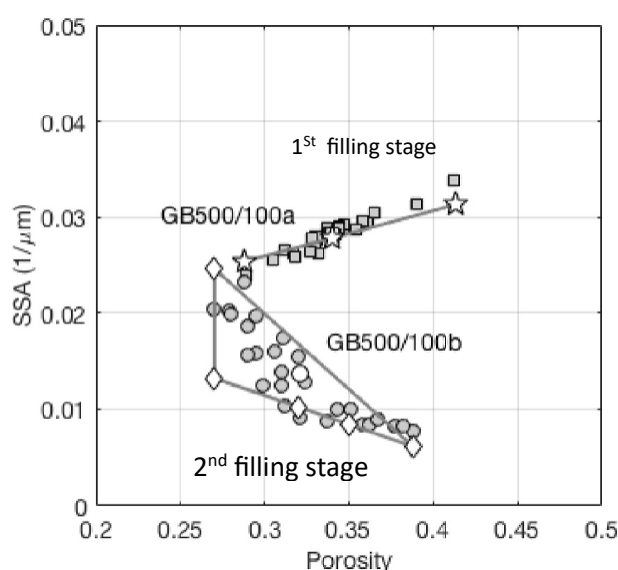
Syed Rizwanullah melakukan penelitian hubungan luas permukaan spesifik dengan porositas. Beliau mendapati bahwa dalam beberapa sampel digital granular, luas permukaan spesifik meningkat seiring bertambahnya porositas, namun di tempat lain perilaku sebaliknya diamati seperti terlihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. (Syed Rizwanullah Hussaini, 2021)

Syed memodelkan secara analitis evolusi geometri ruang pori sebagai campuran biner partikel besar dan kecil. Dimana yang kecil partikel secara bertahap mengisi pori-pori kerangka partikel besar yang tidak terganggu, luas permukaan spesifik menjadi lebih besar seiring dengan berkurangnya porositas. (Gambar 1. 1st filling stage). Namun perilaku sebaliknya terjadi ketika partikel-partikel besar yang berbeda tertanam ke dalam kontinum partikel kecil partikel. Semakin kecil jumlah partikel besar semakin tinggi porositasnya dan semakin besar luas permukaan spesifiknya. Jika partikel-partikel dalam satu bungkus berukuran seragam, luas permukaan spesifik akan tereduksi seiring bertambahnya porositas.(Gambar 1. 2nd filling stage)

Tabel 1

Glass beads. Sample ID; volume size measured as the number of voxels; *individual voxel size* (μm); *weight (volume) fraction of 500 μm beads*; *weight (volume) fraction of 100 μm beads*; *the total porosity (%)*, and *specific surface area SSA* ($1/\mu\text{m}$). The sample ID's listed will be used throughout the text below.

Sample Id	Volume size	Voxel Size	GB500 Fraction	GB100 Fraction	Porosity	SSA
GB500	804 ³	6.00	1.0000	0.0000	36.22	0.0070
GB100	900 ³	2.97	0.0000	1.0000	37.15	0.0391
GB500/100a	900 ³	2.97	0.4340	0.5660	33.95	0.0282
GB500/100b	900 ³	2.97	0.8460	0.1540	32.04	0.0136
FP	492 ³	4.00	n/a	n/n	36.31	0.0186



Gambar 1

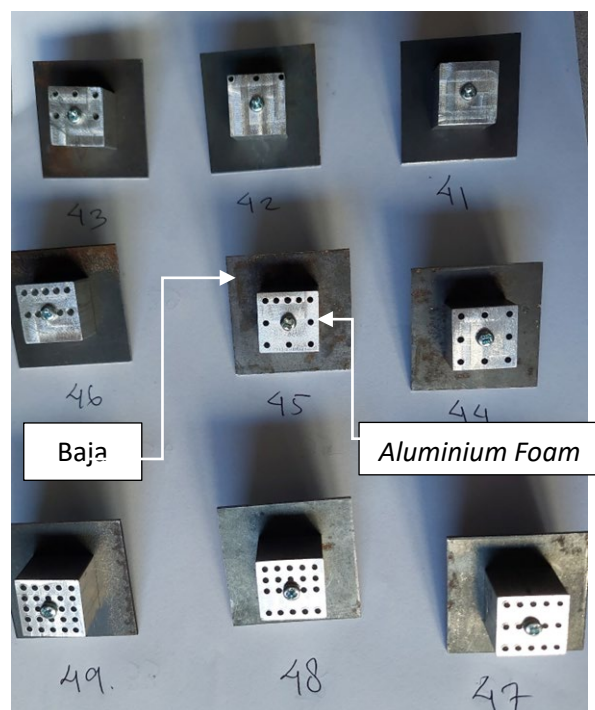
2.4 Ukuran Pori Pada Metal Casting Foam

Biasanya, ukuran pori pada logam berpori (*metal foam*) sebagai berikut: (Jean Philippe, 2008):

- Pori-pori Kecil: diameternya sekitar 0,5 hingga 1 milimeter.
- Pori-pori Sedang: diameternya sekitar 1 hingga 5 milimeter.
- Pori-pori Besar: diameternya bisa melebihi 5 milimeter, dan beberapa busa khusus mempunyai pori-pori hingga 10 milimeter atau lebih.

III METODE

Sebuah penelitian *aluminium foam* dirancang untuk dapat mengetahui hubungan luas permukaan spesifik (m^2/kg) dengan persentase porositas. Pembuatan sampel. Aluminium batang dipotong menjadi 5 grup sampel. Setiap grup sampel memiliki 9 sampel. Sampel aluminium berukuran 19 x 19 x 20 mm. Setiap sampel dibor dengan diameter 3 mm. sampel Jumlah lubang bor akan menyebabkan variasi dalam persentase porositas. Setiap sampel diasumsikan sebagai *aluminium foam*. Gambar 2 memperlihatkan sampel *aluminium foam* dari grup 4



Gambar 2. Sampel *Aluminium Foam*

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persentase Porositas

Persentase porositas pada penelitian ini adalah 3 ; 6; 7; 10; 13; 15; 21; 26; dan 28.

Dalam penghitungan porositas digunakan persamaan [1]. Berikut ini adalah contoh perhitungan porositas pada *aluminium foam* untuk sampel no 41 (Gambar 2). Berat sampel adalah 12.896 gram. Panjang , lebar dan tinggi sampel masing – masing adalah 19,10 mm; 19,0 mm dan 13,60 mm.

$$\text{Volume} = 19,10 \times 19,0 \times 13,6 = 4935 \text{ mm}^3 = 4,935 \text{ cm}^3 \quad [2]$$

$$\rho \text{ real} = \text{berat/volume} = 12,896 \text{ gram}/4.935 \text{ cm}^3 = 2.6 \text{ gram/cm}^3 \quad [3]$$

$$\text{Porositas} = (1 - \rho \text{ real}/\rho \text{ teoritis}) = (1 - (2,6/2,7)) = 0,037 \quad [4]$$

$$\text{Porositas (\%)} = 0,037 \times 100 \% = 3.7 \% \quad [5]$$

4.2 Luas Permukaan spesifik *Aluminium Foam*

Pada penelitian ini luas permukaan spesifik adalah ukuran luas permukaan (m^2) per unit massa (kg) dari material berpori.

Luas permukaan spesifik adalah luas permukaan luar ditambah luas permukaan dalam dari pori-pori. Dalam perhitungan luas permukaan luar, diasumsikan permukaan luarnya tidak memiliki pori. Selain itu diasumsikan juga bahwa pori-porinya berbentuk selinder, sehingga permukaan dalam pori-pori dihitung sebagai selimut tabung.

Contoh perhitungan luas permukaan spesifik *aluminium foam* ini, menggunakan sampel no 41, dimana terdapat 1 buah pori (diameter 3 mm). Perhitungan dimulai dengan menghitung luas permukaan dalam pori (atau selimut tabung) yang dilanjut dengan perhitungan luas permukaan luar. Akhirnya akan didapat luas permukaan total.

$$\text{Luas permukaan dalam} = \pi.D.h \quad [6]$$

$$\text{Luas permukaan dalam} = 3,14 \times 3 \times 13,60 \text{ mm}^2 \quad [7]$$

$$\text{Luas permukaan dalam} = 128.112 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas permukaan luar}$$

$$= 2((19,10 \times 19,10) + (19,10 \times 13,60) + (19,10 \times 13,60)) \\ = 1765.38 \text{ mm}^2 \quad [8]$$

$$\text{Luas permukaan total}$$

$$= 1765.38 \text{ mm}^2 + 128,112 \text{ mm}^2 = 1893,49 \text{ mm}^2 \quad [9]$$

$$\text{Luas permukaan spesifik} = \text{luas permukaan total/massa} \quad [10]$$

$$\text{Luas permukaan spesifik} = 1893,49 \text{ mm}^2/12,896 \text{ gram} \quad [11]$$

$$= 0.15 \text{ mm}^2/\text{gram} = 0.015 \text{ m}^2/\text{kg} \quad [12]$$

4.3 Hubungan Luas Permukaan Spesifik Dengan Porositas.

Pada penelitian ini, terlihat pada peningkatan porositas (%) akan meningkatkan luas permukaan spesifik *aluminium foam* (m^2/kg) sebagaimana terlihat pada gambar 3. Pada porositas 3 %, 10%, 15% dan 21% luas permukaan spesifik masing- msing adalah 0.015 (m^2/kg). 0.021 (m^2/kg); 0.025 (m^2/kg) dan 0.031 (m^2/kg).

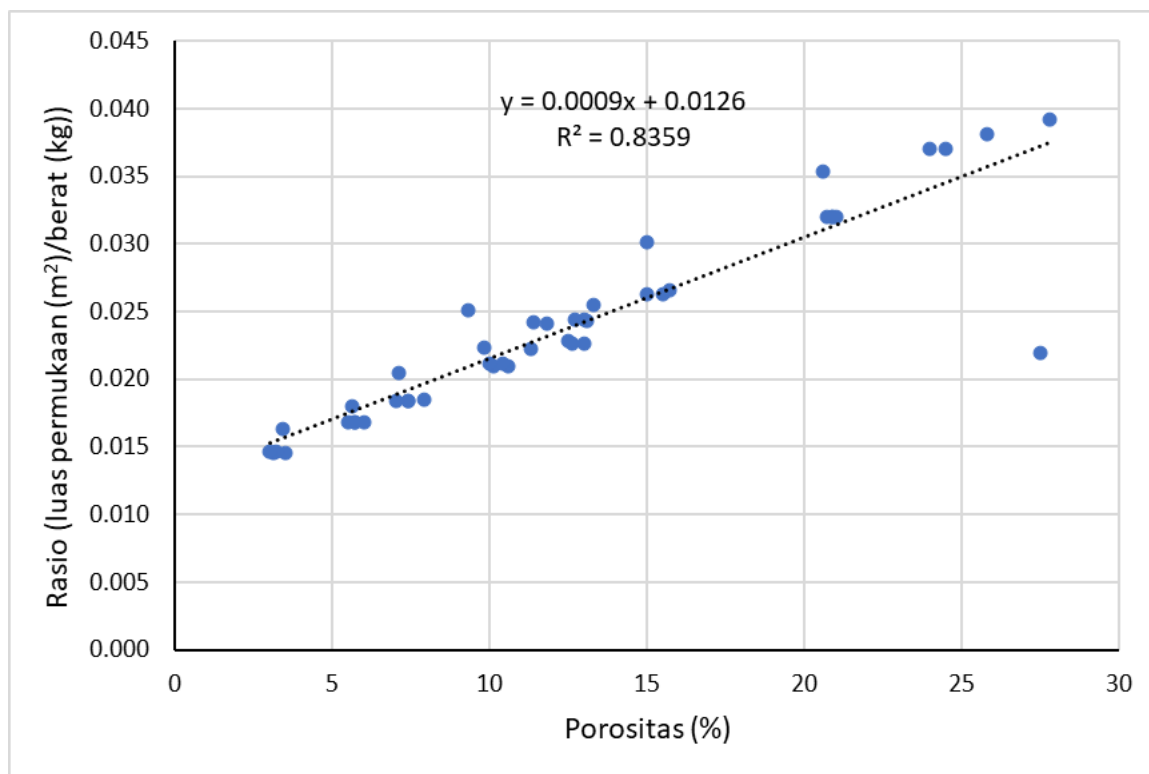
Hubungan luas permukaan spesifik dengan porositas dapat ditulis dengan persamaan linear sebagai berikut :

$$Y = 0.0009x + 0,0126 \quad [13]$$

Dimana ‘

$$Y = \text{luas permukaan spesifik (m}^2/\text{kg)}$$

$$X = \text{porositas aluminium foam (\%)}$$



Gambar 3. Luas permukaan spesifik (m²/kg) vs porositas (%)

V KESIMPULAN

Penelitian menggunakan *aluminium foam* berpori dengan bentuk kubus dengan pori berdiameter 3 mm. Persentase pori 3% sampai 30%.

Secara umum, peningkatan porositas pada material berpori akan meningkatkan luas permukaan total, termasuk permukaan internal pori-pori.

Hubungan luas permukaan spesifik dengan porositas dapat ditulis dengan persamaan:

$$Y = 0.0009x + 0,0126$$

Dimana ‘

Y = luas permukaan spesifik aluminium foam (m²/kg)

X = porositas *aluminium foam* (%)

DAFTAR PUSTAKA

- M.F. Ashby, A.G. Evans, N.A. Fleck, L.J. Gibson, *Metal Foams: A Design Guide*, J.W. Hutchinson and H.N.G. Wadley, 2000 by Butterworth-Heinemann.
- Syed Rizwanullah Hussaini, Jack Dvorkin,” Specific surface area versus porosity from digital images: High-porosity granular samples
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108961>]
- Jean-Philippe BonnetFrederic TopinFrederic TopinLounes TadristsLounes Tadrists, Flow Laws in Metal Foams: Compressibility and Pore Size Effects, June 2008Transport in Porous Media 73(2):233-254, DOI: 10.1007/s11242-007-9169-5
- Annas Yuniar Konsinyawan, Dody Prayitno , 2023, Karakterisasi Laju Korosi Baja SS400, SPAH 3125, dan S45C Dalam Simulasi Gelombang Laut, Metrik Serial Humaniora

- Dan Sains(E): Issn 2774-2377. Vol:4, No:2, Tahun 2023, (online)
<https://Publikasi.Kocenin.Com/Index.Php/Huma/Article/View/483/406>
- Dody Prayitno, Aji Dwi Prasetyo, 2023, Proteksi Katodik: Pengaruh Bentuk Bangun Ruang terhadap Laju Korosi Anoda, Metrik Serial Humaniora Dan Sains, (E): Issn 2774-2377. Vol:4, No:1, Tahun 2023, (online)
<https://Publikasi.Kocenin.Com/Index.Php/Huma/Article/View/435/371>
- Dody Prayitno, Paskha Putra Indayanto, 2021, Pengaruh Hardening Terhadap Korosi Pada Baja S45C, Metrik Serial Teknologi Dan Sains.(E) Issn: 2774-2989. Vol: 2. No: 2. (2021), (online)
<https://Publikasi.Kocenin.Com/Index.Php/Teksi/Article/View/238/195>
- Dody Prayitno. Joko Riyono . Daisman P. B. Aji, Anisa D. I ,2020, Effect Of Heat Treatment On The Corrosion Rate Of S45c Steel , Metrik Serial Teknologi Dan Sains. Vol.1 No.1, (online) <https://Publikasi.Kocenin.Com/Index.Php/Teksi/Article/View/113>
- Dody Prayitno, M Irsyad, Effect of Ratio of Surface Area on The Corrosion Rate, Sinergi, Vol 22, No 1, 2018.