

# Simulasi Laju Aliran Pengecoran Dalam Proses Pembuatan Blok Silinder Motor Bakar

Octo Muhammad Yamin

Email: octomhdyamin@gmail.com

Program Studi Teknik Mesin Universitas Amir Hamzah

Jl. Pancing Pasar V Barat, Medan Estate, Sumatera Utara

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *pressure drop* dengan kecepatan masuk (*velocity*). Proses pengecoran pembuatan blok silinder motor bakar dilakukan dengan cara menuang material yang telah di lelehkan ke dalam cetakan. Bahan pada cetakan menggunakan pasir silika atau material *Carbon Dioxide*, Fluida yang di gunakan dalam penelitian ini adalah alumunium cair. Dalam simulasi pengecoran menggunakan sebuah metode, yaitu metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan menggunakan *software Solidwork 2014*. Hasil yang diperoleh dari pengolahan data disusun berbentuk Tabel dan Grafik. Grafik yang diamati terdiri antara *pressure drop* terhadap sumbu Z dengan Velocity yang sudah diasumsikan. Dari grafik yang di hasilkan diharap mampu memberikan hasil penuangan yang baik dalam nilai kecepatan.

**Kata Kunci :** Simulasi, Laju Aliran, CFD

## Pendahuluan

Sebuah motor bakar pada kendaraan roda 2 memiliki komponen utama yaitu blok silinder, blok silinder merupakan sistem mekanik yang berfungsi sebagai tempat Bergeraknya piston dan terjadinya proses pembakaran. Saat ini bahan yang digunakan untuk pembuatan blok silinder yaitu baja campuran, tetapi dengan lebih menekankan pada peningkatan efisiensi pada blok silinder yaitu menggunakan logam alumunium pada proses pengecorannya. Pengecoran (*casting*) adalah suatu proses penungan materi cair seperti logam atau plastik yang dimasukkan kedalam cetakan. Pengecoran cetakan pasir (*sand casting*) merupakan metode yang banyak digunakan pada industri pengecoran aluminium [1]. Fluida merupakan zat yang berubah bentuk secara kontinu (terus-menerus) bila mendapatkan tegangan geser, walaupun tegangan geser tersebut kecil. Tegangan geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan. Zat yang tergolong sebagai fluida yaitu zat cair dan zat gas (dalam keadaan suhu yang sangat tinggi disebut dengan plasma) [2]. Pada tahun 1994 peneliti dari Mesir menyebutkan Penggunaan logam sebagai komponen / part sangat penting untuk diketahui bagaimana proses pembentukan sesuai dimensi yang di inginkan. Komponen yang beragam bentuk dan dimensi yang sangat rumit ini, pembentukannya menggunakan mesin produksi. Komponen/part juga lebih banyak menggunakan metode pengecoran. Pengecoran logam merupakan proses penuangan logam cair dari hasil peleburan selanjutnya di tuangkan ke dalam cetakan [3]. Porositas oleh gas hidrogen dalam benda cetak paduan aluminium silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut [4]. Pada proses penuangan hidrogen yang larut selama peleburan akan tertinggal setelah proses pembekuannya, karena kelarutannya pada fasa cair lebih tinggi dari pada fasa padat [5]. Dalam sistem dan proses pengecoran tidak lepas dari cetakan, cetakan inilah yang bisa mempengaruhi logam dari segi kekerasan dan bentuk logam. Cetakan yang sering digunakan saat pengecoran sampai saat ini adalah cetakan pasir, dan cetakan tanah [6]. Di bidang Otomotif Khususnya pada kendaraan roda 2 baik motor bakar 2 tak maupun 4 tak banyak komponen part yang dihasilkan dari proses pengecoran contohnya pada blok silinder, kepala silinder, piston, dan, poros engkol [7].

## Dasar Teori

Ruang bakar terdiri dari *casing* dan *liner*. *Casing* adalah bagian selongsong luar ruang bakar yang berfungsi mengatur aliran udara sebelum memasuki *liner* dan melindungi komponen mesin dan lingkungan luar dari radiasi panas ruang bakar. Di bagian dalam *casing* terdapat *liner*. *Liner* merupakan bagian ruang bakar yang fungsinya sebagai tempat berlangsungnya reaksi pembakaran[8].

## Cetakan Pasir

Cetakan pasir adalah cetakan yang terbuat dari bahan pasir yang diberi bahan pengikat. Pasir yang sering digunakan adalah pasir silika, baik pasir silika alam maupun pasir silika buatan kwarsit. Bahan yang paling banyak digunakan adalah bentonit. Cetakan pasir yang digunakan pada pengecoran logam buca besi (logam non ferrous) selain magnesium menggunakan campuran sebagai berikut:

1. Pasir silika  
Dengan AFS finenes 130 dan butiran pasir subangular : 81,5%
2. Bentonit : 16%
3. Graphite : 2%
4. Corn Flour : 0,5%
5. Kadar Air : 4-5%

Campuran cetakan pasir ini memiliki kekuatan tekan basah (green compressive strength) sebesar 0,55 sampai 0,7 kg/cm<sup>2</sup> dan permeability sebesar 25 sampai 35 cm<sup>3</sup>/min [9].

## Shrinkage pada Pengecoran Besi Cor Nodular

Penyusutan cacat pengecoran terjadi karena pengecilan volume ketika logam mengalami pembekuan akibat adanya laju pendinginan logam cair pada rongga cetak. Bentuk cacat shrinkage biasanya dikelilingi oleh kristal-kristal dendrit, yang terjadi pada saat pembekuan logam cair. Saat logam membeku, tiap bagian coran yang mempunyai dimensi yang berbeda bentuknya akan mempunyai kecepatan pembekuan yang berlainan seperti pada dinding cetakan dan pada bagian tengah rongga cetak. Rongga susut mempunyai permukaan yang kasar dan cenderung intergranular[10].

### Pembekuan paduan

Apabila logam yang terdiri dari dua unsur atau lebih didinginkan dari keadaan cair, maka butir-butir kristalnya akan berbeda dengan butir-butir kristal logam murni.

### Pembekuan coran

Pembekuan coran dimulai dari bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan, yaitu panas logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan mendingin sampai titik beku dan kemudian inti-inti kristal tumbuh [11].

Pengecoran squeeze adalah proses pengecoran dengan memberikan tekanan saat pembekuan dan merupakan penggabungan keunggulan proses tempa (*Forging*) dan coran (*casting*). Proses pengecoran squeeze mampu meningkatkan sifat fisik dan mekanis terutama dengan paduan dasar Aluminium dan Magnesium [12]. Program simulasi solidifikasi casting yang tersedia memiliki banyak kemampuan untuk mengevaluasi cacat dan dimasa lalu secara signifikan. Paduannya banyak digunakan diberbagai sektor seperti otomotif, kelautan, pertahanan, transportasi [13,14].

## METODE PENELITIAN

### Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan *engineering tools* analisis sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan model matematis yang valid secara simultan dengan bantuan komputer. Fenomena-fenomena pada suatu sistem dapat dimodelkan dengan menggunakan kode CFD yang merupakan rentetan algoritma numerik yang mewakili fenomena perpindahan, aliran fluida, reaksi kimia, dll. CFD sendiri memiliki langkah-langkah sistematis yang harus dipenuhi agar hasil analisis menjadi akurat. Tahap dalam CFD tersebut adalah *pre-processing*, *solver*, dan *post-processing*[15].

*Pre-processing* meliputi analisa awal mengenai fenomena yang terjadi serta pengumpulan data yang diperlukan untuk metode solver. Langkah-langkah dalam tahap ini:

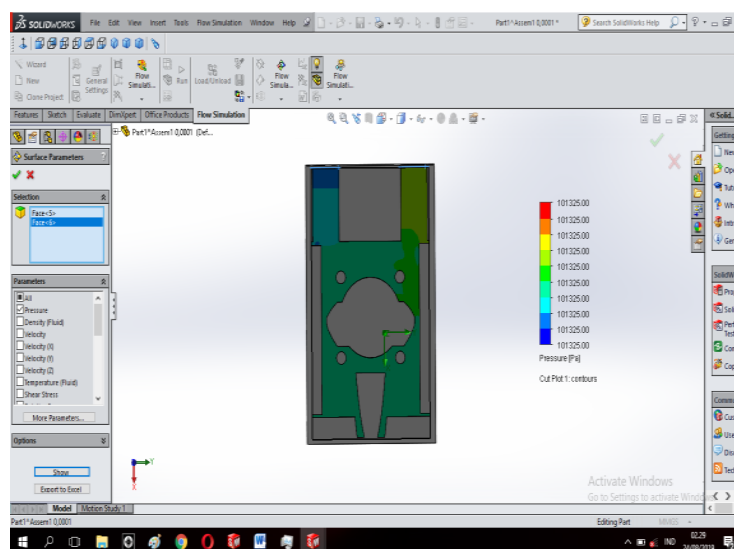
- Pendefinisian dimensi geometri yang dianalisis baik 2D atau 3D dengan ukuran yang riil.
- *Grid generation*, yaitu pembagian domain geometri menjadi beberapa *boundary condition* yang disesuaikan dengan fenomena pada sistem yang dianalisis.
- Pendefinisian fenomena fisik dan kimia yang perlu dimodelkan.
- Pendefinisian *boundary condition* (kondisi batas) pada geometri.
- Pembagian geometri menjadi sejumlah kontrol volume atau *cell* (sel). Keakuratan penyelesaian CFD ditentukan oleh jumlah sel dalam grid dan karakteristik grid tersebut.
- Penyelesaian permasalahan aliran (kecepatan, tekanan, temperatur, dan sebagainya) yang didefinisikan pada titik nodal dalam tiap sel.

## 1. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi yang diperoleh dari pengolahan data disusun berbentuk Tabel dan Grafik. Grafik yang diamati terdiri antara *pressure drop* terhadap sumbu Z, *Velocity* terhadap *Pressure Drop*. Dari grafik yang di hasilkan diharap mampu memberikan hasil penuangan yang baik dalam nilai kecepatan.

### Simulasi *Velocity* 0.0001 m/s

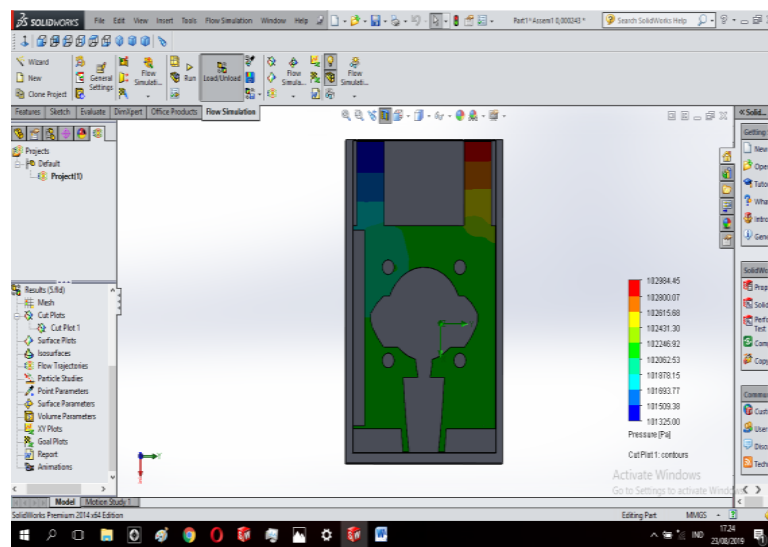
Adapun simulasi aliran dalam proses penuangan pada cetakan blok silinder menggunakan aluminium cair. Dan cetakan tersebut dibuat dari pasir cetak dengan nilai *velocity* yang diasumsikan 0.0001 m/s seperti yang ada pada gambar 1.



Gambar 1. *Pressure* dengan *Velocity* 0.0001 m/s

Dari tampilan simulasi diatas dapat mengetahui nilai *pressure* tertinggi dari aliran fluida dalam simulasi dengan *velocity* 0.0001 m/s, nilai *pressure* maksimal adalah 101325.001 Pa.

Dari *velocity* fluida yang masuk melalui sumbu Z yaitu dengan kecepatan maksimal  $6.89601353\text{e-}005$  m/s dan minimum  $-6.66403248\text{e-}005$  m/s dengan *pressure drop* 101325.00 Pa yang terlihat pada gambar 2.



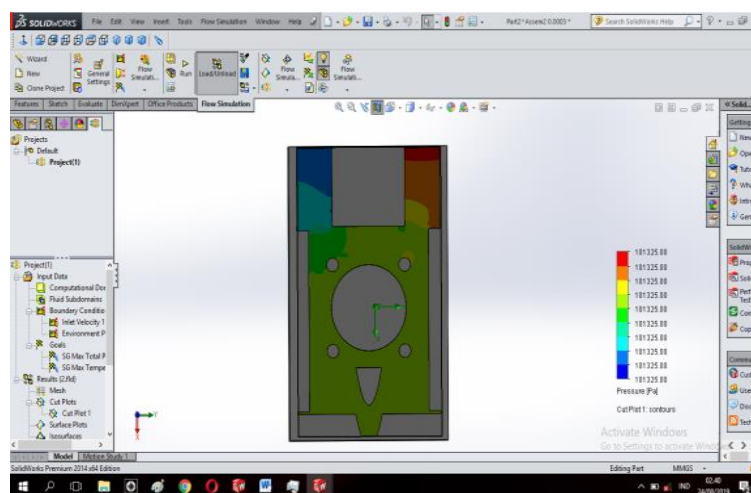
Gambar 2 *velocity* 0.0001 m/s sumbu Z

Tabel 1 Report *velocity* 0.0001 m/s

Name	Minimum	Maksimum
Pressure [Pa]	101325 Pa	101325.001 Pa
Temperature [K]	293.2 K	293. K
Density Fluid [kg/m^3]	2702 kg/m^3	2702 kg/m^3
Velocity [m/s]	0 m/s	0.000251800729 m/s
Velocity (X) [m/s]	-0.000218755465 m/s	0.000237020108 m/s
Velocity (Y) [m/s]	-0.000116786332 m/s	5.11335006e-005 m/s
Velocity (Z) [m/s]	-6.66403248e-005 m/s	6.89601353e-005 m/s
Temperature (Fluid) [K]	293.2 K	293.2 K
Vorticity [1/s]	2.9439004e-006 1/s	0.0510168572 1/s
Relative Pressure	-0.000262149304 Pa	0.00107108826 Pa

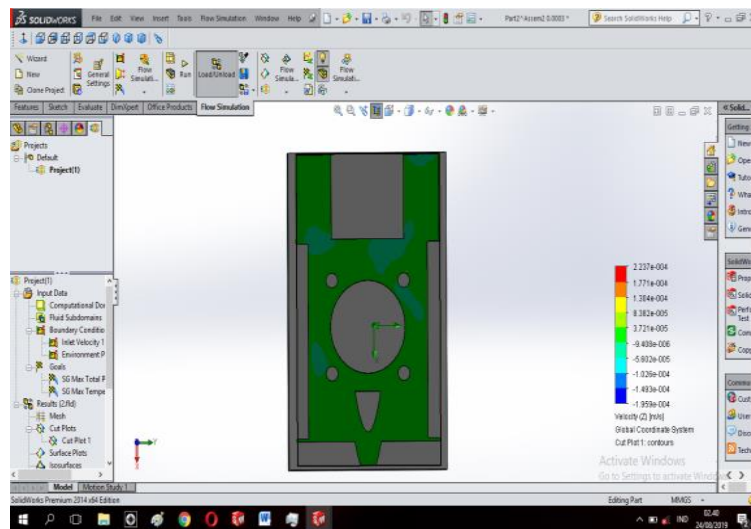
### Simulasi *Velocity* 0,0003 m/s

Nilai *velocity* yang diasumsikan 0,0003 m/s dapat terlihat nilai *pressure* lebih besar dari *velocity* 0,0001 m/s yaitu 101325.002 Pa maksimal yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3 *Pressure* dengan *Velocity* 0.0003 m/s

Pada sumbu Z dengan *Velocity* 0,0003 m/s memiliki nilai kecepatan maksimal 0.000223672869 m/s dan minimal -0.000195873466 m/s dengan *pressure drop* 101325.00 Pa seperti pada gambar 4.



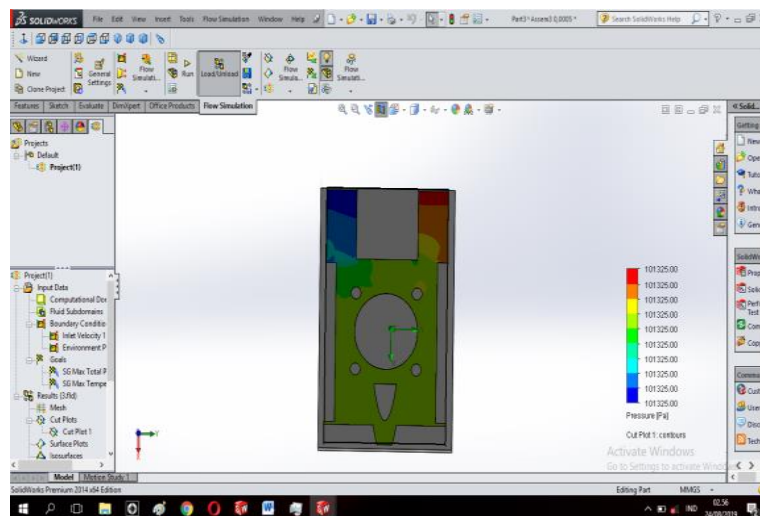
Gambar 4 *velocity* 0.0003 m/s sumbu Z

Tabel 2 Report *velocity* 0.0003 m/s

Name	Minimum	Maksimum
Pressure [Pa]	101325 Pa	101325.002 Pa
Temperature [K]	293.2 K	293.2 K
Density Fluid [kg/m^3]	2702 kg/m^3	2702 kg/m^3
Velocity [m/s]	0 m/s	0.000635465222 m/s
Velocity (X) [m/s]	-0.000599043141 m/s	0.00060772581 m/s
Velocity (Y) [m/s]	-0.000343398648 m/s	7.97630452e-005 m/s
Velocity (Z) [m/s]	-0.000195873466 m/s	0.000223672869 m/s
Temperatured (Fluid) [K]	293.2 K	293.2 K
Vorticity [1/s]	9.46126596e-006 1/s	0.118331555 1/s
Relative Pressure	-0.000331044794 Pa	0.00186267451 Pa

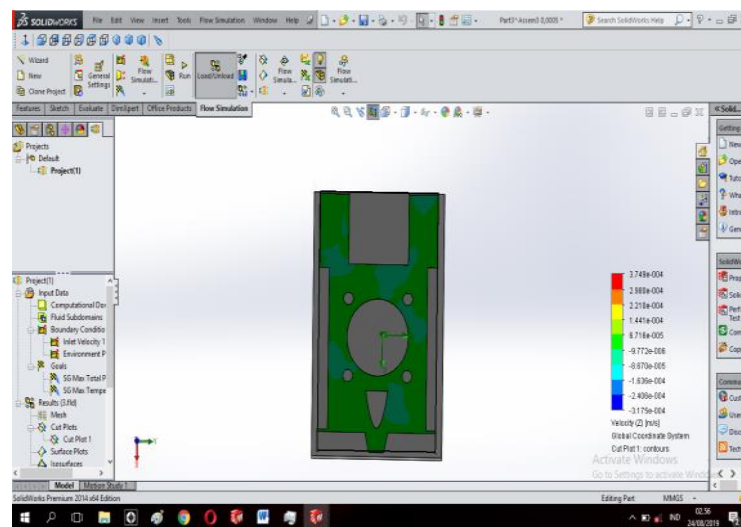
### Simulasi *Velocity* 0,0005 m/s

Nilai *velocity* yang diasumsikan 0,0005 m/s dapat terlihat nilai *pressure* lebih besar dari *velocity* 0,0003 m/s yaitu 101325.003 Pa maksimal seperti pada gambar 5.



Gambar 5 *Pressure* dengan *Velocity* 0.0005 m/s

Pada sumbu Z dengan *Velocity* 0,0005 m/s memiliki nilai kecepatan maksimal 0.000374888821 m/s dan minimal -0.000317500426 m/s dengan *pressure drop* 101325.00 Pa seperti pada gambar 6.



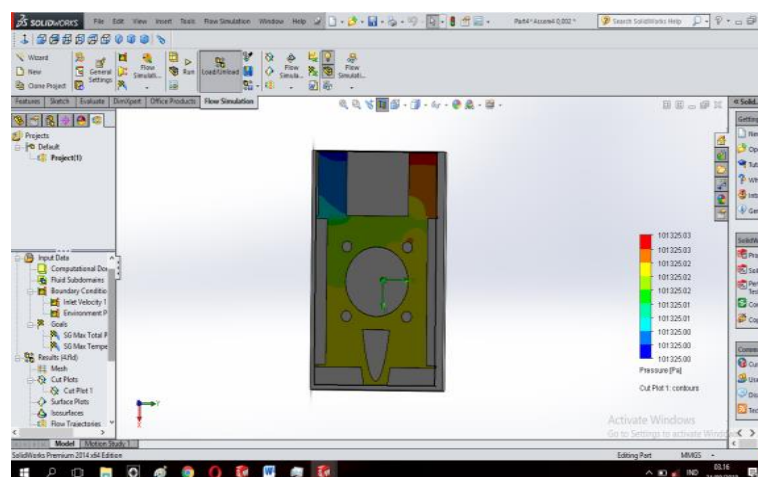
Gambar 6 *velocity* 0.0005 m/s sumbu Z

Tabel 3 Report *velocity* 0.0005 m/s

Name	Minimum	Maksimum
Pressure [Pa]	101325 Pa	101325.003 Pa
Temperature [K]	293.2 K	293.2 K
Density Fluid [kg/m^3]	2702 kg/m^3	2702 kg/m^3
Velocity [m/s]	0 m/s	0.000983895186 m/s
Velocity (X) [m/s]	-0.000954154858 m/s	0.000958175298 m/s
Velocity (Y) [m/s]	-0.000529985487 m/s	0.000132759809 m/s
Velocity (Z) [m/s]	-0.000317500426 m/s	0.000374888821 m/s
Temperated (Fluid) [K]	293.2 K	293.2 K
Vorticity [1/s]	6.07493589e-006 1/s	0.196649028 1/s
Relative Pressure	0.00344533492 Pa	0.00344533492 Pa

### Simulasi *Velocity* 0,002 m/s

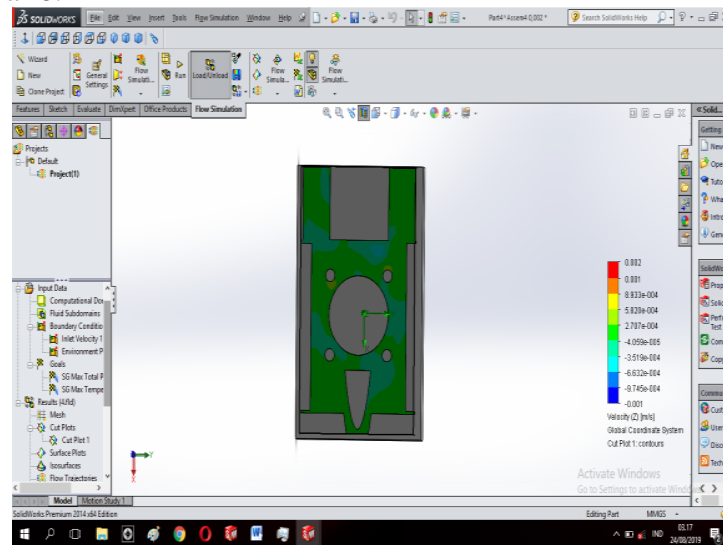
Nilai *velocity* yang diasumsikan 0,002 m/s dapat terlihat nilai *pressure* lebih besar dari *velocity* 0,0005 m/s yaitu 101325.03 Pa maksimal seperti pada gambar 7.



Gambar 7 *Pressure* dengan *Velocity* 0.002 m/s



Pada sumbu Z dengan *Velocity* 0,002 m/s memiliki nilai kecepatan maksimal 0.00151586937 m/s dan minimal -0.00128575803 m/s dengan *pressure drop* 101325.01 Pa seperti pada gambar 8.



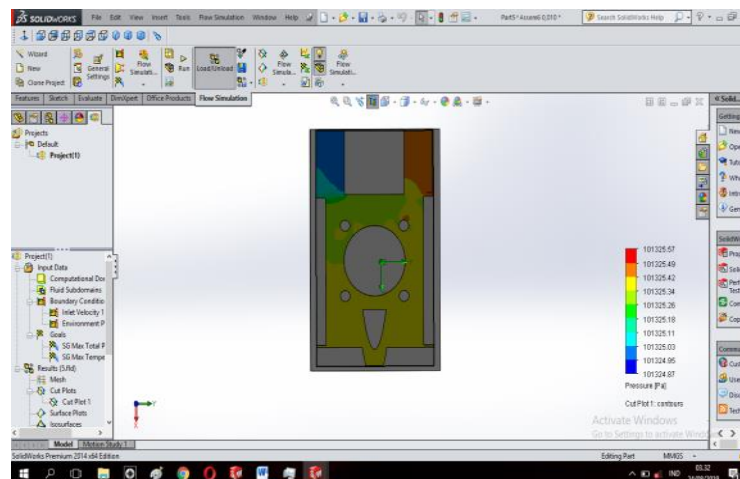
Gambar 8 *velocity* 0.002 m/s sumbu Z

Tabel 4.4 Report *velocity* 0.002 m/s

Name	Minimum	Maksimum
Pressure [Pa]	101324.997 Pa	101325.03 Pa
Temperature [K]	293.2 K	293.2 K
Density Fluid [kg/m^3]	2702 kg/m^3	2702 kg/m^3
Velocity [m/s]	0 m/s	0.00352036381 m/s
Velocity (X) [m/s]	-0.00349100463 m/s	0.00308536093 m/s
Velocity (Y) [m/s]	-0.00188681398 m/s	0.000797423899 m/s
Velocity (Z) [m/s]	-0.00128575803 m/s	0.00151586937 m/s
Temperated (Fluid) [K]	293.2 K	293.2 K
Vorticity [1/s]	4.51102143e-005 1/s	0.820114961 1/s
Relative Pressure	-0.0034147088 Pa	0.0297522509 Pa

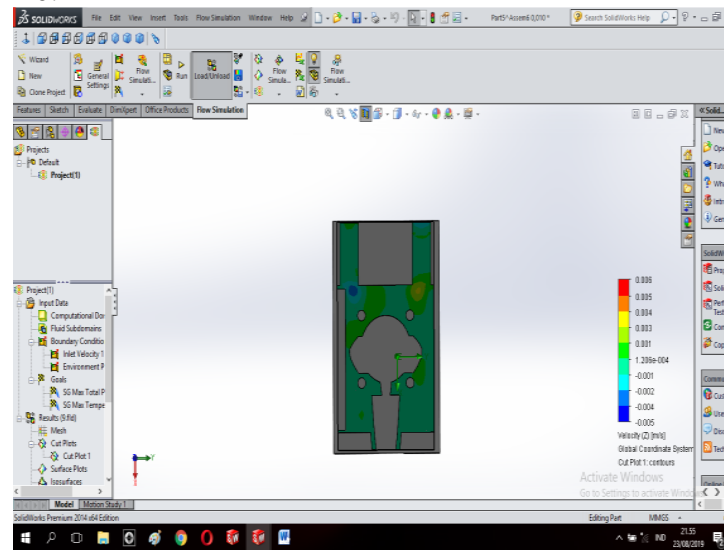
### Simulasi *Velocity* 0,010 m/s

Nilai *velocity* yang diasumsikan 0,010 m/s dapat terlihat nilai *pressure* lebih besar dari *velocity* 0,002 m/s yaitu 101325.571 Pa maksimal seperti pada gambar 9.



Gambar 9 *Pressure* dengan *Velocity* 0.010 m/s

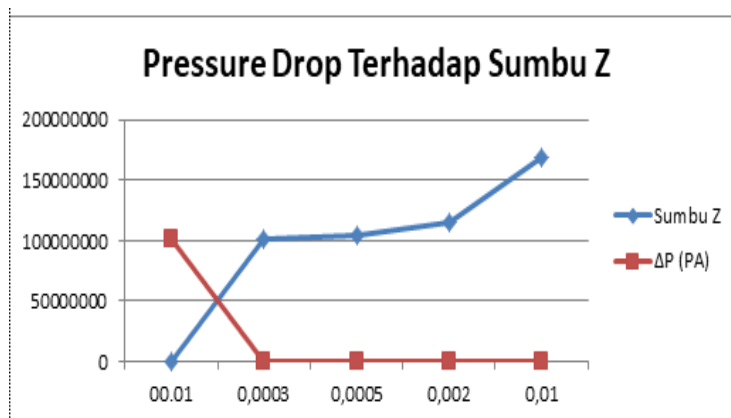
Pada sumbu Z dengan *Velocity* 0,010 m/s memiliki nilai kecepatan maksimal 0.00798812465 m/s dan minimal -0.0073524481 m/s dengan *pressure drop* 101325.23 Pa seperti pada gambar 10.



Gambar 10 *velocity* 0.010 m/s sumbu Z

Tabel 5 Report *velocity* 0.010 m/s

Name	Minimum	Maksimum
Pressure [Pa]	101324.875 Pa	101325.571 Pa
Temperature [K]	293.2 K	293.2 K
Density Fluid [kg/m <sup>3</sup> ]	2702 kg/m <sup>3</sup>	2702 kg/m <sup>3</sup>
Velocity [m/s]	0 m/s	0.0166455157 m/s
Velocity (X) [m/s]	-0.016553945 m/s	0.0146126059 m/s
Velocity (Y) [m/s]	-0.00933665997 m/s	0.00700489674 m/s
Velocity (Z) [m/s]	-0.0073524481 m/s	0.00798812465 m/s
Temperature (Fluid) [K]	293.2 K	293.2 K
Vorticity [1/s]	0.00143569259 1/s	4.09242417 1/s
Relative Pressure	-0.125421643 Pa	0.570526016 Pa



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan

Dari grafik hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai dari asumsi *Velocity* 0,0001 m/s terdapat *Pressure Drop* 101.325.001 Pa pada 102984.45 Sumbu Z, *Velocity* 0,0003 m/s terdapat *Pressure Drop* 101325.00 Pa pada 101.990.083 m/s Sumbu Z, *Velocity* 0,0005 m/s terdapat *Pressure Drop* 101325.00 Pa Pada 104.687.181 m/s Sumbu Z, *Velocity* 0,002 m/s terdapat *Pressure Drop* 101325.01 Pa pada 114.976.894 m/s Sumbu Z, dan *Velocity* 0,010 m/s terdapat *Pressure Drop* 101325.23 Pa pada 169.136.255 m/s sumbu Z.

## KESIMPULAN



1. Nilai pada pressure drop terhadap sumbu Z yaitu berbanding lurus dimana semakin besar pressure drop yang di dapat pada velocity maka semakin besar juga nilai dari sumbu Z yang di dapatkan
2. Nilai pada velocity terhadap presure drop yaitu berbanding lurus dimana semakin besar nilai velocity maka nilai yang di dapatkan pada pressure drop semakin besar juga

## Daftar Pustaka

- [1] M. T. Wijaya, Z. -, and W. -, “Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 219–224, 2017, doi: 10.24176/simet.v8i1.933.
- [2] T. J. P. Tulungagung, R. Yuda, and C. Imron, “Simulasi Numerik Aliran Fluida pada Saluran,” vol. 5, no. 2, 2016.
- [3] N. A. El. Mahallawy, M. A. Taha, and M. Lofti Zamzam, “On the microstructure and mechanical properties of squeeze-cast Al-7 wt% Si alloy,” *J. Mater. Process. Tech.*, vol. 40, no. 1–2, pp. 73–85, 1994, doi: 10.1016/0924-0136(94)90478-2.
- [4] B. Kusharjanta, W. P. Raharjo, and J. Santoso, “Pengaruh Bentuk Penampang Runner Terhadap Cacat Porositas Dan Nilai Kekerasan Produk Cor Aluminium Cetakan Pasir,” *Mekanika*, vol. 11, no. 1, pp. 41–44, 2012.
- [5] D. Jurusan, T. Mesin, and P. Negeri, “Analisis Parameter Proses Pengecoran Squeeze Terhadap Cacat Porositas Produk Flens Motor Sungai,” *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 6-12–12, 2004, doi: 10.9744/jtm.4.1.pp.6-12.
- [6] P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, U. Wahid, and H. Semarang, “PENGARUH PENGECORAN ULANG TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN PADA ALUMINIUM COR DENGAN CETAKAN PASIR Helmy Purwanto, Mulyonorejo.”
- [7] M. Mandala and E. S. Siradj, “STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIS ALUMINIUM (Al-Si) PADA PROSES PENGECORAN MENGGUNAKAN CETAKAN LOGAM, CETAKAN PASIR DAN CETAKAN,” vol. 14, no. November, pp. 88–98, 2016.
- [8] F. Hartono, “Analisis Computational Fluid Dynamic ( Cfd ) Ruang Bakar Mesin Turbojet Tje500Fh V . 1 ( Computational Fluid Dynamic Analysis of Turbojet,” vol. 1.
- [9] I. M. Astika, D. N. K. P. Negara, and M. A. Susantika, “Pengaruh Jenis Pasir Cetak dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir ( Sand Casting ),” vol. 4, no. 2, pp. 132–138, 2010.
- [10] K. Syah, D. W. Karmiadiji, and D. Rahmalina, “Desain Gating System dan Parameter Proses Pengecoran untuk Mengatasi Cacat Rongga Poros Engkol,” *J. Teknol. Rekayasa*, vol. 2, no. 1, p. 55, 2017, doi: 10.31544/jtera.v2.i1.2017.55-62.
- [11] Supriyanto, “Analisis Hasil Pengecoran Aluminium dengan Variasi Media Pendinginan,” *Jana Tek.*, vol. 11, no. 2, pp. 117–125, 2009, doi: 10.1361/asmhba0003537.
- [12] S. M. B. Respati *et al.*, “Pengaruh tekanan dan temperatur cetakan terhadap struktur mikro dan kekerasan hasil pengecoran pada material aluminium daur ulang,” 1998.
- [13] M. S. Ayar, V. S. Ayar, and P. M. George, “Simulation and experimental validation for defect reduction in geometry varied aluminium plates casted using sand casting,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.788.
- [14] S. Rem, M. Ketebalan, and P. L. N. V, “Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU,” vol. 2, no. 1, pp. 44–53, 2019.

- [15] M. Ahsan and A. Hussain, “Computational fluid dynamics (CFD) simulation and comparison for different numbers of baffles to reduce concentration polarization effects in membrane tubes,” *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 49, no. 1, pp. 115–132, 2017, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2017.49.1.7.