

# SIMULASI ALIRAN EMISI GAS CO PADA CEROBONG ASAP LAS GALANGAN KAPAL BAJA MENGGUNAKAN PENDEKATAN CFD

Pardi, Afrinatoni, Romadhoni

Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis  
Jl. Bathin Alam Sei Alam Bengkalis Riau 28712

Email: [pardi@polbeng.ac.id](mailto:pardi@polbeng.ac.id), [afriantoni@polbeng.ac.id](mailto:afriantoni@polbeng.ac.id), [romadhoni@polbeng.ac.id](mailto:romadhoni@polbeng.ac.id)

## Abstrak

Cerobong merupakan tempat pembuangan asap atau gas buang yang berasal dari industri menuju atmosfer. Kebutuhan industri galangan kapal yang terus meningkat, sehingga dibutuhkan konstruksi tempat pembuangan gas diharapkan dapat menghasilkan gas dengan aliran fluida setinggi-tingginya. Hal ini diperlukan agar polutan tidak mudah mencemari daerah sekitar cerobong yang dekat dengan permukaan tanah. Melalui sebuah kegiatan simulasi, karakteristik aliran fluida dapat dikembangkan tanpa membutuhkan biaya eksperimen yang relatif besar. Di dalam penelitian ini, dilakukan simulasi sistem gas buang asap pada cerobong bengkel las, Galangan Kapal Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis yang telah didesain untuk mengetahui karakteristik aliran fluida di bawah pengaruh variasi jarak dengan menggunakan metode computational fluid dynamic (CFD). Adapun ukuran kamar las yaitu panjang : 2 meter, lebar : 1,2 meter, tinggi : 2,3 meter, diameter pipa hisap dan buang: 2,5 inci, dan daya fan : 0,75 kW. Dari hasil plot *streamline* 3D pada ketahu aliran cenderung berbelok menjauhi meja las karena mencari jalan yang lebih bebas hambatan dengan nilai kecepatan 0,5 m/s<sup>-1</sup>.

**Kata Kunci:** Asap las, Cerobong, simulasi, CFD, Bengkel las, Gas

## Abstract

Chimney is a place for exhausting smoke or exhaust gases from industry to the atmosphere. The need for the shipbuilding industry continues to increase, so the construction of a gas dump is required to produce gas with the highest fluid flow. This is necessary so that pollutants do not easily contaminate the area around the chimney which is close to the ground. Through a simulation activity, fluid flow characteristics can be developed without the need for relatively large experimental costs. In this research, a simulation of the exhaust gas system in a *welding* workshop chimney, Shipyard Department of Naval Architecture, Bengkalis State Polytechnic was designed to determine the characteristics of fluid flow under the influence of distance variations using the computational fluid dynamic (CFD) method. The size of the *welding* chamber is length: 2 meters, width: 1.2 meters, height: 2.3 meters, diameter of the suction and exhaust pipes: 2.5 inches, and fan power: 0.75 kW. From the results of the 3D streamlined plot, it is known that the flow tends to turn away from the *welding* table because it is looking for a freer road with a speed of 0.5 m / s-1.

**Keywords:** *welding fumes, chimneys, simulation, CFD, Workshop welding, Gas*

## 1. PENDAHULUAN

Menurut CAN/ CSA W 117.2-M87 *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes* bahaya secara umum dapat dibedakan berdasarkan proses pengelasannya. Namun secara umum bahaya dapat dibedakan menjadi bahaya karena sifat pekerjaannya seperti operasi mesin, shok karena listrik, api/ panas (terbakar), radiasi busur las, fume, bising juga karena kendaraan/ alat angkat serta gerakan material. Bahaya Fume Asap/Debu las biasanya terlihat pada setiap operasi pengelasan. Fume ini terdiri dari komponen yang dihasilkan dari elektroda, loga, dasar dan

flux pada saat operasi. Elektroda merupakan penghasil fume yang paling utama.

Usaha untuk mengurangi pengaruh fume ini secara praktis adalah apabila fume masih dapat terlihat bernafaslah di luar kepulan fume tersebut. Hal ini akan sangat menguntungkan bagi juru las, namun usaha ini sangatlah sulit untuk dilaksanakan terutama pada pengelasan ditempat yang tertutup/ kurang ventilasi. Senda pada penelitiannya yang berjudul Disain blower dan cerobong untuk membuang limbah bau dan ozon iradiator gamma 500 kCi dari hasil perhitungan yang dihasilkan adalah limbah bau/ozon berkapasitas 1,12 m<sup>3</sup> /detik dapat dipindahkan lebih cepat ke atmosfer oleh mesin

blower dengan daya motor 2,483 kW, sehingga tidak terjadi deposit limbah bau didalam ruang iradiasi [6].

Karakteristik aliran gas polutan CO yang dihasilkan oleh berbagai bentuk cerobong gas termasuk asap las menjadi menarik untuk dianalisis. Konstruksi tempat pembuangan gas diharapkan dapat menghasilkan gas dengan aliran fluida setinggi-tingginya. Hal ini diperlukan agar polutan tidak mudah mencemari, oleh pengelas/welder maupun daerah sekitar cerobong. Melalui sebuah kegiatan simulasi, karakteristik aliran fluida dapat dikembangkan tanpa membutuhkan biaya eksperimen yang relatif besar. Di dalam penelitian ini, akan dilakukan simulasi karakteristik aliran fluida di bawah pengaruh variasi jarak dengan menggunakan metode *computational fluid dynamic* (CFD). Pemodelan pada simulasi ini menggunakan model matematis yang dapat menjelaskan aliran fluida, guna mendapatkan hasil untuk menjelaskan kecepatan dan tekanan dari aliran gas fume yang dihasilkan oleh cerobong asap kamar las. Adapun solusi dari permasalahan matematis dalam fluida yang dimodelkan diselesaikan dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamic (CFD), yang mempelajari prediksi aliran fluida dan perpindahan panas dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika. CFD sudah banyak digunakan.

## 2. METODE

Adapun metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Sebagai berikut:

### 2.1 Cerobong Asap

Cerobong asap merupakan struktur untuk ventilasi panas gas buang atau asap dari boiler, kompor, tungku atau perapian ke luar atmosfer. Cerobong asap biasanya berbentuk vertikal, untuk memastikan bahwa aliran gas lancar. Ruang di dalam cerobong asap disebut asap. Cerobong asap dapat ditemukan pada bangunan, lokomotif uap dan kapal di Amerika Serikat, cerobong asap istilah (bahasa sehari-hari, stack) juga digunakan ketika mengacu pada cerobong

asap lokomotif. Cerobong asap biasanya juga ditemukan pada industri penghasil tenaga listrik ataupun pabrik produksi.

### 2.2 Mekanika Fluida

Mekanika fluida merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mengkaji tentang perilaku dari zat cair dan gas dalam keadaan bergerak ataupun diam. Pada mekanika fluida mempelajari beberapa perilaku fluida, yaitu fluida dalam keadaan diam dan bergerak (dinamika fluida). Pada fluida dalam keadaan diam (statistika fluida) tidak ada tegangan geser yang bekerja pada partikel fluida[2].

Fluida memiliki beberapa sifat dasar, yaitu berat jenis, kerapatan, tekanan, kekentalan dan temperatur[5].

- a. Berat jenis (specific weight) dapat dilambangkan dengan  $\gamma$  (gamma) yang didefinisikan sebagai berat tiap satuan volume.
- b. Kerapatan fluida dapat didefinisikan sebagai massa tiap satuan volume pada suatu temperatur dan tekanan tertentu. Kerapatan dapat dilambangkan dengan  $\rho$ . Kerapatan ini bervariasi bergantung jenis fluidanya. Kerapatan atau massa jenis berguna untuk menentukan jenis zat. Secara matematis massa jenis dapat dituliskan sebagai berikut,

$$\rho = m/v \quad (1)$$

Keterangan :

m= massa jenis (kg)

V = volume (m<sup>3</sup>)

$\rho$  = massa jenis/ kerapatan (kg/m<sup>3</sup>)

### 2.3 Aliran Fluida

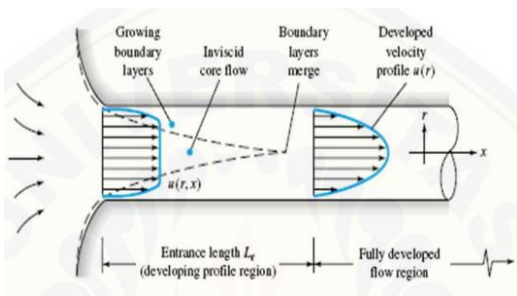
#### 2.21 Klasifikasi Aliran Fluida

Jenis aliran dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Aliran Tunak (*steady*) merupakan suatu aliran dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu, sehingga kecepatan konstan pada setiap titik.
- b. Aliran tidak Tunak (*unsteady*) merupakan suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan setiap waktu

2.1.2 Kecepatan dan Kapasitas Aliran Fluida

Pengukuran kecepatan merupakan fase yang sangat penting dalam menganalisa suatu aliran fluida karena dapat membantu dalam menentukan besarnya kapasitas aliran. Kecepatan dapat diperoleh dengan melakukan kecepatan biasanya sudah cukup untuk menempatkan kekeliruan yang wajar dalam masalah aliran fluida. Besar kecepatan aliran fluida akan mendekati nol pada dinding pipa dan mencapai maksimum pada tengah-tengah pipa.



Gambar 1. Profil kecepatan aliran tertutup

Jumlah dari aliran fluida dapat dinyatakan dalam volume, berat atau massa fluida dengan masing-masing laju aliran yang ditunjukkan sebagai laju aliran volume (m<sup>3</sup>/s), laju aliran massa (kg/s) dan laju aliran berat (N/s).

2.2 Jenis Aliran Fluida

a. Aliran Laminar

Aliran laminar merupakan aliran dengan fluida bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran memiliki nilai bilangan Reynold kurang dari 2300.

b. Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini bergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan yang menyangkut geometri aliran. Nilai bilangan Reynold pada aliran transisi ini adalah 2300 sampai 4000.

c. Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran yang pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami

perputaran antar partikel dan pencampuran yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Nilai bilangan Reynold pada aliran turbulen lebih besar dari 4000.

2.3 Computational Fluid Dynamic (CFD)

CFD merupakan suatu sistem yang dapat menjelaskan tentang aliran fluida, perpindahan panas dan yang berhubungan dengan reaksi kimia dengan simulasi menggunakan komputer [10]. CFD pada perhitungannya menggunakan menggunakan metode perhitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume yang memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan tiap-tiap elemen pembagiannya. Perhitungan ini menggunakan prinsip mekanika fluida [1]. Persamaan yang ada di CFD sangatlah beragam dan cukup kompleks sehingga untuk menyelesaikannya dibutuhkan bantuan software (perangkat lunak). Beberapa perangkat lunak berbasis CFD yang sering digunakan diantaranya adalah Engineering Fluid Dynamics (EFD), CFX, Flow-3D, Phoenix, Stared, Numeca, Fluent dan yang terbaru adalah Simflow.

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah seni untuk merubah persamaan atur dinamika fluida dalam bentuk integral dan turunan menjadi bentuk aljabar yang terdiskritisasi, yang mana dapat diselesaikan dengan komputer untuk memperoleh nilai-nilai dari medan aliran pada titik atau waktu diskrit tertentu. Adapun persamaan atur dalam dinamika fluida ada tiga yaitu persamaan kontinuitas, persamaan momentum dan persamaan energi.

Persamaan kontinuitas bentuk integral,

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \iint_A \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0 \tag{2}$$

Persamaan kontinuitas bentuk diverensial,

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0 \tag{3}$$

Persamaan momentum pada arah sumbu x,

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho u \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \tag{4}$$

Persamaan momentum pada arah sumbu y,

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \tag{5}$$

Persamaan momentum pada arah sumbu z,

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho w \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \tag{6}$$

Persamaan energi ditulis dalam bentuk *internal energy*,

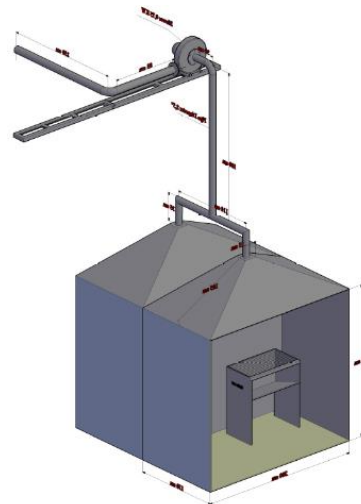
$$\rho \dot{q} - \frac{\partial(\rho p)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho v p)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho w p)}{\partial z} + \rho \vec{f} \cdot \vec{V} = \frac{\partial}{\partial t} \left[ \rho \left( e + \frac{v^2}{2} \right) \right] + \vec{\nabla} \cdot \left[ \rho \left( e + \frac{v^2}{2} \right) \vec{V} \right] \tag{7}$$

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penggambaran Model

Penggambaran model kamar las yang akan dilakukan simulasi adalah sebagai berikut:

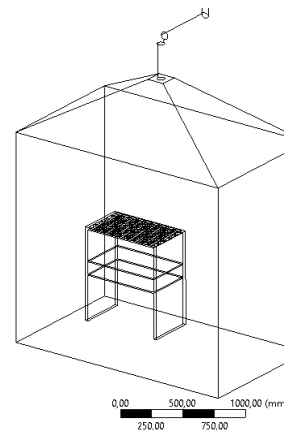
Panjang Kamar Las	:	2 meter
Lebar Kamar Las	:	1,2 meter
Tinggi Kamar las	:	2,3 meter
Diameter Pipa Hisap dan buang	:	2,5 Inchi
Daya Fan	:	0,75 kW
Jumlah Elbow	:	4 Buah



Gambar 2. Profil kecepatan aliran tertutup

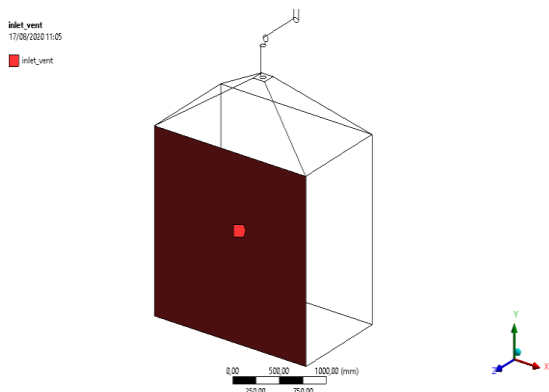
#### 3.2 Geometri dan *Bondary* Kondisi Model

Dalam simulasi *welding fume extractor* ini, dimodelkan domain fluida (negatif) dari sistem sehingga dapat dianalisis karakteristik aliran fluida baik karena perbedaan tekanan dari *welding blower* maupun akibat perubahan suhu dari *welding*:



Gambar 3. Geometri model tampak global

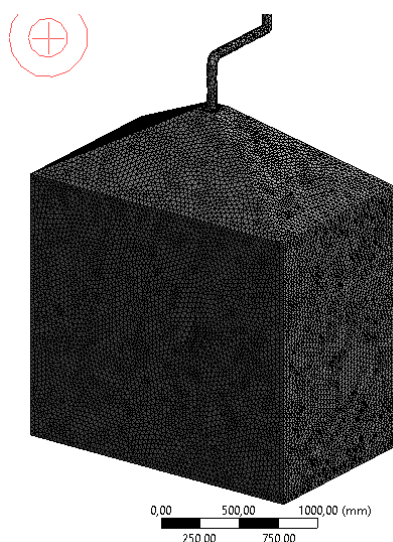
Selanjutnya setelah didefinisikan geometrinya, pada beberapa permukaannya didefinisikan identitasnya masing-masing untuk input *boundary condition* atau pengambilan data *inlet*, *outlet*, and *semetry* dan lokasi *welding surface* seperti gambar berikut sebagai berikut:



Gambar 4. Definisi kondisi model

### 3.3 Meshing

*Meshing* atau diskritisasi pada CFD adalah proses konversi domain fluida yang kontinu menjadi domain komputasi yang diskrit sehingga persamaan-persamaan fluida dapat diselesaikan solusinya menggunakan metode numerik, dalam kasus ini *metode Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Dalam simulasi ini, meshing dibuat secara serta membatasi ukuran maksimum mesh sebesar 30 mm pada seluruh domain dan 10 mm pada sekitar *welding surface* agar diperoleh hasil yang lebih akurat. Berikut adalah hasil meshing dari model yang akan disimulasikan:



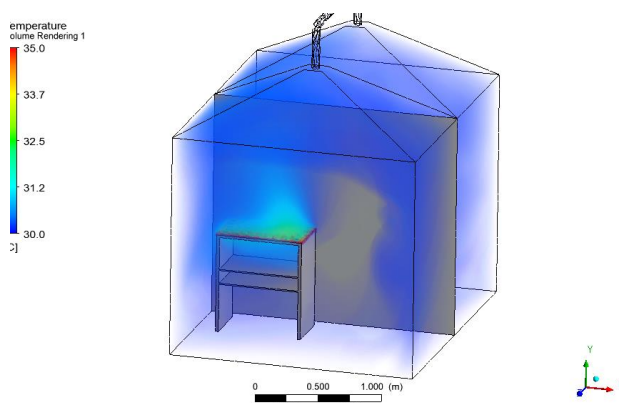
Gambar 4. Meshing model

Dapat dilihat pada gambar 4 pada mesh sekitar meja *welding* lebih detail karena pada

daerah tersebut terdapat gradien temperatur yang relative tinggi.

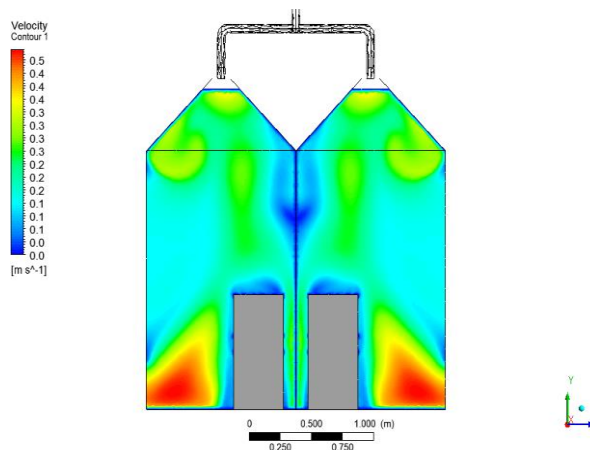
### 3.4 Hasil Simulasi

Untuk menganalisis aliran fluida dan perpindahan kalor pada sistem ruang praktek las jurusan teknik perkapalan dilakukan pada besarnya temperature pengelasan.



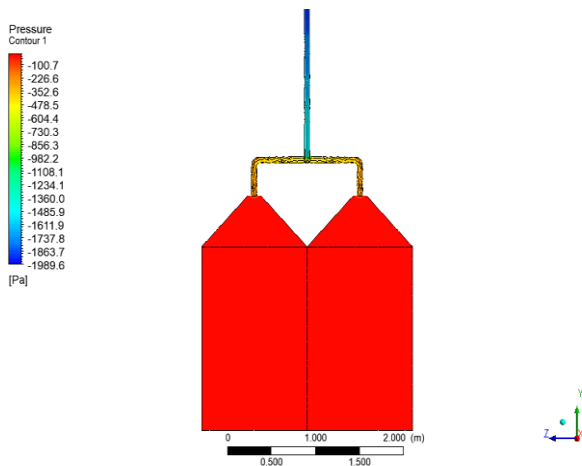
Gambar 5. Countru Plot temperatur

Gambar 5. dapat diketahui bahwa suhu yang tinggi dari proses pengelasan mengakibatkan fume gas memiliki massa jenis yang rendah (hukum gas ideal). Karena massa jenis yang rendah ini, aliran menjadi cenderung naik (hukum gaya apung), sehingga meningkatkan kecepatan aliran kearah atas yang di hisap oleh blower atau van. Dimana besarnya suhu dari hasil pengelasan yang didapat adadh antara 30-35 °C.



Gambar 6. Simulasi Streamline

Dari hasil plot *streamline* 3D pada gambar 6 dapat di ketahui aliran cenderung berbelok menjauhi meja las karena mencari jalan yang lebih bebas hambatan dengan nilai kecepatan  $0,5 \text{ m/s}^{-1}$ .



**Gambar 7.** Distribusi tekanan

Dilihat gambar 7 dari plot distribusi tekanan tertinggi sebesar 100,7 Pa, terlihat penurunan tekanan pada *ducting* pipa bagian atas yang cukup dramatis dibandingkan dengan tekanan pada ruangan hal ini diakibatkan karena perubahan luas permukaan yang dramatis, dan dapat mengakibatkan rugi aliran (*pressure drop*). Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah meningkatkan luas penampang saluran pembuangan missal menggunakan *ducting* kotak untuk mengurangi biaya.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah Kecepatan aliran Asap cenderung berbelok menjauhi meja las karena mencari jalan yang lebih bebas hambatan, hal ini membuktikan belum efektif sentrifugal fan yang ada disebabkan diameter pipa yang masih kecil.

Hasil simulasi pressure pada ruang las terjadi penurunan tekanan pada *ducting* pipa bagian atas yang cukup dramatis dibandingkan dengan tekanan pada ruangan, hal ini diakibatkan karena perubahan luas permukaan

yang dramatis, dan dapat mengakibatkan rugi aliran (*pressure drop*).

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Bengkalis yang memberikan dukungan kepada saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, I. 2007. "Analisa Aliran Fluida Dalam Pipa Spiral pada Vertikal Pitch Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)".
- [2] Ashby, S. 2002. "Welding Fumes in the Workplace. Preventing potential health problems through proactive controls". Occupational Safety. [www.asse.com](http://www.asse.com)
- [3] Austin H, Church. 1990. Pompa dan Blower Sentrifugal. Jakarta : Erlangga
- [4] Bakhtiar, D, S, dan Sulaksmono, M. 2013. "Risk Assessment Pada Pekerjaan Welding Confined Space di Bagian Ship Building PT. Dok dan Perkapalan Surabaya". The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, 2(1): 5260.
- [5] Gazali, A. A. 2018. Analisa Aliran Fluida Menggunakan CFD Dengan Variabel Viscosity Pada Preproses Injeksi Molding. Skripsi. Jember: Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [6] <http://engineering-display.blogspot.co.id/2012>. Diakses 22 April 2020
- [7] Jaya pragasan, C.N, Sumedh J, Suryawanshi and K. Janardhan Reddy. 2016. "Design optimization of centrzifugal fan of travelling cleaner". ARPN journal of engineering and aplied sciences. Vol 9 (9).
- [8] Kusumaningrum, A. 2009. "Perancangan Ulang Sistem Kerja Pemompa Udara dan Gerinda Pada Industri Penempaan Besi". Skripsi Sarjana. Program Studi Sarjana Teknik Industri ITS

- [9] Prasetiyadi. 2006. “Modifikasi putaran fan untuk meningkatkan Efisiensi pemakaian listrik”. Jurnal teknik lingkungan : 9-16
- [10] Tuakia, F. 2008. Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent. Bandung: Informatika.
- [11] Wiryosumarto, H. 1996. “*Teknologi pengelasan logam*”. PT Pradnya Paramita. Jakarta
- [12] Yadi yunus, Zeenal Abidin, Sigit Sudrazat. 2011. “*Rancang bangun blower sentrifugal untuk pensirkulasian udara*”. Seminar nasional 2011, ISSN 1978-0176