



## Simulasi Konfigurasi Posisi *Burner* untuk Mengoptimalkan Heat Treatment *Pressure Vessel*

Azis Solichi<sup>1</sup>, Nova Risdianto<sup>1</sup>, Purbo Suwandono<sup>1\*</sup>, Leo Hutri Wicaksono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

### Kata kunci

Heat Treatment  
Temperatur  
Velocity  
Pressure

### ABSTRAK

Pengelasan memiliki peran penting dalam proses manufaktur dan produksi. Tegangan sisa yang ditinggalkan oleh pengelasan dapat menciptakan peluang terjadinya retak akibat hydrogen. Untuk mencegah hal ini, tegangan sisa dapat dikurangi yaitu dengan cara PWHT. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisa posisi *burner* yang mempengaruhi ketercapaian atau pengoptimalan temperatur, *velocity*, dan *pressure* saat proses PWHT berlangsung. Metode yang digunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisis permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida Berdasarkan penelitian, nilai paling optimal untuk temperatur ada pada *inlet 2* yang lebih cepat mencapai titik 635 °C dengan waktu 310 second atau 5,16 menit, untuk *velocity* ada pada *inlet 2* karena hasil lebih konstan arah pergerakannya dan tidak terlalu cepat namun memberikan hasil pada temperatur yang lebih optimal nilai rata-rata kecepatan adalah 2,7 m/s, sedangkan untuk *pressure* ada pada model 2, dimana tekanan lebih stabil, tidak mengalami penurunan tekanan yang naik terus dan kemudian dilanjut dengan konstan dan tidak ada penurunan yang secara extream, nilai rata-rata dari *pressure* tersebut adalah 101358 Pa.

\* *Corresponding author:*  
Purbo Suwandono (email: [purbo@widyagama.ac.id](mailto:purbo@widyagama.ac.id))

Diterima: 5 Februari 2024

Disetujui: 25 Februari 2024

Dipublikasikan: 29 Februari 2024

## 1 Pendahuluan

Pengelasan memiliki peran penting dalam proses manufaktur dan produksi [1]. Pengelasan melibatkan beberapa proses, diantaranya proses pencairan, proses metalurgi, dan proses pembekuan logam. Perlakuan panas pasca las digunakan untuk mengurangi tegangan sisa setelah proses pengelasan. Terutama pada pengelasan bagian tebal dari material yang sangat terkekang, menyebabkan tegangan sisa terbentuk karena pemanasan lokal dan pendinginan cepat selama pemadatan genangan las. Tegangan sisa yang ditinggalkan oleh pengelasan dapat menciptakan peluang terjadinya retak akibat hydrogen [2]. Untuk mencegah hal ini, tegangan sisa ini harus dihilangkan.

Dari berbagai referensi bahwa selama proses pengelasan, panas yang masuk meninggalkan tegangan yang disebut tegangan sisa [3]. Tegangan sisa ini membuat material menjadi keras dan getas, sehingga tegangan sisa tidak diharapkan. Kerusakan getas yang terjadi pada struktur pengelasan adalah masalah yang tersebar di seluruh dunia, terutama pada zona yang terpengaruh panas heat affected zone (HAZ). Permasalahan di HAZ ini adalah bagian dari masalah yang kompleks di mana struktur mikro terbentuk dari perbedaan perlakuan panas dan kondisi lingkungan[4]. Sifat fisik seperti kekuatan, keuletan, kekerasan, dan ketangguhan dipengaruhi oleh hal ini[5].

Tegangan sisa selalu terjadi selama pengelasan, tetapi dapat dikurangi dengan perlakuan panas setelah pengelasan atau bias disebut sebagai *post weld heat treatment* (PWHT). Tujuan dari perlakuan panas PWHT adalah untuk mengurangi tegangan sisa, meningkatkan kekuatan, menambah atau mengurangi kekerasan, dan mengurangi risiko retak. Setelah proses pemanasan dan pendinginan, setiap material mengalami perubahan

struktur [6]. Untuk mengembalikan struktur bahan seperti semula atau bahkan lebih baik, pemanasan dapat dilakukan dengan suhu dan waktu penahanan tertentu. Dari dasar ini diharapkan bahwa analisis optimasi ini akan menghasilkan parameter terbaik. Suhu PWHT, waktu penahanan (holding time) dan media pendinginan adalah parameter yang dievaluasi.

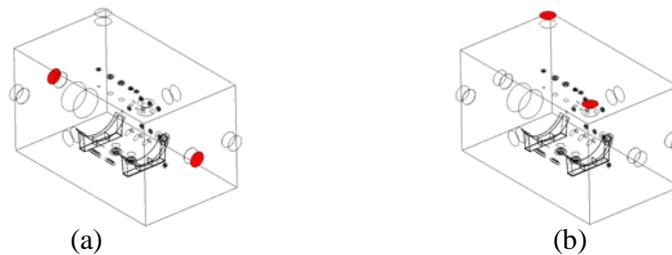
Di zona pengelasan, sebagian besar metode pengelasan tradisional menghasilkan tegangan sisa. Tegangan ini bisa menjadi dekat dengan kekuatan luluh material ketika kondisi tertentu terpenuhi. Sambungan semacam itu tidak dapat digunakan secara langsung dan rentan terhadap kegagalan. Rakitan baja yang dilas tersebut menerima PWHT untuk mengurangi kemungkinan patah getas[7]. Potensi kegagalan berkurang dengan pengurangan tegangan sisa yang cukup besar dari PWHT pada sambungan las. Oleh karena itu, PWHT diperlukan setiap kali ada kemungkinan retak[8].

Pada penelitian ini, pengaruh dari posisi *burner* mempengaruhi untuk ketercapaian atau pengoptimalan temperatur, *velocity*, dan *pressure* saat proses PWHT berlangsung. Temperatur PWHT yang digunakan untuk awal proses adalah  $425^{\circ}\text{C}$  sampai mencapai temperatur  $635^{\circ}\text{C}$  dikarenakan proses PWHT ini juga mempengaruhi biaya produksi sehingga diperlukannya optimalisasi untuk setiap prosesnya. Perancangan *chamber* PWHT ini menggunakan metode simulasi CFD untuk mensimulasikan bagaimana posisi *burner* dapat mempengaruhi hasil perambatan panas pada *chamber* PWHT [9]. Perancangan *chamber* PWHT ini menggunakan skala sesuai dengan skala pabrik dimana nantinya dengan perancangan skala ini didapatkan posisi *chamber* yang optimal dan mendapatkan penyebaran panas yang merata dalam vessel [10].

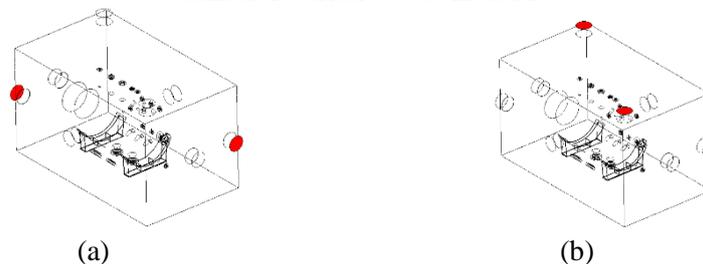
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil yang optimal dari distribusi *burner* pada proses Heat Treatment Pressure Vessel, yang akan dianalisis oleh peneliti ada 3 poin, yakni: temperatur, *velocity*, dan *pressure*. Dari 3 poin tersebut juga buatkan 3 posisi *burner* yang berbeda-beda, yakni: model 1, model 2, dan model 3. Dari ketiga posisi *burner* tersebut akan dianalisa posisi mana yang paling optimal untuk temperatur, *velocity*, dan *pressure*.

## 2 Metode Penelitian

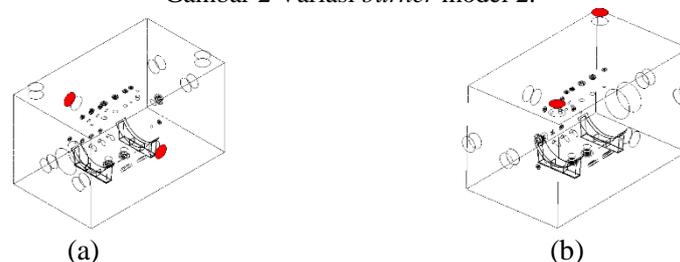
Metode penelitian pada penelitian ini menggunakan simulasi. Variabel yang digunakan adalah variasi posisi *burner* dibagi menjadi 3 variasi yang berbeda. Perbedaan posisi *burner* terletak pada posisi *inlet burner*.



Gambar 1 Variasi *burner* model 1.

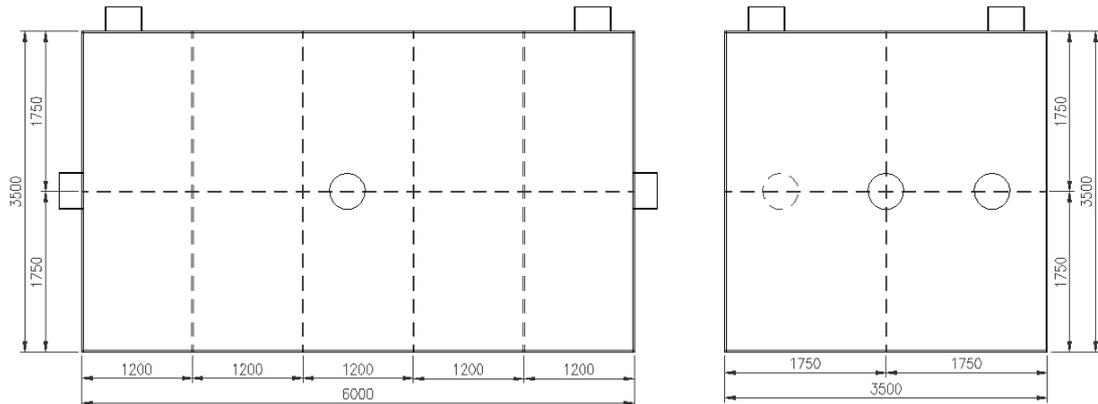


Gambar 2 Variasi *burner* model 2.



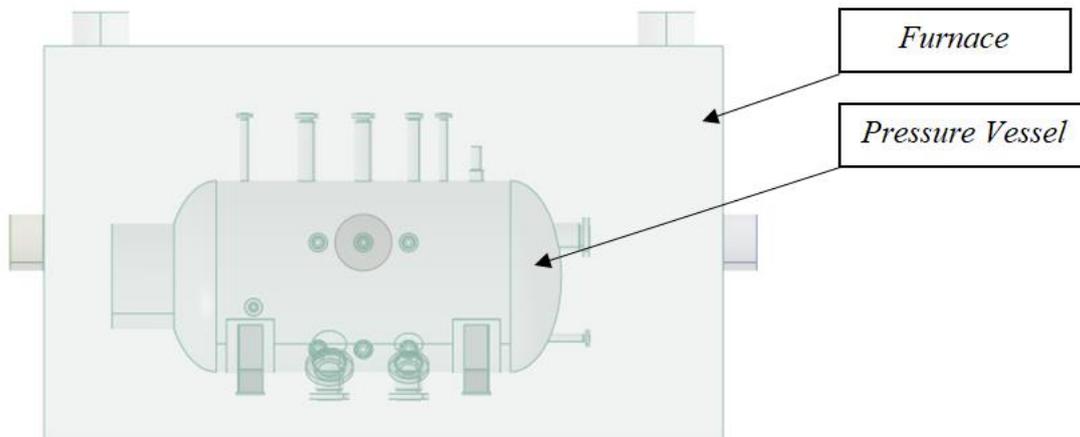
Gambar 3 Variasi *burner* model 3.

Variabel terikat pada penelitian ini adalah distribusi temperatur, distribusi *velocity*, dan distribusi *pressure*. Variabel terkontrol disini yakni dimensi *chamber* dan dimensi *vessel*.



Gambar 4 Dimensi *chamber*.

Gambar 4 adalah gambar dimensi *chamber* tampak samping dengan ukuran mm. Dimensi *chamber* disesuaikan dengan ukuran asli yang direncanakan. Jenis Material Vessel yang digunakan adalah SA516 Gr.70 N yaitu material baja yang mempunyai kekuatan mekanik yang lebih tinggi, kekuatan hasil yang lebih tinggi, kekuatan tarik yang lebih tinggi, ketahanan korosi, ketahanan pitting dan celah, tahan oksidasi, tegangan klorida dan ketahanan retak.



Gambar 5 *Temporary furnace* dan *pressure vessel plan view*.

### Prosedur Penelitian/Simulasi

Tahapan simulasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. *Modeling* dari PWHT / 3D *Furnace*

Pembuatan 3D modeling untuk proses PWHT menggunakan *furnace*, ukuran *furnace* disesuaikan dengan kebutuhan dan rencana yang sudah dibuat sebelumnya, di buat desain 3D *furnace* terlebih dahulu sebelum proses CFD.

#### 2. *Modeling Pressure Vessel*/3D *Pressure Vessel*

Pembuatan 3D modeling untuk *pressure vessel*, desain *pressure vessel* di sesuaikan dengan aktual barang yang ada d Perusahaan saat ini, mulai dari *thickness pressure vessel*, jumlah *nozzle* dan *manhole*, serta dimensi secara keseluruhan di samakan dengan aktual barang.

#### 3. CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Masuk fluent/CFD (*Computational Fluid Dynamic*) Simulasi merupakan metode yang menggambarkan suatu objek atau sistem dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya. Simulasi juga menjadi penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik, numerik atau gambar visual, sehingga simulasi CFD secara umum dapat dijabarkan sebagai tiruan dari sebuah sistem fluida dinamis dengan menggunakan metode numerik secara komputasi yang digunakan untuk melakukan mengetahui perilaku dari objek (fluida).

#### 4. *Import geometry*

Geometry merupakan domain yang digunakan sebagai objek penelitian, dimana simulasi fluida dan solid akan terjadi sehingga dalam simulasi CFD bentuk geometry menjadi langkah pertama dalam simulasi. Bentuk geometry terbagi ke dalam dua jenis ; 2D (dua dimensi) dan 3D (tiga dimensi).

#### 5. *Meshing*

Meshing atau griding adalah proses membagi komponen yang dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskriy. Proses mesh atau grid yang sesuai disebut pembuatan mesh, dan proses pembuatan mesh telah lama dianggap sebagai proses yang memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar dalam tahap pembuatan simulasi CFD. Pada simulasi ini meshing yang digunakan adalah tipe fine.

#### 6. *Input parameter*

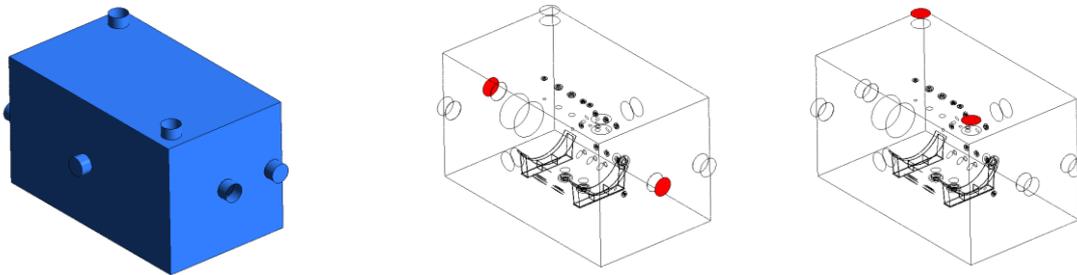
*Input parameter* yakni memasukkan nilai numerikal, program dan batasan-batasan yang lainnya terkait desain *furnace* dan *pressure vessel* sebelum dilakukannya running atau analisis PWHT pada *software*.

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Simulasi

Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan simulasi yang terkonsentrasi pada pola aliran fluida secara dinamis, pada simulasi ini didapatkan hasil analisis temperatur, *velocity*, dan *pressure*, pada desain proses PWHT *pressure vessel*. Untuk detail dari hasil simulasi CFD sebagai berikut:

CFD Domain Simulasi Model 1

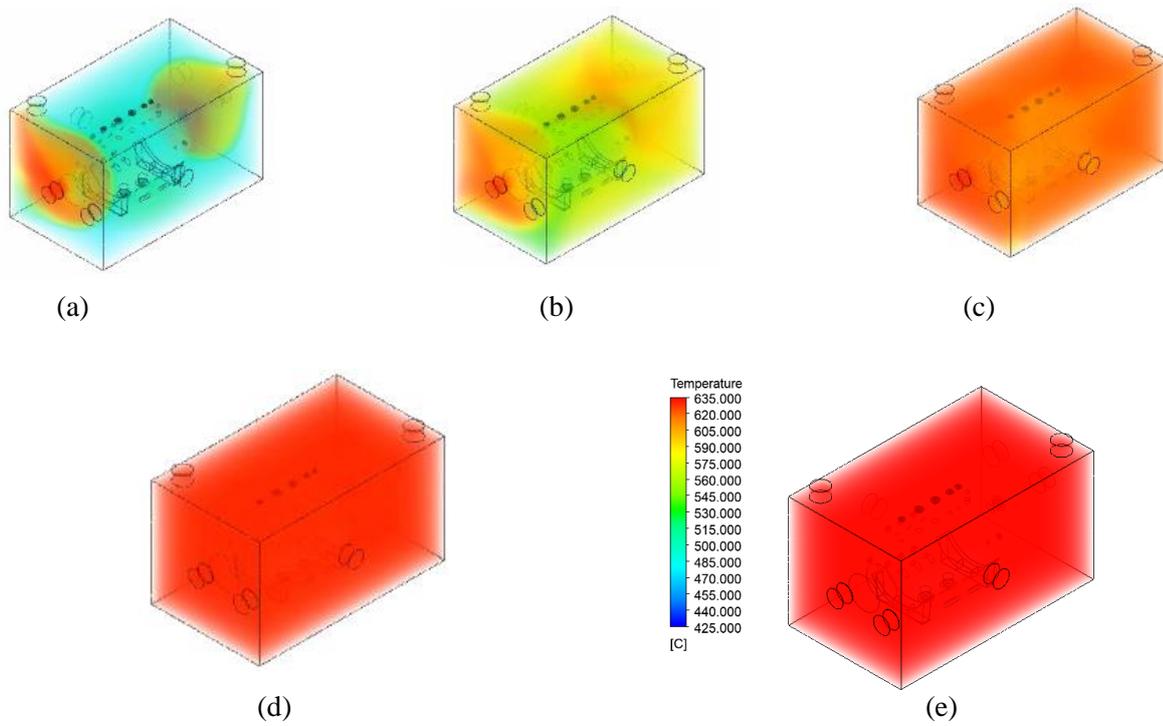


Gambar 6 Desain CFD simulasi model 1.

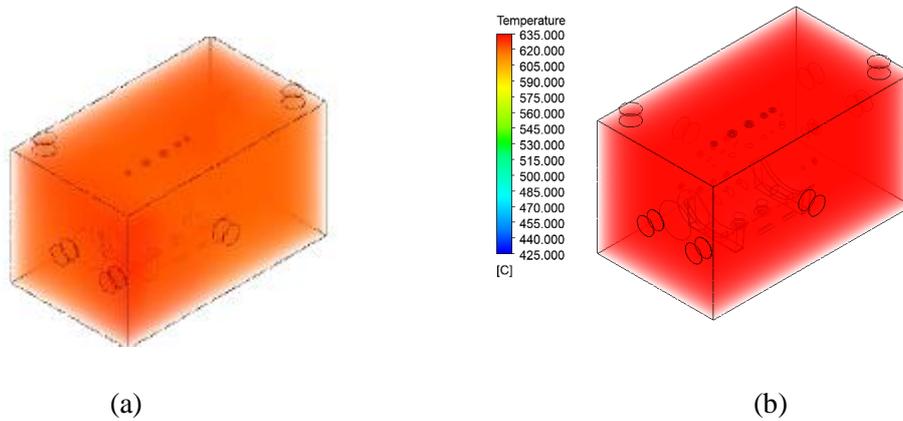
Posisi *inlet* 1 berada pada tengah *chamber* disisi yang persegi, sesuai dengan titik merah pada gambar, jarak dari bawah 1,75 m dan jarak dari samping 1,75 m. *Inlet* 1 adalah tempat *burner* yang nantinya akan mendistribusikan panas ke dalam *chamber* sesuai titik merah (*inlet* 1 fluida). Untuk posisi outlet nya ada di pojok samping sesuai pada titik merah (*outlet* fluida) adalah untuk keluarnya fluida yang sudah masuk dan terdistribusi sebelumnya.

#### a. Temperatur

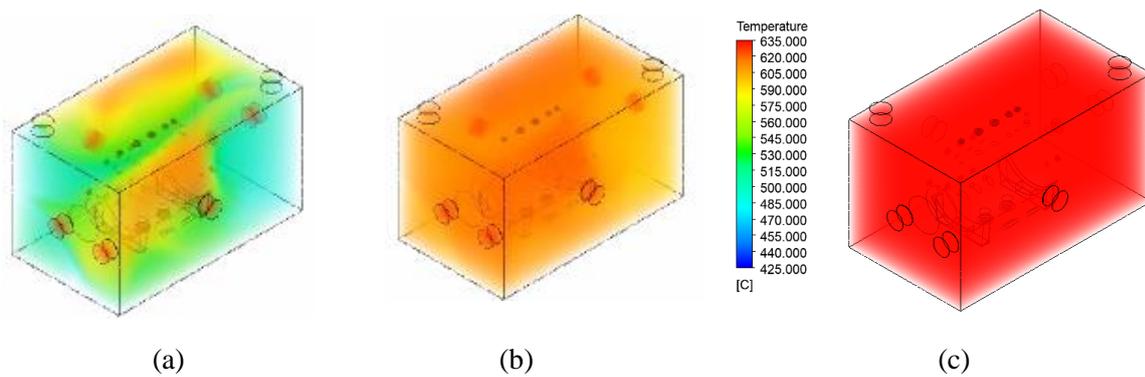
Berikut merupakan hasil CFD untuk melihat pada temperatur saat proses simulasi PWHT



Gambar 7 Hasil Simulasi model 1 pada waktu yang berbeda untuk parameter temperatur.



Gambar 8 Hasil simulasi model 2 pada waktu yang berbeda untuk parameter temperatur.

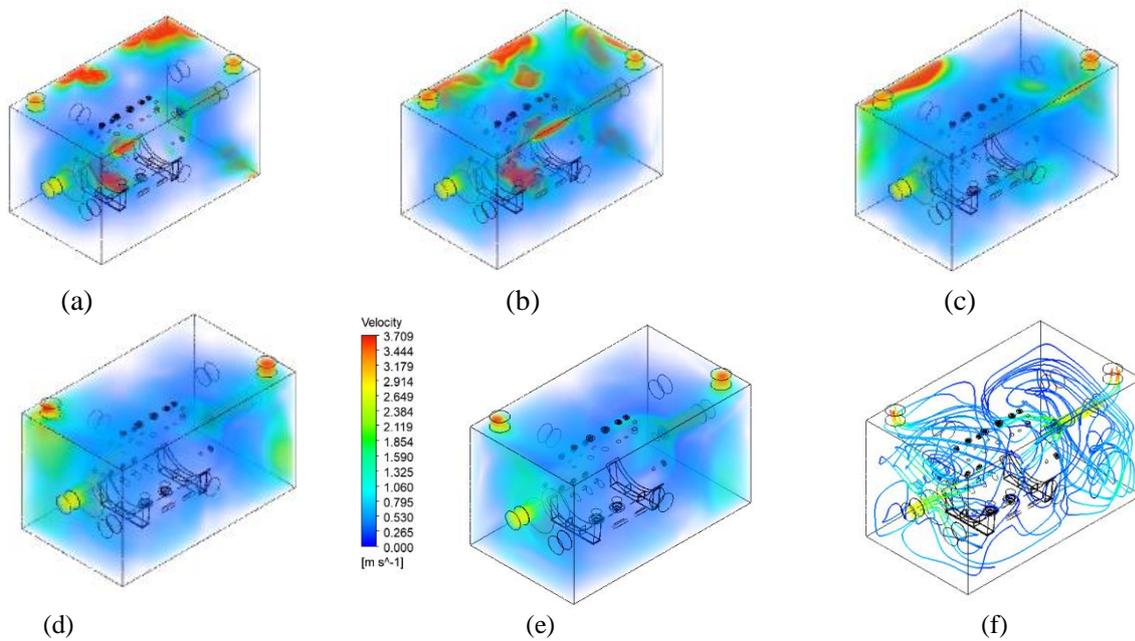


Gambar 9 Hasil simulasi model 3 pada waktu yang berbeda untuk parameter temperatur.

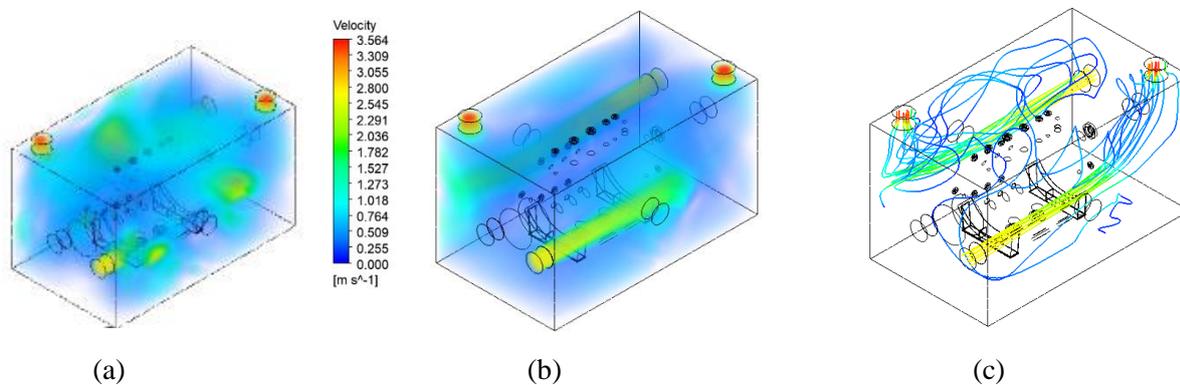
Panas dari *burner* yang masuk melalui *inlet* 1 dengan posisi *burner* dapat dilihat pada gambar 7. Pada gambar 7 (a) adalah gambar perambatan panas selama 3 menit. Pada gambar 7 (b), 7 (c), 7(d) masing-masing adalah perambatan pada menit 6, menit 9 dan menit 12. Pada gambar 7 (e) adalah gambar perambatan panas selama 14,3 menit. Panas *inlet* 1 masuk untuk proses PWHT secara konstan . Untuk mencapai temperatur 635 °C. Temperatur itu adalah temperatur paling panas yang membutuhkan waktu 14,3 menit. Pada gambar dapat dilihat temperatur pada ruangan paling panas menyebar secara merata. Panas dari *burner* yang masuk melalui *inlet* 2 dengan posisi *burner* dapat dilihat pada gambar 8. Pada model 2 gambar 8 (a) adalah perambatan panas selama 3 menit dan gambar 8 (b) adalah perambatan panas saat mencapai temperatur mencapai 635 °C yang dicapai selama 5,16 menit. Panas dari *burner* yang masuk melalui *inlet* 3 dengan posisi *burner* dapat dilihat pada gambar 3. Pada model 3 gambar 9 (a) adalah gambar perambatan panas selama 3 menit, sedangkan gambar 9 (b) dan 9 (c) adalah perambatan panas pada menit 6 dan menit 10,5 hingga mencapai temperatur 635 °C.

b. *Velocity*

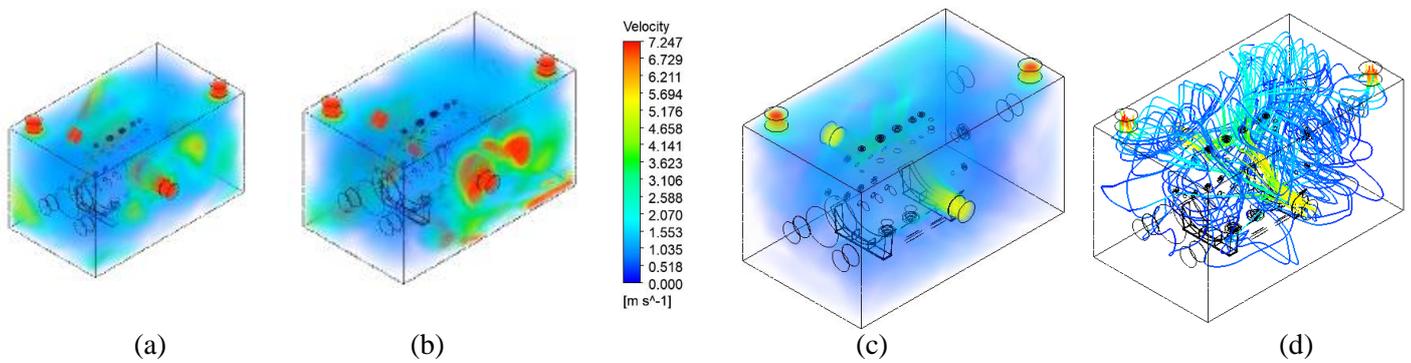
Berikut merupakan hasil CFD untuk melihat *velocity* pada saat proses simulasi PWHT.



Gambar 10 Hasil simulasi model 1 pada waktu yang berbeda untuk parameter *velocity*.



Gambar 11 Hasil simulasi model 2 pada waktu yang berbeda untuk parameter *velocity*.

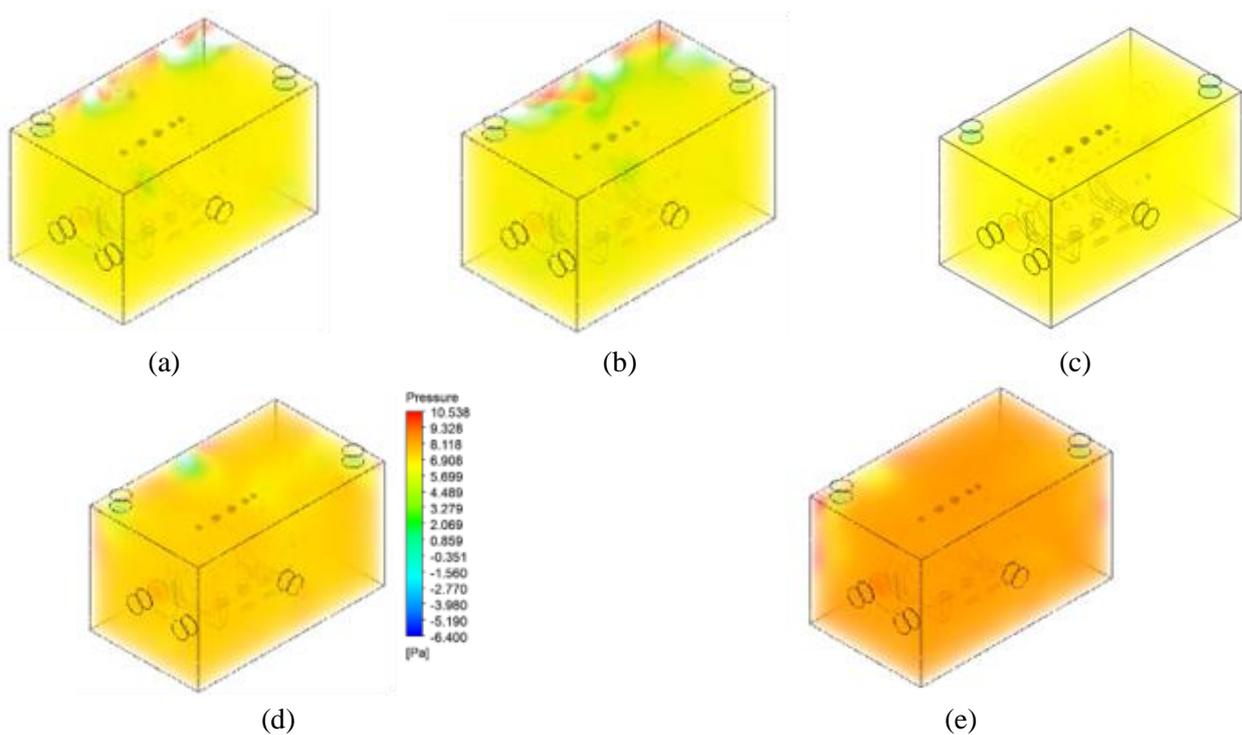


Gambar 12 Hasil simulasi model 3 pada waktu yang berbeda untuk parameter *velocity*.

Pada gambar 10 (a) adalah gambar perambatan panas selama 3 menit. Pada gambar 10 (b), 10 (c), 10(d) masing-masing adalah perambatan pada menit 6, menit 9 dan menit 12. Pada gambar 10 (e) adalah gambar perambatan panas selama 14,3 menit. Pada gambar 10 (f) 3D-Streamline terdapat pola aliran yang tidak beraturan dengan memakai posisi *inlet* 1 tersebut. Pada hasil *velocity* atau kecepatan *inlet* 1 terdapat kecepatan yang paling tinggi adalah 3,709 m/s. nilai kecepatan tersebut tidak konstan akan tetapi naik turun sesuai aliran yang dilewati yang terkadang bisa membuat perubahan pada kecepatan aliran tersebut. Pada hasil *velocity* atau kecepatan model 2 terdapat kecepatan yang paling tinggi adalah 3,564 m/s nilai kecepatan tersebut tidak konstan akan tetapi naik turun sesuai aliran yang dilewati yang terkadang bisa membuat perubahan pada kecepatan aliran tersebut. Pada gambar 11 (a) menunjukkan perubahan kecepatan aliran pada menit 3 dan pada gambar 12 (b) menunjukkan perubahan aliran pada menit 5.16. Pada gambar 11 (c) 3D-Streamline terdapat pola aliran yang cukup beraturan dan lebih baik dari *inlet* sebelumnya ini memakai posisi model 2. Pada model 1 dan model 3 aliran terlihat tidak beraturan karena posisi *burner* langsung menumbuk vessel dengan kecepatan tinggi, selain itu jarak antara *burner* dan vessel pada model 1 dan 3 cukup dekat. Pada model 2 posisi *burner* tidak langsung menumbuk vessel sehingga aliran lebih streamline dibandingkan model 1 dan model 3.

c. *Pressure*

Berikut merupakan hasil CFD untuk melihat pada *pressure* saat proses simulasi *chamber* PWHT.



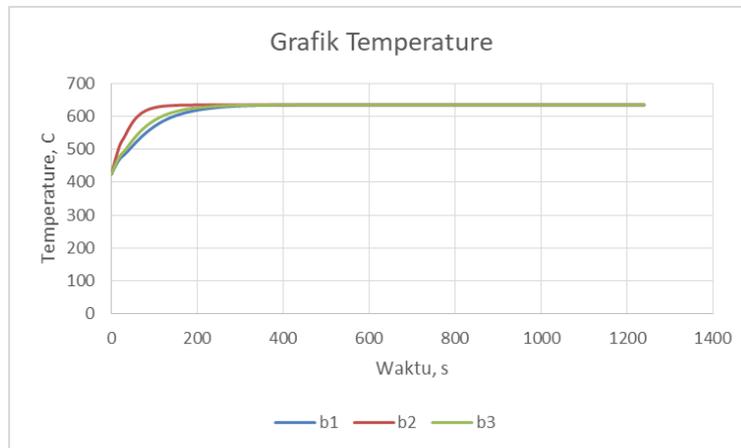
Gambar 9 Hasil simulasi pada waktu yang berbeda untuk parameter *pressure*.

Tekanan yang di hasilkan pada *inlet* 1 yang paling besar nilainya 101334.3 Pa. tekanan tersebut tidak konstan, namun nilai paling besar dari proses PWHT yang dimana masih bisa berubah tergantung posisi yang membutuhkan tekanan besar pada proses pendistribusian panas/fluida pada proses PWHT tersebut.

### 3.2 Perbandingan Ketiga Model Chamber

#### a. Temperatur

Berikut merupakan grafik untuk melihat perbandingan temperatur untuk ketiga *inlet*, temperatur dimulai dengan temperatur 425 °C dan berhenti di 635 °C. dari ketiga proses tersebut yang paling optimal atau paling cepat mencapai di titik 635 °C.

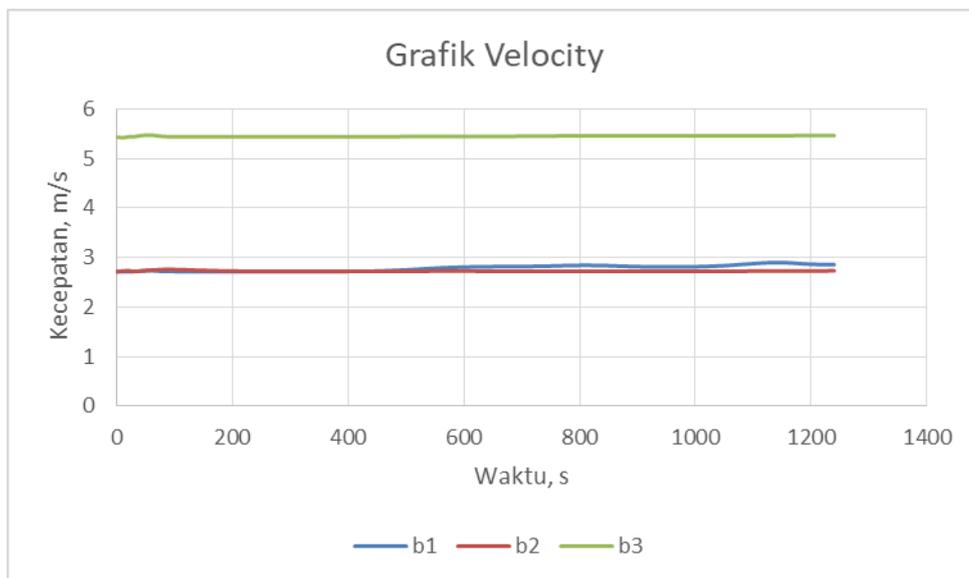


Gambar 10 Grafik hubungan temperatur dengan waktu pemanasan.

Dari hasil grafik temperatur diatas dapat dilihat bahwa garis b2 atau *inlet* 2 yang lebih optimal atau lebih cepat mencapai titik 635 °C dengan waktu 310 second atau 5,16 menit sudah mencapai titik tersebut, dibandingkan dengan *inlet* 1 dan *inlet* 3 yang membutuhkan waktu yang lebih lama yaitu 14.3 menit dan 10.5 menit, sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk hasil temperatur *inlet* 2 yang lebih optimal dan lebih cepat perambatan temperaturnya. Dengan lebih cepatnya ketercapaian temperatur tersebut berarti sudah sesuai dengan keoptimalan dengan yang diharapkan, karena semakin cepat waktu menuju ke holding time lebih baik ke temperatur titik 635 °C.

#### b. Velocity

Berikut merupakan grafik untuk menilai perbandingan *velocity* di ketiga *inlet*, *velocity* yang di cari yakni arah yang beratukan dan kecepatannya lebih konstan dibayangkan yang lainnya, sehingga nanti akan didapatkan nilai yang paling optimal di ketiga percobaan tersebut.

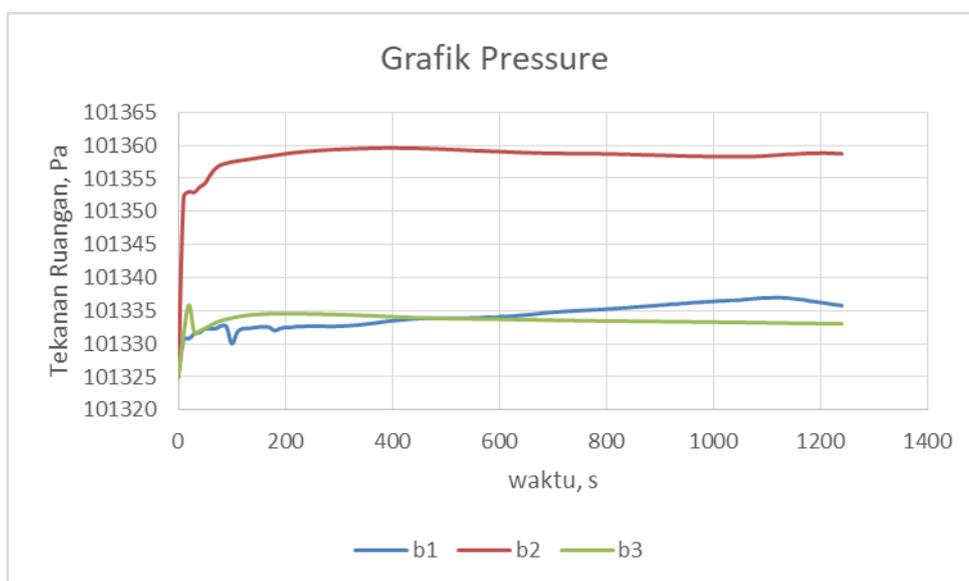


Gambar 11 Grafik Hubungan *Velocity* dengan Waktu Pemanasan

Dari hasil grafik *velocity* diatas dapat dilihat bahwa garis b2 atau model 2 yang lebih optimal atau lebih konstan arah pergerakannya dan tidak terlalu cepat namun memberikan hasil pada temperatur yang lebih optimal untuk mencapai 635 °C lebih cepat yang nilai rata-ratanya adalah 2,7 m/s dan dapat dilihat juga pada gambar 4.17 3D-Streamline Pandangan Isometri yang Dimana arah dari atau pendistribusian proses PWHT nya lebih terarah dan lebih rapi dibandingkan kedua *inlet* yang lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk hasil *velocity* yang lebih optimal pada proses model 2. B3 menghasilkan kecepatan yang paling tinggi dikarenakan posisi *burner* mendukung hal tersebut, namun tidak menjadikan keoptimalan karena hasil dari analisis model 3 menggambarkan *velocity* yang kurang teratur dan tidak stabil arah nya. Kecepatan paling tinggi namun ketercapaian temperatur cukup lama di bandingkan *inlet* 2.

c. *Pressure*

Gambar 11 merupakan grafik untuk menilai perbandingan *Pressure* di ketiga *inlet*, *pressure* yang di cari yakni *pressure* yang lebih besar namun memberikan dampak yang sigifikan pada proses temperatur dan *velocity*. Sehingga ketiga poin tersebut saling berkesinambungan dan memberikan efek satu sama lain.



Gambar 11 Hasil perbandingan *pressure*.

Dari hasil grafik *pressure* diatas dapat dilihat bahwa garis b2 atau *inlet 2* yang lebih optimal atau lebih stabil arah pergerakannya, yang dimana *pressure* tersebut tidak mengalami penurunan tekanan, yang naik terus dan kemudian dilanjut dengan konstan dan tidak ada penurunan yang secara ekstrem nilai rata-rata dari *pressure* tersebut adalah 101358 Pa, dibandingkan dengan tekanan dari *inlet 1* dan *inlet 3* yang dimana proses tekanan yang terjadi tidak konstan dan naik turun yang cukup banyak, yang menyebabkan tidak stabilnya tekanan tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *inlet 2* yang lebih optimal prosesnya. *Inlet 2* menghasilkan *pressure* paling tinggi dan lebih konstan karena posisi *burner* mendukung hal tersebut untuk menghasilkan *pressure* tinggi.

#### 4 Kesimpulan

Dari simulasi penelitian berikut, didapatkan kesimpulan bahwa nilai yang paling optimal untuk temperatur ada pada model 2 yang lebih cepat mencapai titik 635°C dengan waktu 310 detik atau 5,16 menit, kemudian yang paling optimal untuk model 2 karena hasil lebih konstan arah pergerakannya dan tidak terlalu cepat namun memberikan hasil pada temperatur yang lebih optimal yang nilai rata-ratanya adalah 2,7 m/s, sedangkan untuk *pressure* nilai yang paling optimal ada pada model 2, dimana tekanan lebih stabil, tidak mengalami penurunan tekanan yang naik terus dan kemudian dilanjut dengan konstan dan tidak ada penurunan yang secara ekstrem nilai rata-rata dari *pressure* tersebut adalah 101358 Pa.

#### 5 Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT BBI atas bantuan tentang pengambilan data dan pihak terkait atas penelitian ini.

#### 6 Referensi

- [1] K. Hadi, "RANCANG BANGUN JIG DAN FIXTURE PENGELASAN UNTUK PRODUKSI TOOL PENGGULUNG SELANG PEMADAM KEBAKARAN (PROSES PEMBUATAN)." Politeknik Negeri Sriwijaya, 2021.
- [2] T. Supriyono and B. Ariantara, "Perancangan Fuel Gas Treatmen untuk PLTG," in *Seminar Nasional Teknik MEsin 7*, Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, 2012, pp. K74–K77.
- [3] T. M. Prayogo and T. H. Ningsih, "PENGARUH HOLDING TIME PWHT TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PROSES PENGELASAN SMAW BAJA S45C," *J. Inov. Teknol. Manufaktur, Energi dan Otomotif*, vol. 2, no. 1, pp. 77–83, 2023.
- [4] M.-L. Zhu and F.-Z. Xuan, "Correlation between microstructure, hardness and strength in HAZ of dissimilar welds of rotor steels," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 527, no. 16–17, pp. 4035–4042, 2010.
- [5] A. A. Cumaratunga, "ANALISA SIFAT KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PROSES PWHT DENGAN VARIASI SUHU PEMANASAN PADA PENGELASAN LOGAM BERBEDA ASTM A36 DENGAN AISI 316L." Universitas Hasanuddin, 2023.
- [6] S. T. Yustiasih Purwaningrum, "Pengaruh Temperatur Post Weld Heat Treatment (Pwht) Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Sambungan Las Mig Baja Aisi 1000 SS," 2021.
- [7] G. Taniguchi and K. Yamashita, "Effects of post weld heat treatment (PWHT) temperatur on mechanical properties of weld metals for high-Cr ferritic heat-resistant steel," *Kobelco Technol. Rev.*, vol. 32, pp. 33–39, 2013.
- [8] B. K. Srivastava, S. P. Tewari, and J. Prakash, "A review on effect of preheating and/or post weld heat treatment (PWHT) on mechanical behavior of ferrous metals," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 625–631, 2010.
- [9] A. H. Yaghi, T. H. Hyde, A. A. Becker, and W. Sun, "Finite element simulation of welding and residual stresses in a P91 steel pipe incorporating solid-state phase transformation and post-weld heat treatment," *J. Strain Anal. Eng. Des.*, vol. 43, no. 5, pp. 275–293, 2008.
- [10] Y. L. Shuaib-Babata, R. A. Adewuyi, and J. O. Aweda, "Effects of thermal treatment processes (TTP) on some of the mechanical properties of welded 0.165% carbon steel," 2017.