

ANALISA SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN TEKANAN MENGGUNAKAN APLIKASI ANSYS 15.0 PADA RUANG BAKAR TURBIN GAS UNTUK MENGETAHUI TINGKAT KEADAAN

Jeffry^{1*}, Ikhwansyah Isranuri², M. Sabri³, Syahrul Abda⁴, Marragi M⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Email: 24jeffryx4@gmail.com

Abstract

This research was conducted to determine the conditions in the combustion chamber of a gas turbine type Silo Chamber and the distribution of temperature and pressure in it using ANSYS simulation. The data entered in the form of 8.5 bar compressed air and temperature of 722 K, and fuel in the form of natural gas (CH₄) with an inlet velocity of 20 m / s and a temperature of 300 K. The result is the highest temperature, pressure, and velocity of air flow in the middle of the combustion chamber where at an interval of $5 < y < 7$ m from the main axis.

Keywords : Temperature and Pressure Distribution, Silo Combustion Chamber, ANSYS 15.0

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi di dalam ruang bakar turbin gas jenis *Silo Chamber* dan pendistribusian temperatur dan tekanan di dalamnya dengan menggunakan simulasi ANSYS. Data yang dimasukkan berupa udara kompresi bertekanan 8.5 bar dan temperatur 722 K, serta bahan bakar berupa gas alam (CH₄) dengan kecepatan masuk 20 m/s dan temperatur 300 K. Hasilnya adalah temperatur, tekanan, dan kecepatan aliran udara (*velocity*) tertinggi berada di tengah ruang bakar dimana pada posisi interval $5 < y < 7$ m dari sumbu utama.

Kata kunci : Distribusi temperatur dan tekanan, *Silo Combustion Chamber*, ANSYS 15.

I. PENDAHULUAN

Semakin bertambahnya jumlah penduduk berarti semakin bertambah pula kebutuhan akan energi listrik. Salah satu solusi untuk memecahkannya yaitu dengan membangun PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai penyedia energi listrik. Namun, untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik negara, PLN juga harus dengan cermat memantau kondisi dari alat pembangkit listrik yang dalam hal ini adalah turbin gas. Hal ini dapat dilakukan dengan cara analisa terhadap kondisi di dalam ruang bakar (*combustion chamber*) dari turbin gas. Dengan menggunakan *software* ANSYS, kondisi di dalam ruang bakar dapat disimulasikan dan dianalisa temperatur, tekanan, dan kecepatan aliran udara (*velocity*) dengan akurat.

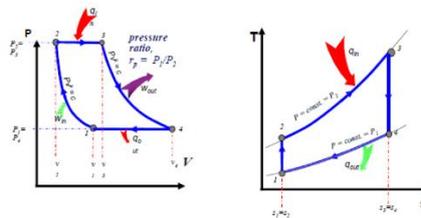
II. TEORI DASAR

2.1 Turbin Gas

Turbin gas adalah suatu alat yang memanfaatkan gas sebagai fluida untuk memutar turbin dengan memanfaatkan kompresor dan mesin pembakaran internal. Di dalam turbin gas, energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik melalui udara bertekanan yang memutar sudu turbin sehingga menghasilkan daya. Sistem turbin gas terdiri dari tiga komponen utama, yaitu kompresor, ruang bakar, dan turbin.

Secara umum proses yang terjadi pada suatu sistem turbin gas adalah sebagai berikut:

- a. Pemampatan (*compression*) udara di hisap dan dimampatkan.
- b. Pembakaran (*combustion*) bahan bakar dicampurkan ke dalam ruang bakar dengan udara kemudian di bakar.
- c. Pemuai (*expansion*) gas hasil pembakaran memuai dan mengalir ke luar melalui nozel (*nozzle*).
- d. Pembuangan gas (*exhaust*) gas hasil pembakaran dikeluarkan lewat saluran pembuangan.



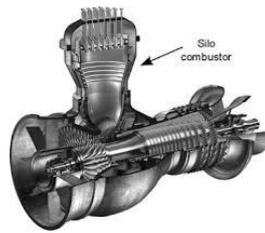
Gambar 2.1 Diagram P-V dan T-S Turbin Gas Ideal

2.2 Combustion Chamber

Combustion Chamber atau *combustor* juga dikenal sebagai *burner*, ruang pembakaran atau pemegang api. Dalam mesin turbin gas, ruang bakar (*combustor* atau *combustion chamber*) diumpangkan oleh udara bertekanan tinggi dari sistem kompresi. *Combustor* kemudian memanaskan udara ini pada tekanan konstan. Setelah pemanasan, udara melewati dari ruang bakar melalui panduan baling-baling nozel untuk turbin. Fungsi ruang bakar adalah untuk mengubah energi tekanan menjadi energi panas melalui proses pembakaran.

Silo Combustion Chamber

Ruang pembakaran *silo* untuk turbin gas yang memiliki tabung api, dinding dalam, tabung api, dinding luar yang mengelilingi dinding bagian dalam, dan sejumlah rongga untuk jalur suplai fluida, sejumlah pembakar yang masing-masing terbuka ke ruang pembakaran melalui lubang tabung api. *Silo combustion chamber* digunakan pada skala industri besar. Biasanya terdiri dari 2 buah pada sebuah unit turbin gas. Pada *silo combustion chamber* biasanya terdapat 6 atau 8 pembakar di dalamnya.

Gambar 2.2 *Silo Combustor*

Pasokan oksigen terhubung secara fluida ke ruang *annular*. Desain *silo combustion chamber* yang sederhana ini memudahkan untuk dilakukan perawatan (*maintenance*). Di dalam dinding ruang bakarnya dipasang keramik-keramik persegi panjang untuk memperlambat perpindahan panas ke luar *chamber*. Udara panas hasil pembakaran akan langsung menuju nosel turbin. *Silo combustion chamber* memiliki ukuran yang paling besar di antara semua jenis *combustion chamber*

2.3 ANSYS Workbench

ANSYS Workbench adalah salah satu perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (*engineering*). ANSYS Workbench menyediakan fasilitas untuk berinteraksi antar solvers famili ANSYS. ANSYS Workbench juga dapat berintegrasi dengan perangkat lunak CAD sehingga memudahkan pengguna dalam membangun model geometri dengan berbagai perangkat lunak CAD.



Gambar 2.3 ANSYS Workbench

ANSYS Workbench berisi beberapa fasilitas, di antaranya:

1. *Mechanical*, untuk analisa struktur (statik) dan thermal (perpindahan panas)
2. *Fluid Flow*, yang terdiri dari ANSYS CFX dan *Fluent*, untuk analisa CFD (*computational fluid dynamics*).
3. *Engineering Data*, sebagai database material lengkap dengan propertiesnya.
4. *Design Modeler*, digunakan untuk membangun geometri model yang akan dianalisa. Juga dapat digunakan untuk memodifikasi hasil gambar dari perangkat lunak CAD.
5. *Meshing Application*, fasilitas untuk “meshing” baik pada CFD maupun *Explicit Dynamics*.
6. *BladeGen*, untuk membangun geometri blade, seperti fan, blower, sudu turbin dan lain-lain.

Perhitungan yang mengkhususkan pada fluida, mulai dari aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida menggunakan CFD. Atas prinsip-prinsip

dasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum, massa, serta species, penghitungan dengan CFD dapat dilakukan. Secara sederhana proses penghitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan dilibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang dibangkitkan dengan memasukkan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah *boundary condition*. *Boundary condition* adalah kondisi dimana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pre Processing

a. Desain

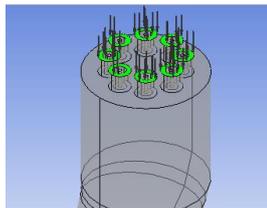
Pendesainan *combustion chamber* menggunakan *software* Solidworks 2011. Kemudian model diexport ke *software* ANSYS Workbench 15.0.



Gambar 3.1 Model Silo Combustion Chamber

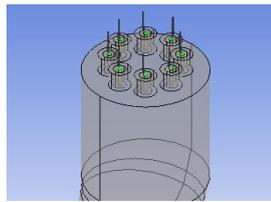
b. Input Data

Masuknya udara hasil kompresi melalui 8 saluran udara di atas *combustion chamber* memiliki tekanan rata-rata 8.5 bar dan temperatur rata-rata 722 K. Udara hasil kompresi ini memiliki komposisi yang terdiri dari N_2 76.7% dan O_2 23.3%.



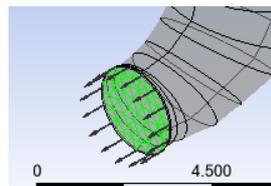
Gambar 3.2 Saluran Masuk Udara Kompresi

Bahan bakar dengan komposisi *Natural Gas* (CH_4) masuk melalui 8 saluran kecil dengan kecepatan masuk sebesar 20 m/s dan temperatur bahan bakar 300 K.



Gambar 3.3 Saluran Masuk Bahan Bakar

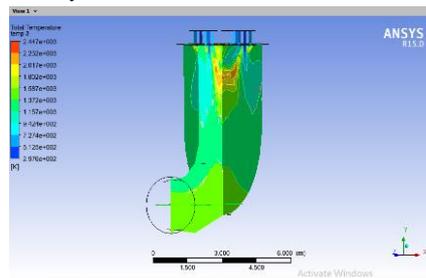
Hasil keluaran pembakaran di dalam *combustion chamber* digunakan tekanan keluar 8.5 bar. Hal ini sesuai dengan prinsip gas ideal, yaitu tekanan udara konstan selama proses di dalam ruang pembakaran.



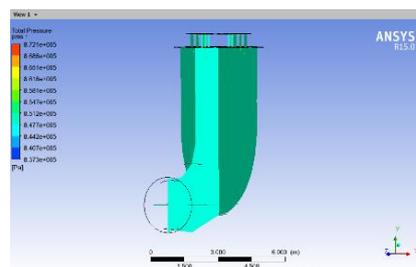
Gambar 3.4 Keluaran Hasil Pembakaran

3.2 Post Processing

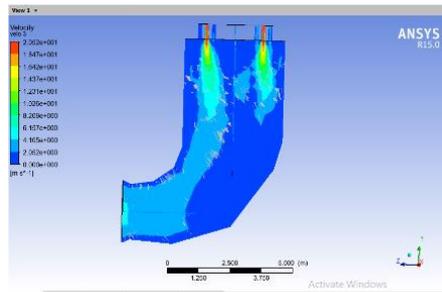
Hasil dari simulasi menunjukkan kontur warna yang bervariasi pada distribusi temperatur, tekanan, dan *velocity*.



Gambar 3.5 Hasil Simulasi Temperatur



Gambar 3.6 Hasil Simulasi Tekanan



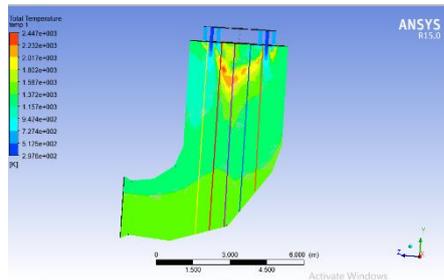
Gambar 3.7 Hasil Simulasi Velocity

IV. HASIL & PEMBAHASAN

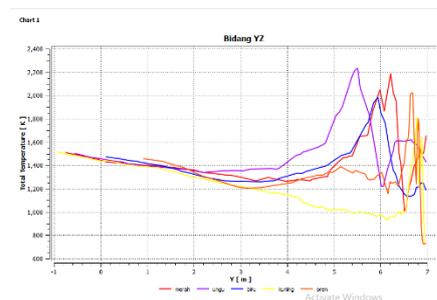
4.1 Analisa Distribusi Temperatur, Tekanan, dan Velocity

a. Bidang YZ

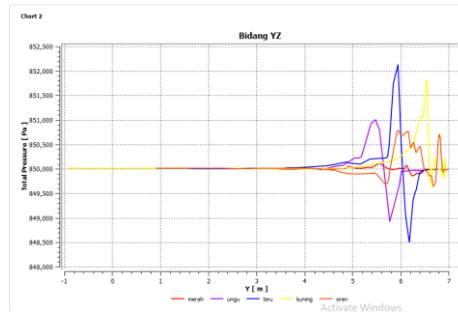
Pada bidang YZ, dibuat lima garis vertikal untuk mendapatkan representasi dari distribusi temperatur, tekanan, dan velocity. Kemudian dibuatkan dalam bentuk grafik sumbu Y terhadap temperatur, sumbu Y terhadap tekanan, dan sumbu Y terhadap velocity. Temperatur-temperatur tertinggi berada pada interval $5 < y < 7$ m. Tekanan-tekanan tertinggi berada pada interval $5 < y < 7$. Velocity tertinggi berada pada interval $4 < y < 6.5$.



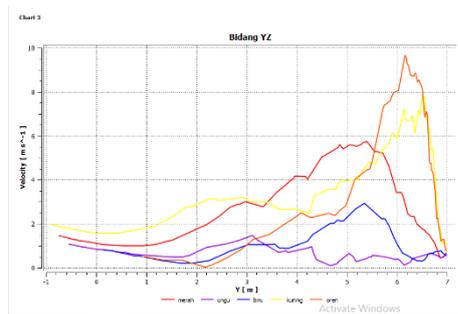
Gambar 4.1 Lima Garis Vertikal Bidang YZ



Gambar 4.2 Distribusi Temperatur Bidang YZ



Gambar 4.3 Distribusi Tekanan Bidang YZ

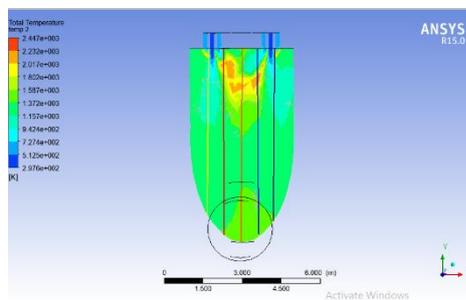


Gambar 4.4 Kontur dan Grafik Velocity Bidang YZ

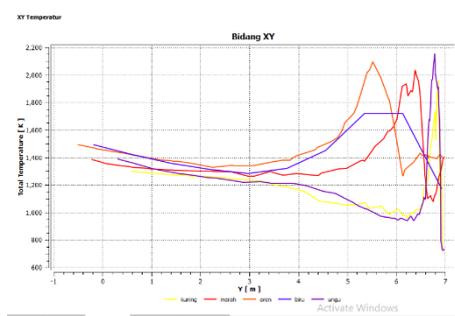
Dari ketiga parameter, yaitu temperatur, tekanan, dan *velocity* dalam bidang YZ menunjukkan bahwa temperatur dan tekanan tertinggi berada pada interval $5 < y < 7$ m dengan temperatur di antara 1800 K sampai 2200 K dan tekanan di antara 851000 Pa sampai 852000 Pa. Sedangkan *velocity* tertinggi pada interval $6 < y < 7$ m. *Velocity* yang tinggi tersebut terjadi bersamaan dengan naiknya temperatur dan tekanan.

b. Bidang XY

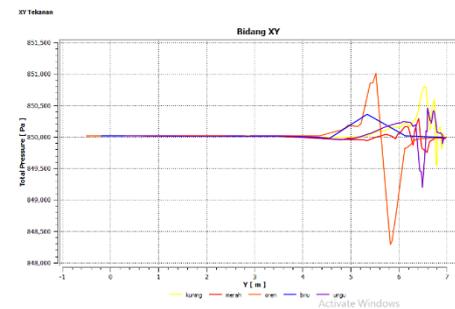
Pada bidang XY, dibuat lima garis vertikal untuk mendapatkan representasi dari distribusi temperatur. Kemudian dibuatkan dalam bentuk grafik sumbu Y terhadap temperatur, sumbu Y terhadap tekanan, dan sumbu Y terhadap *velocity*. Temperatur dan tekanan tertinggi berada pada interval $5 < y < 7$ m. *Velocity* tertinggi berada pada interval $5 < y < 6.5$ m.



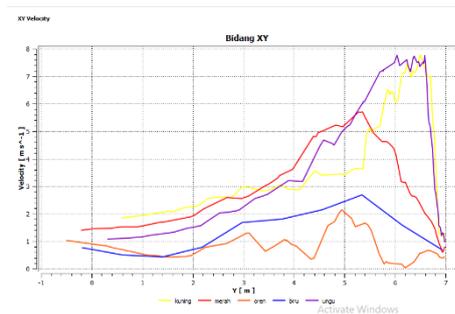
Gambar 4.5 Lima Garis Vertikal Bidang XY



Gambar 4.6 Distribusi Temperatur Bidang XY



Gambar 4.7 Distribusi Tekanan Bidang XY

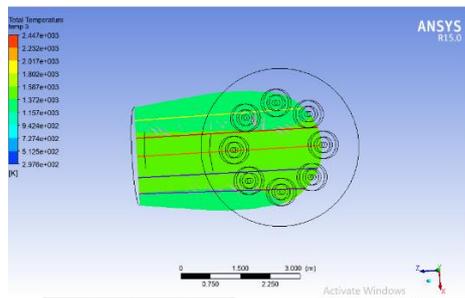


Gambar 4.8 Kontur dan Grafik Velocity Bidang XY

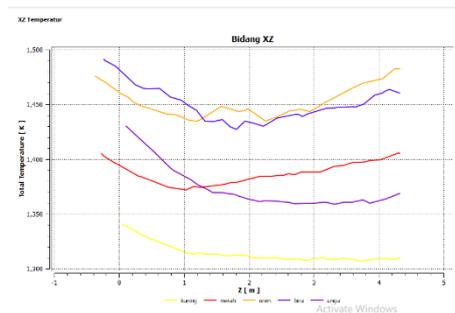
Bidang XY secara keseluruhan menunjukkan bahwa temperatur dan tekanan tertinggi berada pada interval $5 < y < 7$ m. Naik dan turunnya tekanan secara signifikan juga disertai dengan naik dan turunnya temperatur. Velocity tertinggi pada interval $5 < y < 6.5$ m. Hal ini terjadi karena zona tersebut berdekatan dengan masuknya kompresi udara dan bahan bakar.

c. Bidang XZ

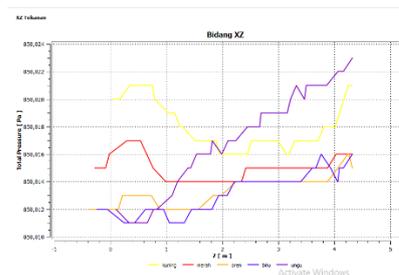
Pada bidang XZ, dibuat lima garis horizontal untuk mendapatkan representasi dari distribusi temperatur. Kemudian dibuatkan dalam bentuk grafik sumbu Z terhadap temperatur, sumbu Z terhadap tekanan, dan sumbu Z terhadap velocity. Daerah temperatur tertinggi berada di zona garis biru dan oren. Tidak terjadi peningkatan atau penurunan tekanan yang signifikan. Jika dilihat melalui kontur warna, tekanan pada bidang XZ merata. Velocity di bidang XZ mengalami peningkatan 4 - 5 m/s sebelum keluar dari *outlet combustion chamber*.



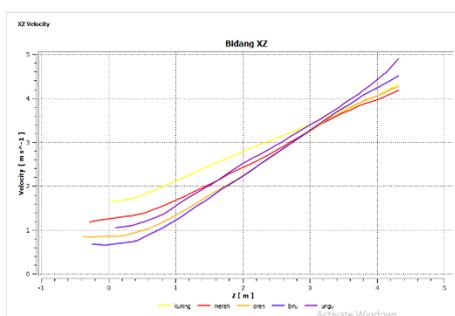
Gambar 4.9 Lima Garis Horizontal Bidang XZ



Gambar 4.10 Distribusi Temperatur Bidang XZ



Gambar 4.11 Distribusi Tekanan Bidang XZ

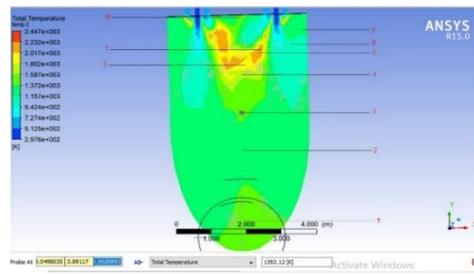


Gambar 4.12 Kontur dan Grafik Velocity Bidang XY

4.2 Analisa 10 Titik

Jika diambil beberapa titik pada bagian-bagian tertentu, dapat dilihat besar temperatur, tekanannya, dan *velocity*.

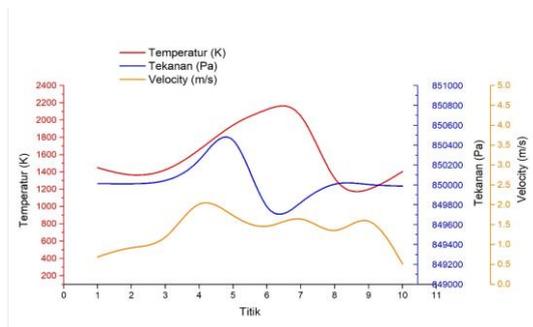
a. Bidang XY



Gambar 4.13 Sepuluh Titik pada Bidang XY

Tabel 4.1 Data Temperatur, Tekanan, dan Velocity 10 Titik pada Bidang XY

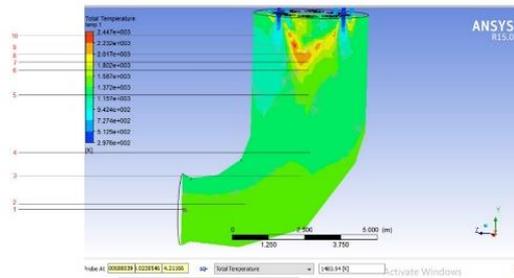
BIDANG XY						
	Koordinat			Temperatur K	Tekanan Pa	Velocity m/s
	x	y	z			
1	0.0772309	0.32547	0.003823	1450.49	850012	0.689455
2	0.0326392	2.76692	0.005545	1337.52	850008	0.968034
3	0.0498035	3.89117	0.002089	1392.12	850018	0.951398
4	0.0639748	5.04631	0.002044	1645.69	850186	2.36384
5	0.102866	5.3798	0.002204	1969.54	850745	1.67889
6	0.531765	5.76917	0.00217	2127.12	849525	1.30421
7	0.628299	5.86754	0.001008	2254.48	849841	1.87184
8	1.52617	5.90622	0.00468	1136.62	850051	1.06962
9	1.89974	6.52242	0.004035	1164.55	849996	1.98336
10	0.131933	6.89535	0.001725	1404.44	849989	0.512692



Gambar 4.14 Grafik Temperatur, Tekanan, dan Velocity 10 Titik pada Bidang XY

Pada titik 6, 7, dan 8 terjadi kenaikan dan penurunan temperatur dan tekanan yang tidak sebanding, dengan diikuti *velocity* yang fluktuatif. Hal ini menunjukkan pendistribusian tekanan yang tidak merata pada daerah tersebut.

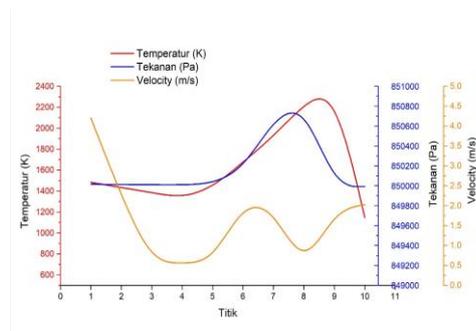
b. Bidang YZ



Gambar 4.15 Sepuluh Titik pada Bidang YZ

Tabel 4.2 Data Temperatur, Tekanan, dan Velocity 10 Titik pada Bidang YZ

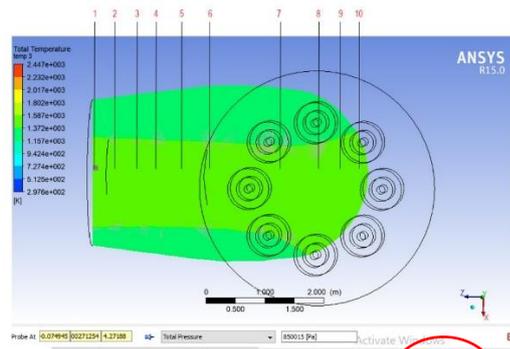
PLANE YZ						
	Koordinat			Temperatur	Tekanan	Velocity
	x	y	z	K	Pa	m/s
1	0.00688	-0.02385	4.21166	1483.94	850015	4.20156
2	0.006646	0.209101	1.96279	1433.85	850013	2.23997
3	0.006764	1.34142	0.222935	1386.2	850011	0.563913
4	0.006683	2.14656	-0.05101	1331.89	850009	0.55805
5	0.006713	4.20326	0.002432	1435.28	850020	0.58217
6	0.006581	5.05132	-0.01021	1675.31	850165	2.0884
7	0.006808	5.36363	-0.03681	1921.71	850673	1.9401
8	0.006571	5.50388	0.183685	2230.44	850837	0.35269
9	0.002495	5.8848	0.560904	2394.65	849985	1.89357
10	0.001695	6.11944	1.89218	1148.24	849994	2.02621



Gambar 4.16 Grafik Temperatur, Tekanan, dan Velocity 10 Titik pada Bidang YZ

Pada bidang YZ, terjadi kenaikan dan penurunan yang signifikan. Kenaikan temperatur juga diikuti oleh kenaikan tekanan. Velocity mengalami kenaikan dan penurunan yang fluktuatif.

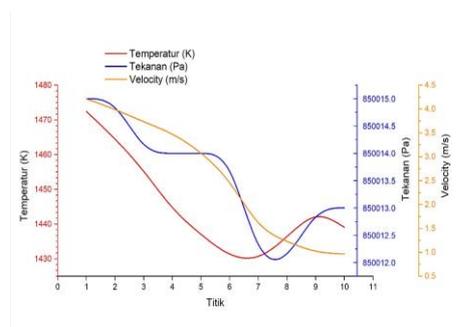
c. Bidang XZ



Gambar 4.17 Sepuluh Titik pada Bidang XZ

Tabel 4.3 Data Temperatur, Tekanan, dan Velocity 10 Titik pada Bidang XZ

PLANE XZ						
	Koordinat			Temperatur	Tekanan	Velocity
	x	y	z	K	Pa	m/s
1	-0.07495	0.002713	4.27188	1472.46	850015	4.21491
2	-0.08647	0.002751	3.95184	1464.7	850015	3.99826
3	-0.08871	0.002802	3.56388	1455.56	850014	3.72826
4	-0.08077	0.002614	3.26319	1444.05	850014	3.49939
5	-0.07344	0.002745	2.85579	1436.97	850014	3.1033
6	-0.06701	0.002843	2.29321	1430.48	850014	2.53299
7	-0.04604	0.002456	1.17102	1429.44	850012	1.498
8	-0.0432	0.002341	0.835673	1436.2	850012	1.22291
9	-0.01796	0.002421	0.493503	1444.27	850013	0.991866
10	-0.19642	0.008366	-0.10957	1439.09	850013	0.968173

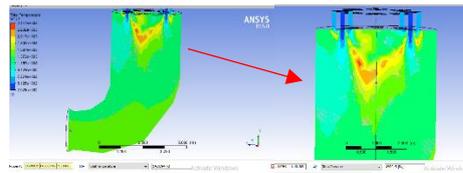


Gambar 4.18 Grafik Temperatur, Tekanan, dan Velocity 10 Titik pada Bidang XZ

Pada titik 4, 5, dan 6, penurunan tekanan tidak diikuti oleh penurunan temperatur. Hal ini menunjukkan pendistribusian tekanan yang tidak merata pada daerah tersebut. Secara keseluruhan, penurunan temperatur dan tekanan diikuti oleh penurunan *velocity*.

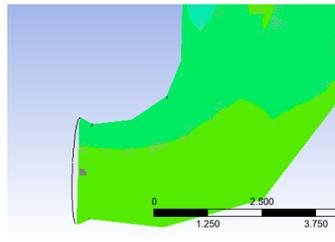
4.3 Analisa Daerah Kritis

Daerah kritis adalah daerah pada *combustion chamber* dimana terdapat temperatur yang tinggi (berwarna merah) yang dapat berpengaruh terhadap ketahanan material. Pada hasil simulasi, dapat dilihat bahwa daerah kritis terdapat di tengah ruang *combustion chamber*. Jika dianalisa menggunakan grafik-grafik di atas, maka daerah kritis tersebut berada pada posisi interval $5 < y < 7$ m dari sumbu utama.



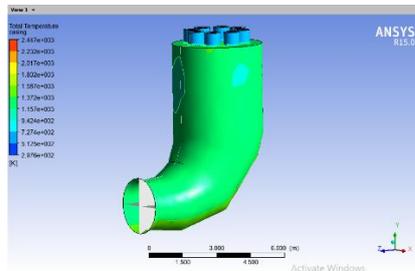
Gambar 4.19 Daerah Kritis

Pada daerah keluaran (*outlet*) *combustion chamber*, terlihat bahwa adanya kontur warna yang berbeda. Hal ini menunjukkan adanya temperatur yang tidak merata. Kondisi seperti ini dapat mempengaruhi putaran pada turbin.



Gambar 4.20 Perbedaan Temperatur pada *Outlet*

Hasil simulasi ANSYS Workbench 15.0 menampilkan bahwa jangkauan temperatur tertinggi adalah 24474 K, temperatur terendah adalah 297.567 K, sedangkan jangkauan tekanan tertinggi adalah 872.075 Pa dan tekanan terendah adalah 837.254 Pa. Tetapi pada daerah luaran *chamber*, tidak terdapat kontur berwarna kritis. Temperatur luaran *chamber* berkisar dari 1100 K sampai 1430 K. *Combustion chamber* menggunakan material seperti Nimonic 263, SS 309, Hastelloy X, atau Haynes 188. Dengan temperatur tersebut, maka *combustion chamber* tersebut masih aman untuk digunakan.



Gambar 4.21 Distribusi Temperatur pada Luaran *Chamber*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah temperatur, tekanan, dan *velocity* tertinggi pada bidang XY, YZ berada pada interval $5 < y < 7$ m. Pada bidang XZ, tidak terjadi peningkatan yang signifikan, tetapi *velocity* meningkat 4 – 5 m/s.

2. Dalam pengambilan 10 titik pada bagian-bagian tertentu di ketiga bidang, secara keseluruhan naiknya temperatur diikuti dengan naiknya tekanan, dengan *velocity* yang fluktuatif.
3. Daerah kritis pada *combustion chamber* berada di tengah ruang chamber yang berjarak antara 5 sampai 7 m dari sumbu utama.
4. Material yang digunakan pada *combustion chamber*, yaitu Nimonic 263, SS 309, Hastelloy X, atau Haynes 188 masih aman untuk digunakan karena pendistribusian temperatur pada luaran *chamber* masih di bawah titik leleh material-material tersebut.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian yang lebih bagus ke depannya adalah sebagai berikut :

1. Disarankan adanya penelitian lebih lanjut mengenai daerah temperatur dan tekanan yang fluktuatif pada bidang XY.
2. Disarankan adanya penelitian lebih lanjut mengenai konfigurasi *burner* terhadap pembakaran yang lebih homogen.

REFERENSI

- Afrian, Rudy. 2010. *Simulasi Aliran Udara 3D Pada Combustion Chamber Engine GE.J47-GE-17 Dengan Menggunakan Software Fluent*. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta.
- Arya. *Gas Turbine Maintenances* (Online) <https://arya1984.wordpress.com/2010/02/14/gas-turbine-maintenances/> (diakses 10 Juli 2019)
- Cahyo, Nur. 2010. *Simulasi Aliran Fluida Dalam Proses Pembakaran Natural Gas Pada Combustion Chamber*. (Online) <http://eprints.undip.ac.id/24522/1/L2E004424.pdf> (diakses 12 Juli 2019)
- James, Akash. *Gas Turbine Combustion Chamber*. (Online) https://www.rajagiritech.ac.in/Home/mech/Course_Content/Semester%20IV/ME%20204%20Thermal%20Engineering/Module%206.pdf (diakses 14 Juli 2019)