

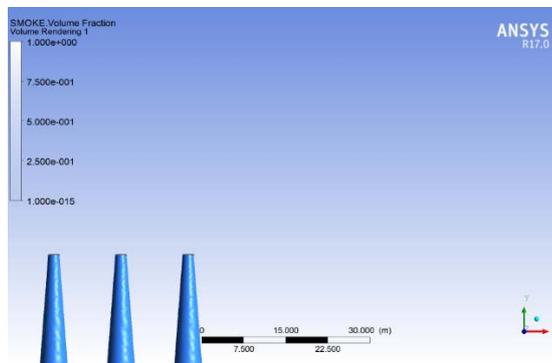
## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

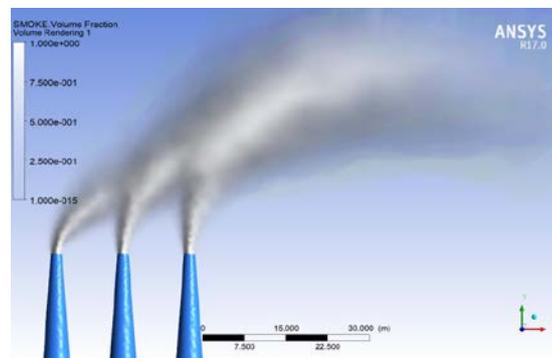
#### 4.1 Analisa Data

Data ini merupakan hasil penelitian untuk pengujian simulasi pola dispersi *plume rise* pada *chimney* dengan menggunakan software *ANSYS WORKBENCH* dengan pemecahan *solver* CFX. Simulasi 3D dilakukan dengan 3 macam *timestep*, yaitu : 0 sekon, 15 sekon, dan 30 sekon.

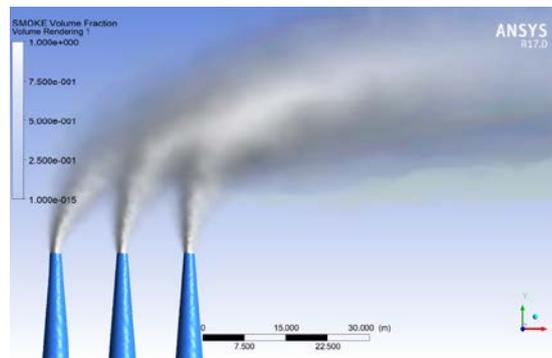
##### 4.1.1 Hasil Simulasi 3D *Plume Rise Chimney* Berdasarkan *Timestep*



Gambar 4.1 *Smoke Volume Rendering* Awal *Timestep* = 0 s pada *ANSYS WORKBENCH*

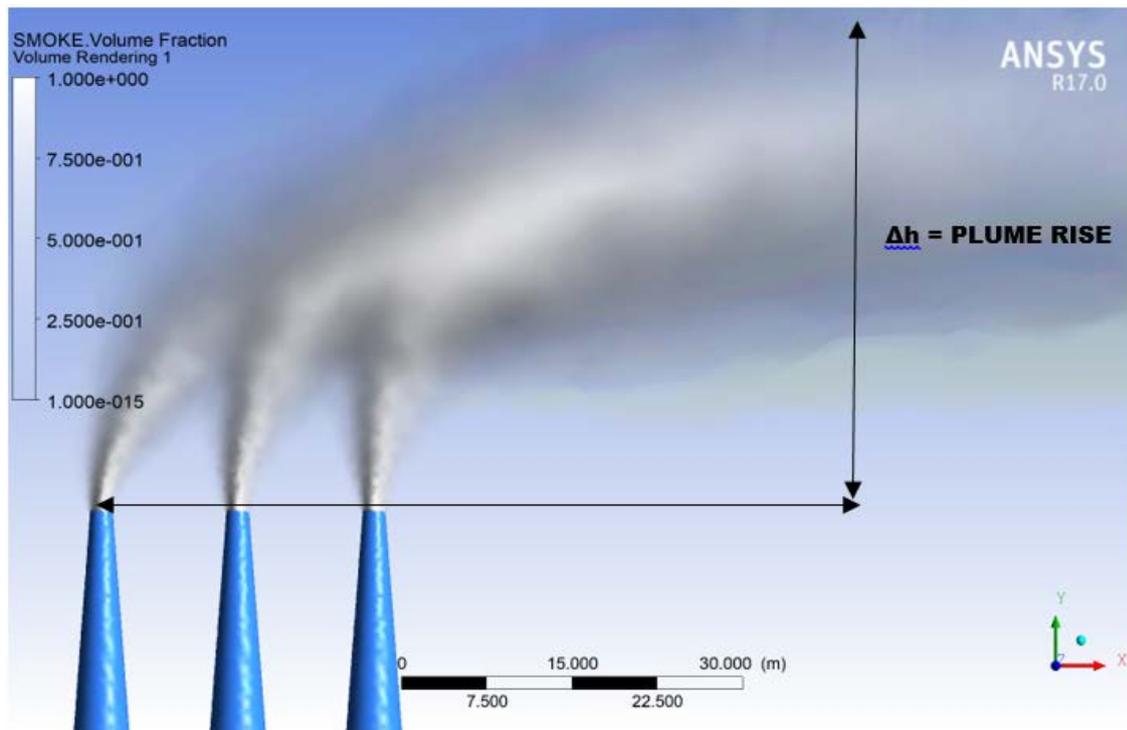


Gambar 4.2 *Smoke Volume Rendering* *Timestep* = 15 s pada *ANSYS WORKBENCH*



Gambar 4.3 *Smoke Volume Rendering* Akhir *Timestep* = 30 s pada *ANSYS WORKBENCH*

### 4.1.2 Analisa Perhitungan *Plume Rise*



Gambar 4.4 *Smoke Volume Fraction Plume Rise Detail* pada ANSYS WORKBENCH

Perhitungan *Plume Rise* :

Asumsi :

- Penyebaran kepulan asap memiliki distribusi normal.
- Kecepatan dan arah angin *uniform*.
- Kondisi pencemar *steady state* atau tidak akan berubah terhadap waktu.
- Reaksi yang melibatkan senyawa pencemar di udara diabaikan.

Menggunakan Formula Holland's :

$$\Delta h = \frac{Vs \cdot D}{u} \left( 1,5 + 2,68 \times 10^{-3} P \cdot D \left( \frac{Ts - Ta}{Ts} \right) \right)$$

Diketahui :

$V_{S1}$  : 10 m/s ;  $V_{S2}$  : 20 m/s ;  $V_{S3}$  : 30 m/s

$D$  : 2 m

$u$  : 1,6 m/s

$P$  : 1 atm = 1013 milibars

$T_s$  : 160 °C = 433 K

$T_a$  : 28 °C = 301 K

**Chimney 1 untuk  $V_{s1} : 10 \text{ m/s}$** 

$$\Delta h = \frac{V_s \cdot D}{u} (1,5 + 2,68 \times 10^{-3} P \cdot D) \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right)$$

$$\Delta h_1 = \frac{10 \frac{m}{s} \cdot 2 \text{ m}}{1,6 \frac{m}{s}} \left( 1,5 + \frac{2,68 \times 10^{-3}}{\text{milibars} \cdot \text{m}} 1013 \text{ milibars} \cdot 2 \text{ m} \left( \frac{433 - 301}{433} \right) \right)$$

$$\Delta h_1 = \frac{20 \text{ m}^2}{1,6 \frac{m}{s}} (1,5 + 5,42968 \times 0,304)$$

$$\Delta h_1 = 12,5 \text{ m} (1,5 + 1,65)$$

$$\Delta h_1 = 12,5 \text{ m} (3,15)$$

$$\Delta h_1 = 39,37 \text{ m}$$

**Chimney 2 untuk  $V_{s2} : 20 \text{ m/s}$** 

$$\Delta h = \frac{V_s \cdot D}{u} (1,5 + 2,68 \times 10^{-3} P \cdot D) \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right)$$

$$\Delta h_2 = \frac{20 \frac{m}{s} \cdot 2 \text{ m}}{1,6 \frac{m}{s}} \left( 1,5 + \frac{2,68 \times 10^{-3}}{\text{milibars} \cdot \text{m}} 1013 \text{ milibars} \cdot 2 \text{ m} \left( \frac{433 - 301}{433} \right) \right)$$

$$\Delta h_2 = \frac{40 \text{ m}^2}{1,6 \frac{m}{s}} (1,5 + 5,42968 \times 0,304)$$

$$\Delta h_2 = 25 \text{ m} (1,5 + 1,65)$$

$$\Delta h_2 = 25 \text{ m} (3,15)$$

$$\Delta h_2 = 78,75 \text{ m}$$

**Chimney 1 untuk  $V_{s3} : 30 \text{ m/s}$** 

$$\Delta h = \frac{V_s \cdot D}{u} (1,5 + 2,68 \times 10^{-3} P \cdot D) \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right)$$

$$\Delta h_3 = \frac{30 \frac{m}{s} \cdot 2 \text{ m}}{1,6 \frac{m}{s}} \left( 1,5 + \frac{2,68 \times 10^{-3}}{\text{milibars} \cdot \text{m}} 1013 \text{ milibars} \cdot 2 \text{ m} \left( \frac{433 - 301}{433} \right) \right)$$

$$\Delta h_3 = \frac{60 \text{ m}^2}{1,6 \frac{m}{s}} (1,5 + 5,42968 \times 0,304)$$

$$\Delta h_3 = 37,5 \text{ m} (1,5 + 1,65)$$

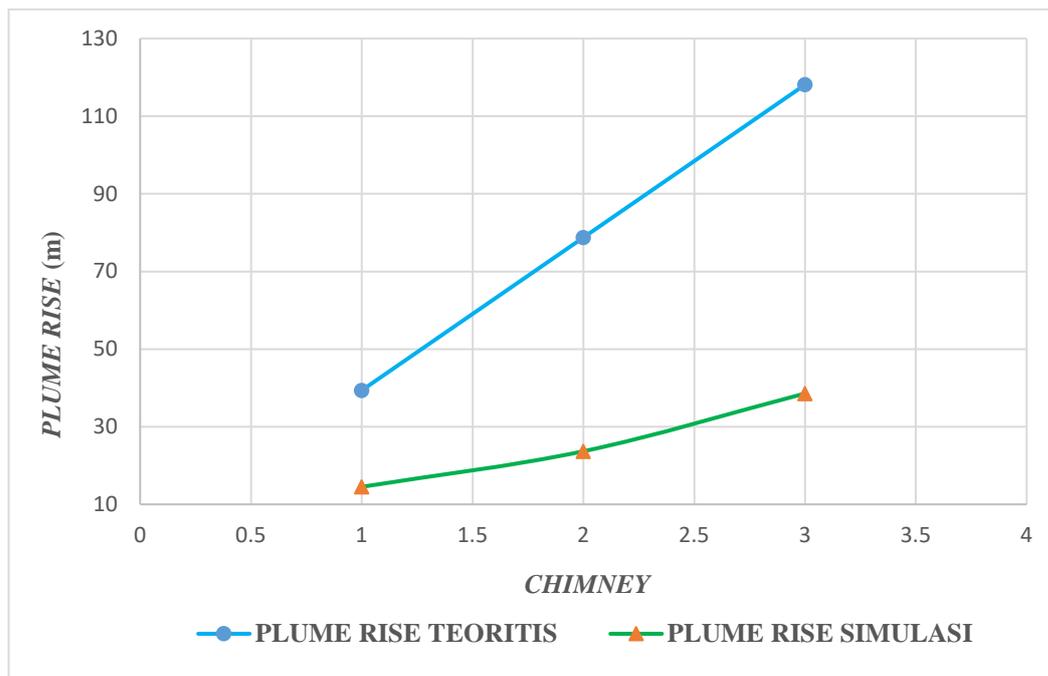
$$\Delta h_3 = 37,5 \text{ m} (3,15)$$

$$\Delta h_3 = 118,12 \text{ m}$$

## 4.2 Pembahasan Hasil Analisa *Plume Rise*

Tabel 4.1 Data Hasil *Plume Rise* Secara Teoritis dan Simulasi :

<i>CHIMNEY</i>	<i>PLUME RISE</i>	
	TEORITIS (m)	SIMULASI (m)
1	39,37	14,51
2	78,75	23,68
3	118,12	38,56



Gambar 4.5 Grafik Hasil *Plume Rise* Teoritis Terhadap *Plume Rise* Simulasi

Gambar 4.5 adalah grafik hubungan hasil perhitungan *plume rise* secara teoritis dengan hasil *plume rise* yang didapatkan dari hasil simulasi, dimana parameter input untuk variasi kecepatan emisi gas buang yang keluar dari *chimney* pada *ANSYS WORKBENCH* yaitu: pada *Chimney 1*  $V_{S1} = 10$  m/s, pada *Chimney 2*  $V_{S2} = 20$  m/s, dan pada *Chimney 3*  $V_{S3} = 30$  m/s. Kecepatan udara di atmosfer = 1,6 m/s. Temperatur udara di lingkungan = 303 K dan Temperatur emisi gas buang saat keluar *chimney* = 433 K.

Pada Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa semakin cepat emisi gas buang yang keluar dari *chimney* maka semakin tinggi kenaikan *plume rise* yang terjadi. Hal tersebut, dapat dilihat dari nilai *plume rise* baik secara teoritis maupun simulasi nilai terbesar terletak pada *chimney 3* dan nilai terkecil terletak pada *chimney 1*. Faktor kecepatan emisi gas buang saat keluar dari *chimney* sangat berpengaruh terhadap kenaikan *plume rise*.

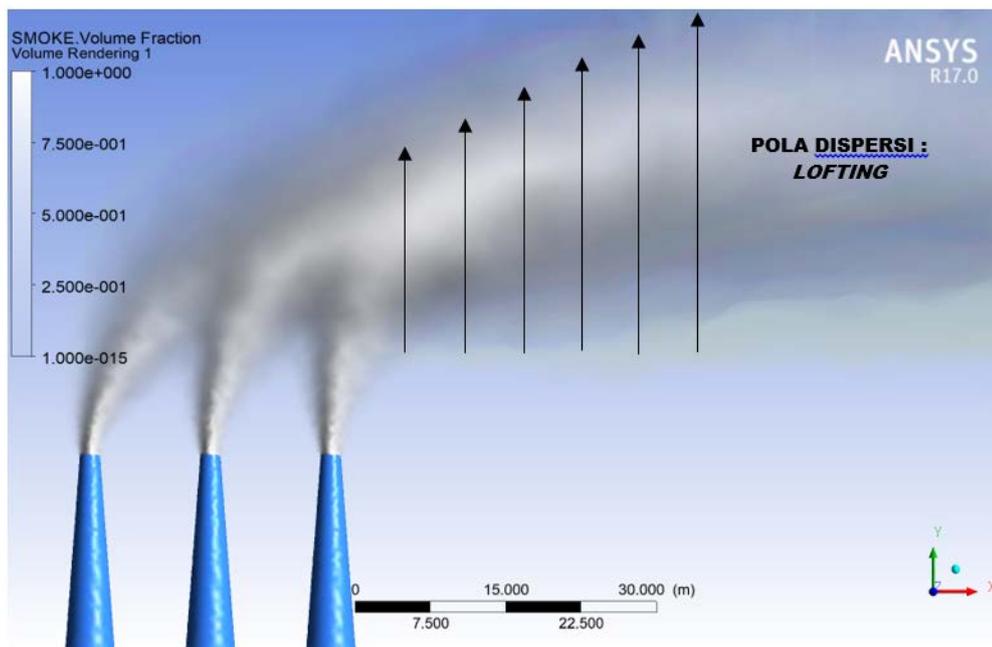
Pada gambar 4.5, terdapat penyimpangan antara nilai *plume rise* secara teoritis yang lebih tinggi dibandingkan nilai *plume rise* secara simulasi, hal tersebut bisa terjadi akibat faktor kecepatan angin di udara yang berubah-ubah, sebaran kepulan asap yang keluar dari *chimney* dalam kondisi yang *unsteady* atau tidak stabil dan faktor karakteristik dari bentuk *chimney* sehingga membuat penurunan kenaikan *plum rise* pada hasil simulasi.

Faktor kecepatan angin dapat menyebabkan hasil *plume rise* simulasi lebih kecil dibandingkan hasil *plume rise* secara teoritis adalah akibat adanya faktor *momentum rise* dimana proses ketinggian *plume rise* dipengaruhi oleh gaya dorong kecepatan emisi gas buang keluar dari *chimney*. Dimana kecepatan angin di sekitar *chimney* lebih besar dibandingkan dengan kecepatan angin dalam kondisi atmosfer.

Faktor karakteristik bentuk geometri *chimney* dapat mempengaruhi hasil *plume rise*, semakin tinggi dimensi geometri *chimney* maka *plume rise* yang dihasilkan akan semakin kecil, Dengan bentuk yang seperti kerucut, dengan diameter keluaran *chimney* yang semakin kecil maka emisi gas buang yang keluar dari *chimney* juga akan semakin sedikit.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi perbedaan hasil *plume rise* adalah faktor *buoyancy effect* yaitu, proses terjadinya perbedaan suhu antara temperatur emisi gas buang saat keluar dari *chimney* yang lebih besar dibandingkan dengan temperatur yang ada di udara sekitar

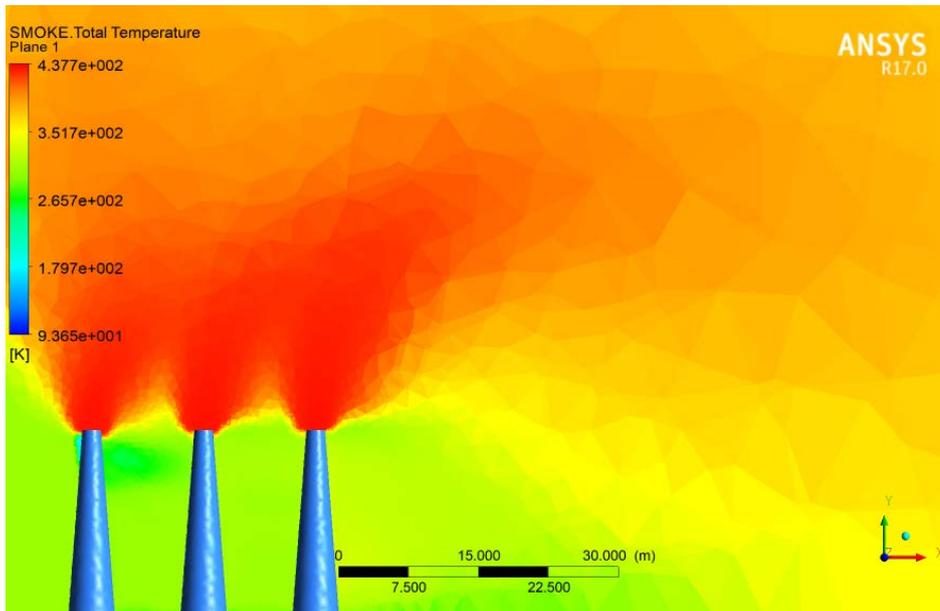
### 4.3 Pembahasan Analisa Pola Dispersi *Plume Rise*



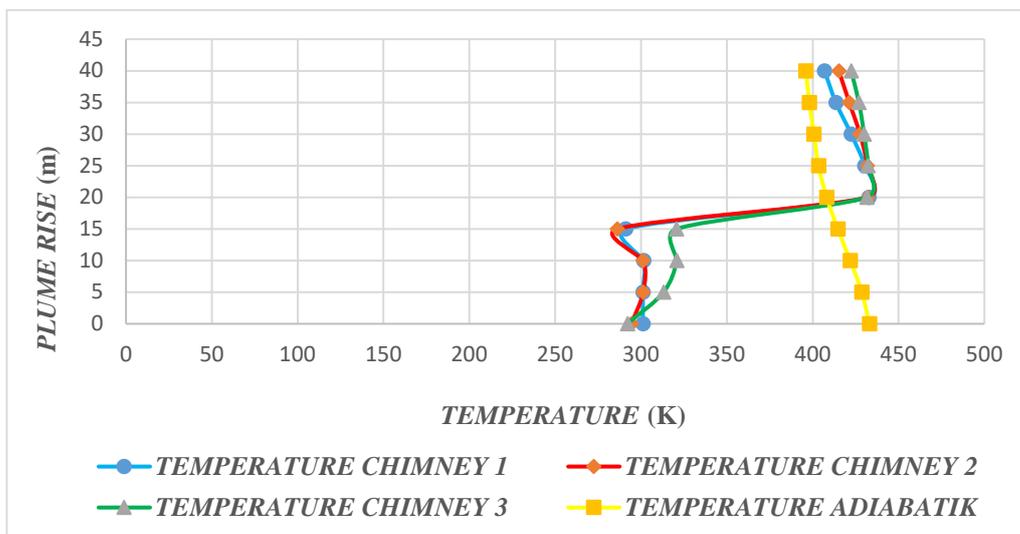
Gambar 4.6 *Smoke Volume Fraction Lofting Detail* pada ANSYS WORKBENCH

Tabel 4.2 Data Hubungan *Temperature* Terhadap *Plume Rise* :

TINGGI CHIMNEY (m)	TEMPERATURE CHIMNEY 1 (K)	TEMPERATURE CHIMNEY 2 (K)	TEMPERATURE CHIMNEY 3 (K)	TEMPERATURE ADIABATIK (K)
0	301,103	294,437	292,186	433,057
5	301,116	301,231	313,103	428,603
10	301,538	301,154	320,772	421,843
15	290,972	286,157	320,606	414,613
20	432,729	432,204	431,562	408,129
25	430,264	431,783	432,198	403,367
30	422,366	427,533	429,938	400,736
35	413,496	421,322	426,912	398,112
40	406,886	415,211	422,361	396,053



Gambar 4.7 *Smoke Temperature Map Color Rainbow* pada ANSYS WORKBENCH



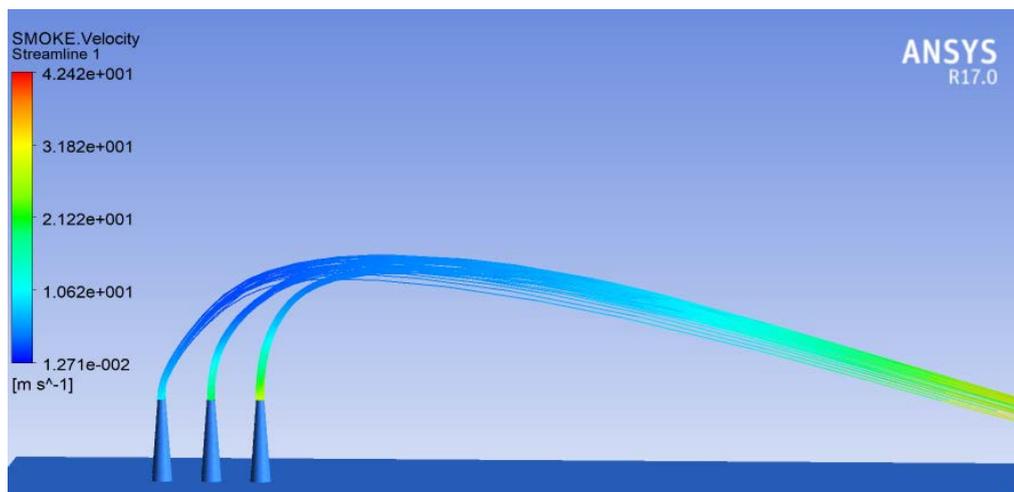
Gambar 4.8 Grafik Hubungan *Temperature* Terhadap *Plume Rise*

Gambar 4.8 adalah grafik hubungan antara *plume rise* dengan temperatur yang didapatkan dari hasil simulasi, dimana parameter *input* untuk temperatur pada *ANSYS WORKBENCH* yaitu : pada temperatur *environment* = 28 °C atau sebesar 301 K dan pada temperatur emisi gas buang keluar chimney sebesar 160 °C atau sebesar 433 K

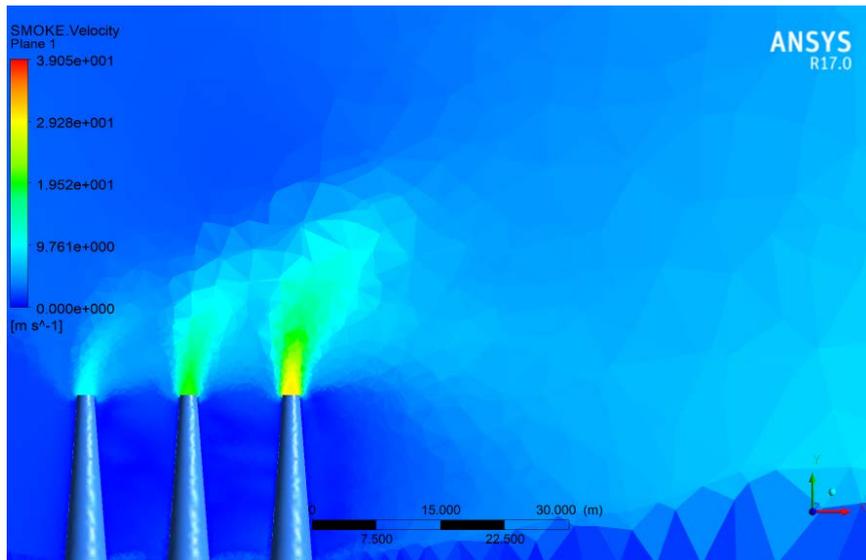
Pada Tabel 4.2, terlihat bahwa semakin tinggi *plume rise* temperatur adiabatik semakin menurun. Berbeda halnya pada kondisi chimney 1, 2 dan 3 dimana semakin tinggi *plume rise* nilai temperaturnya fluktuatif atau tidak stabil naik turun. Pada ketinggian 0 m temperatur *chimney* 1, 2 dan 3 rata-rata sebesar : 295,9 K dan terus meningkat sampai pada ketinggian 20 m temperatur *chimney* 1, 2 dan 3 naik menjadi rata-rata temperaturnya sebesar : 432,1 K kemudian temperatur *chimney* 1, 2 dan 3 kembali menurun hingga ketinggian *plume rise* 40 m dengan rata-rata temperaturnya sebesar 414,8 K.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari simulasi *ANSYS WORKBENCH* yang disajikan dalam model visualisasi 3D dan hasil dari pola yang didapatkan dari grafik, dapat diambil kesimpulan bentuk dispersi *plume rise* adalah berbentuk *Lofting*, Ciri dari pola *Lofting* adalah arah kepulan asap yang keluar dari *chimney* cenderung naik ke atas. Faktor yang mempengaruhi terjadinya pola *Lofting* adalah pengaruh stabilitas atmosfer yaitu pengaruh antara *temperature adiabatic lapse rate* adalah perubahan suhu di atmosfer dengan *temperature environment lapse rate* yaitu perubahan suhu di sekitar *chimney*. Dimana terjadi proses *buoyancy effect*, perbedaan suhu yang mana temperatur udara di atmosfer lebih kecil dibandingkan temperatur emisi gas buang saat keluar dari *chimney*.

#### 4.4 Pembahasan Analisa Velocity Plume Rise



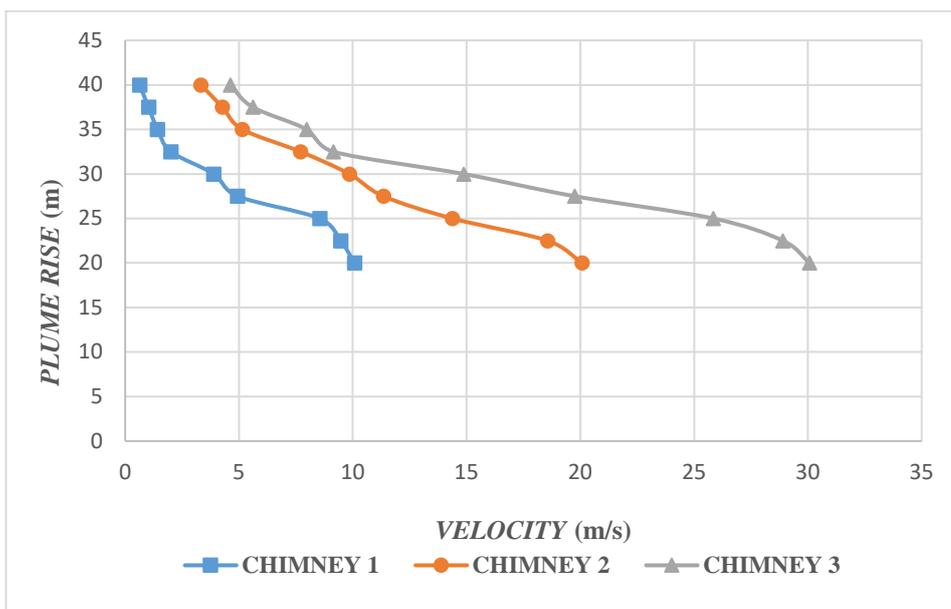
Gambar 4.9 *Streamline Smoke Velocity All Chimney* pada *ANSYS WORKBENCH*



Gambar 4.10 *Smoke Velocity Map Color Rainbow* pada ANSYS WORKBENCH

Tabel 4.3 Data Hubungan *Velocity Terhadap Plume Rise* :

<b>TINGGI CHIMNEY (m)</b>	<b>VELOCITY CHIMNEY 1 (m/s)</b>	<b>VELOCITY CHIMNEY 2 (m/s)</b>	<b>VELOCITY CHIMNEY 3 (m/s)</b>
20	10,075	20,079	30,072
22,5	9,477	18,557	28,901
25	8,546	14,373	25,844
27,5	4,938	11,348	19,751
30	3,889	9,851	14,869
32,5	2,013	7,706	9,145
35	1,421	5,152	7,978
37,5	1,026	4,272	5,606
40	0,635	3,326	4,616



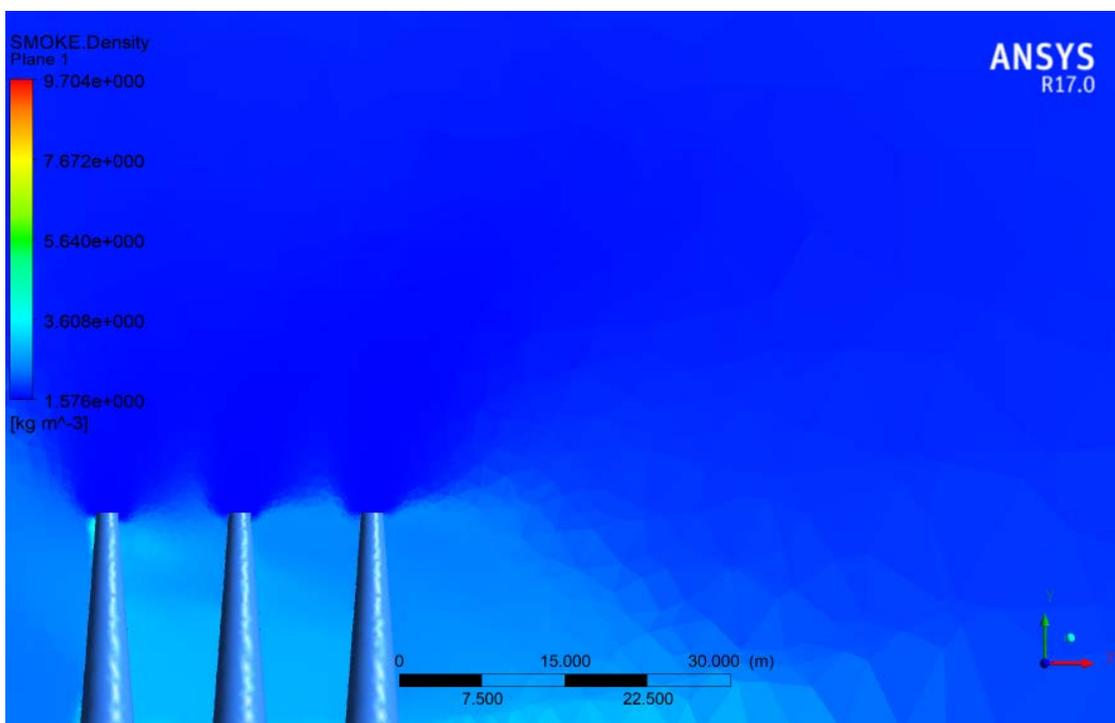
Gambar 4.11 Grafik Hubungan *Velocity Terhadap Plume Rise*

Gambar 4.11 adalah grafik hubungan antara *plume rise* dengan *velocity* yang didapatkan dari hasil simulasi. Dimana parameter *input* untuk variasi kecepatan emisi gas buang yang keluar dari *chimney* pada *ANSYS WORKBENCH* yaitu: pada *Chimney 1*  $V_{S1} = 10$  m/s, pada *Chimney 2*  $V_{S2} = 20$  m/s, dan pada *Chimney 3*  $V_{S3} = 30$  m/s.

Pada Tabel 4.3, terlihat bahwa nilai *velocity* pada chimney 1, 2 dan 3 cenderung mengalami penurunan seiring dengan semakin tingginya *plume rise*. Pada *Chimney 1* dengan  $V_{S1} = 10$  m/s nilai *velocity* terendah sebesar : 0,635 m/s dan nilai *velocity* tertinggi sebesar : 10,075 m/s. Pada *Chimney 2*  $V_{S2} = 20$  m/s nilai *velocity* terendah sebesar : 3,36 m/s dan nilai *velocity* tertinggi sebesar : 20,079 m/s. Pada *Chimney 3*  $V_{S3} = 30$  m/s nilai *velocity* terendah sebesar : 4,616 m/s dan nilai *velocity* tertinggi sebesar : 30,072 m/s.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari grafik, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi *plume rise* maka kecepatan emisi gas buang yang keluar dari *chimney* akan semakin berkurang. Hal tersebut bisa terjadi akibat adanya faktor *momentum rise* akibat perbedaan antara kecepatan angin di atmosfer yang lebih kecil bertemu dengan kecepatan emisi gas buang yang keluar dari *chimney* yang lebih besar sehingga mengakibatkan penurunan *velocity* terhadap *plume rise*.

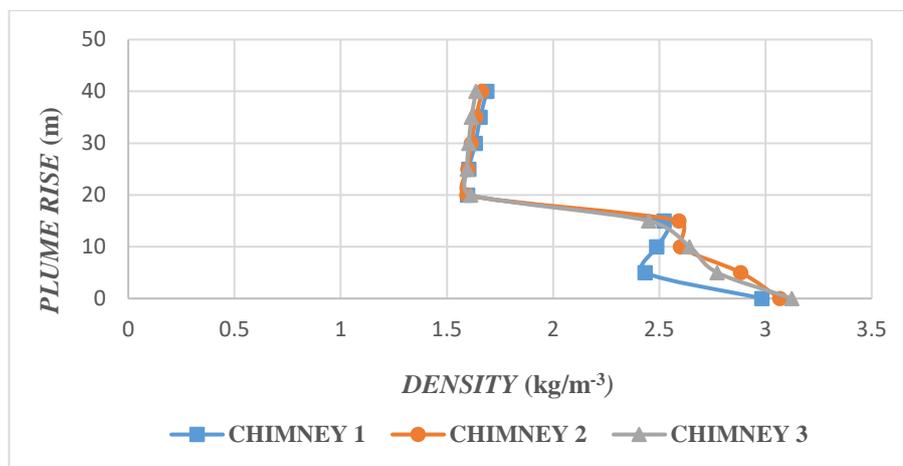
#### 4.5 Pembahasan Analisa *Density* Terhadap *Plume Rise*



Gambar 4.12 *Smoke Density Map Color Rainbow* pada *ANSYS WORKBENCH*

Tabel 4.4 Data Hubungan *Density* Terhadap *Plume Rise* :

TINGGI CHIMNEY (m)	DENSITY CHIMNEY 1 (kg/m <sup>3</sup> )	DENSITY CHIMNEY 2 (kg/m <sup>3</sup> )	DENSITY CHIMNEY 3 (kg/m <sup>3</sup> )
0	2,984	3,069	3,125
5	2,434	2,884	2,773
10	2,489	2,601	2,643
15	2,523	2,593	2,451
20	1,597	1,594	1,593
25	1,603	1,599	1,597
30	1,634	1,616	1,603
35	1,657	1,637	1,616
40	1,688	1,666	1,637

Gambar 4.13 Grafik Hubungan *Density* Terhadap *Plume Rise*

Gambar 4.13 adalah grafik hubungan antara *plume rise* dengan *density* yang didapatkan dari hasil simulasi. Dimana parameter input untuk variasi kecepatan emisi gas buang yang keluar dari *chimney* pada *ANSYS WORKBENCH* yaitu: pada *Chimney 1*  $V_{S1} = 10$  m/s, pada *Chimney 2*  $V_{S2} = 20$  m/s, dan pada *Chimney 3*  $V_{S3} = 30$  m/s.

Pada Tabel 4.4, terlihat bahwa nilai *density* pada *chimney 1, 2 dan 3* fluktuatif atau tidak stabil naik turun. Pada *Chimney 1* dengan  $V_{S1} = 10$  m/s nilai *density* terendah sebesar : 1.597 kg/m<sup>3</sup> dan nilai *density* tertinggi sebesar : 2,984 kg/m<sup>3</sup>. Pada *Chimney 2*  $V_{S2} = 20$  m/s nilai *density* terendah sebesar : 1,594 kg/m<sup>3</sup> dan nilai *density* tertinggi sebesar : 3,069 kg/m<sup>3</sup>. Pada *Chimney 3*  $V_{S3} = 30$  m/s nilai *density* terendah sebesar : 1,593 kg/m<sup>3</sup> dan nilai *density* tertinggi sebesar : 3,125 kg/m<sup>3</sup>.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari grafik, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar kecepatan emisi gas buang yang keluar dari *chimney*, maka nilai *density* kepulan asap yang dihasilkan oleh *chimney* semakin sedikit. Dan semakin tinggi *plume rise* yang terjadi maka nilai *density* yang dihasilkan akan semakin berkurang.