

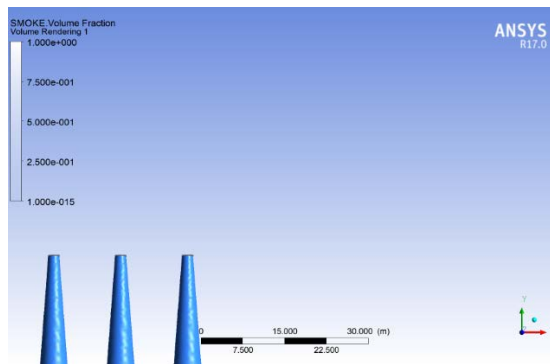
## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

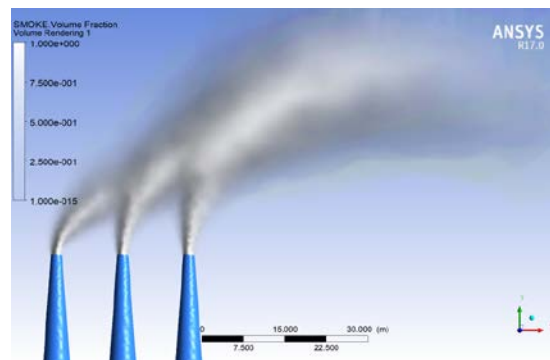
#### 4.1 Analisa Data

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.

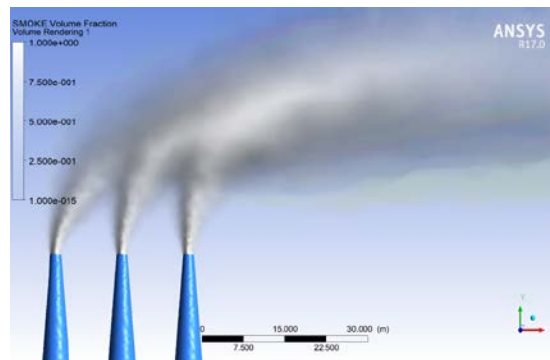
##### 4.1.1 Hasil Simulasi 3D *Plume Rise Chimney* Berdasarkan *Timestep*



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

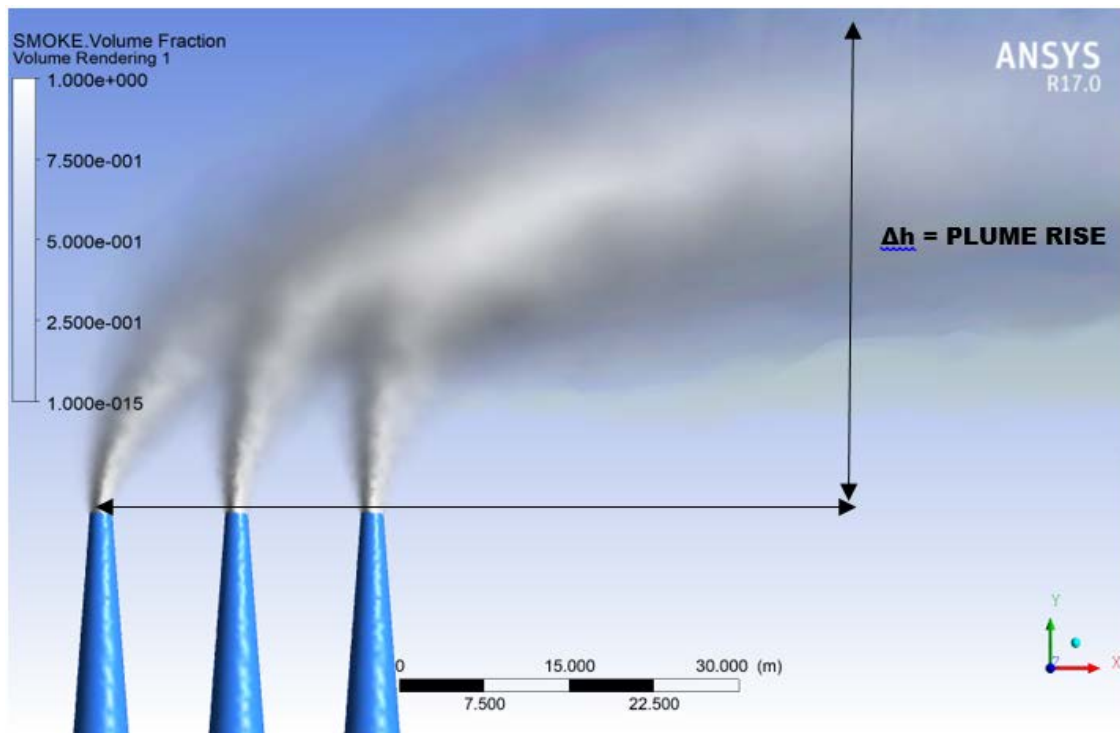


Gambar 4.2 *Smoke Volume Rendering* *Timestep* = 15 s pada *ANSYS WORKBENCH*



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

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

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

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

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

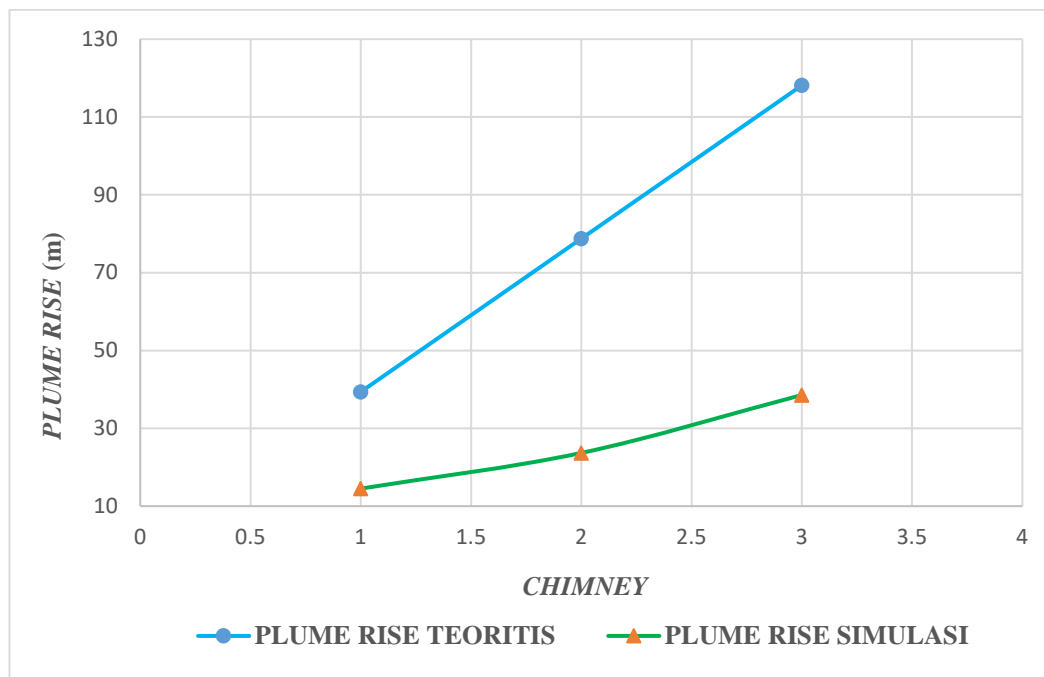
$$\Delta h_3 = 37,5 \text{ m} (3,15)$$

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

## 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*.

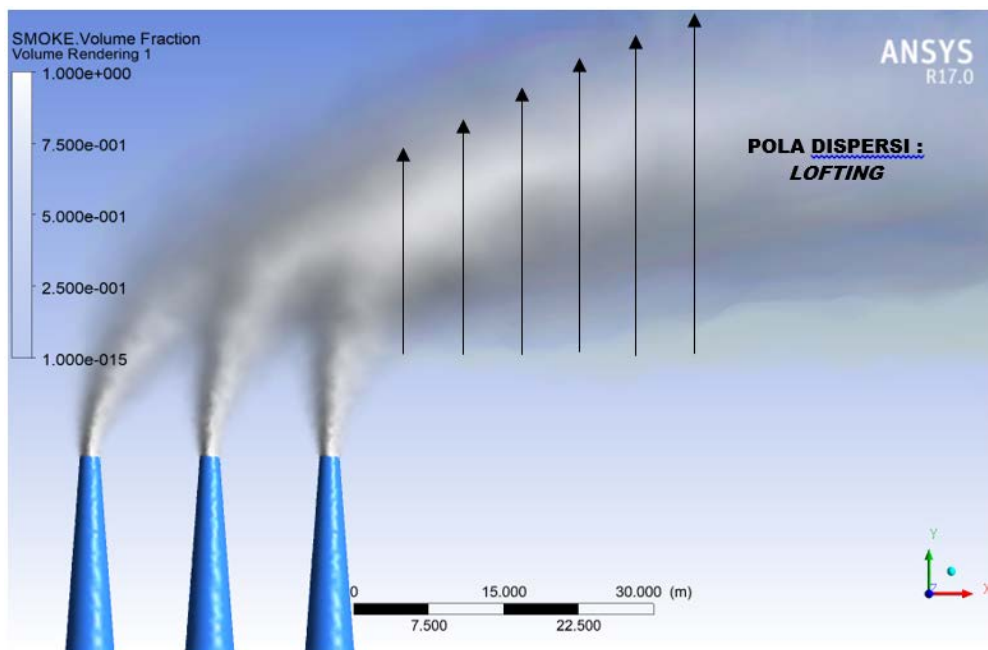
Pada gambar 4.5, terdapat penyimpangan antara nilai *plume rise* secara teoritis yang lebih tinggi dibandingkan nilai *plume rise* secara simulasi, hal tersebut bisa terjadi akibat faktor kecepatan angin di udara yang berubah-ubah, sebaran kepulan asap yang keluar dari *chimney* dalam kondisi yang *unsteady* 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

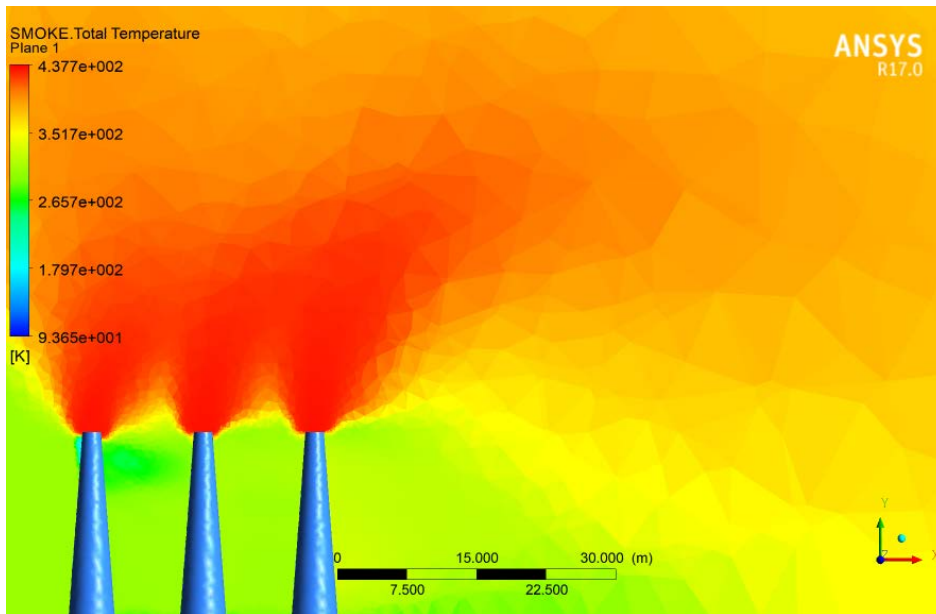
### 4.3 Pembahasan Analisa Pola Dispersi *Plume Rise*



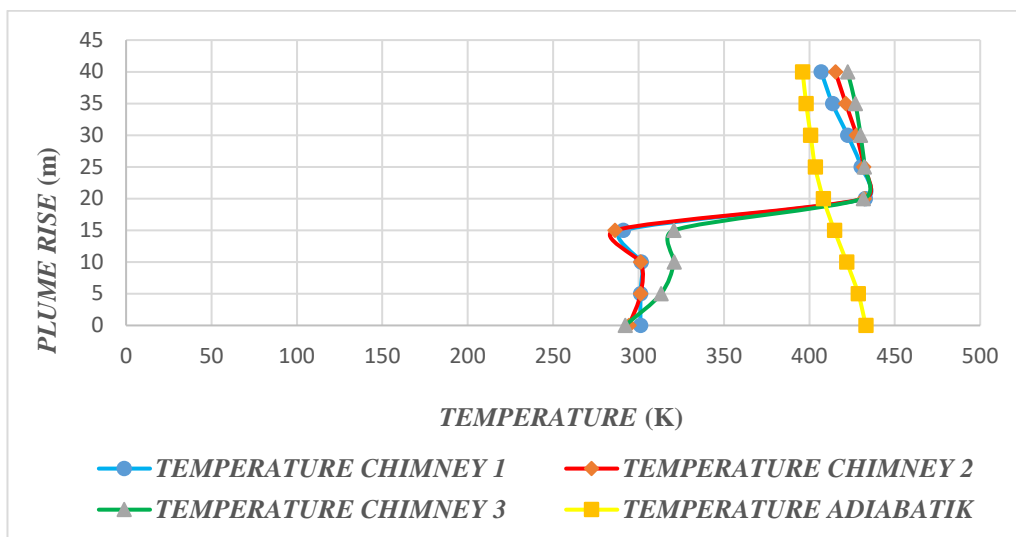
Gambar 4.6 *Smoke Volume Fraction Lofting Detail* pada ANSYS WORKBENCH

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



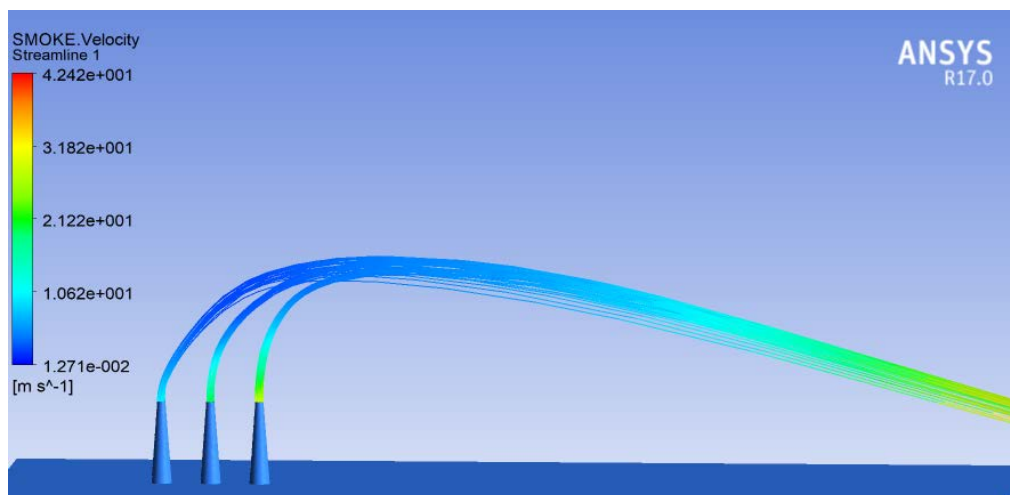
Gambar 4.8 Grafik Hubungan *Temperature* Terhadap *Plume Rise*

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

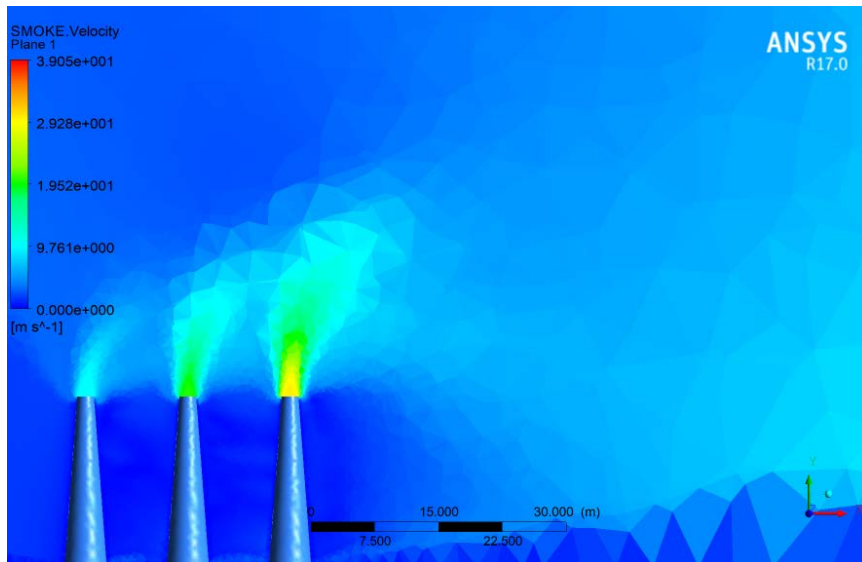
Pada Tabel 4.2, terlihat bahwa semakin tinggi *plume rise* temperatur adiabatik semakin menurun. Berbeda halnya pada kondisi chimney 1, 2 dan 3 dimana semakin tinggi *plume rise* nilai temperaturnya fluktuatif atau tidak stabil naik turun. Pada ketinggian 0 m temperatur *chimney* 1, 2 dan 3 rata-rata 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



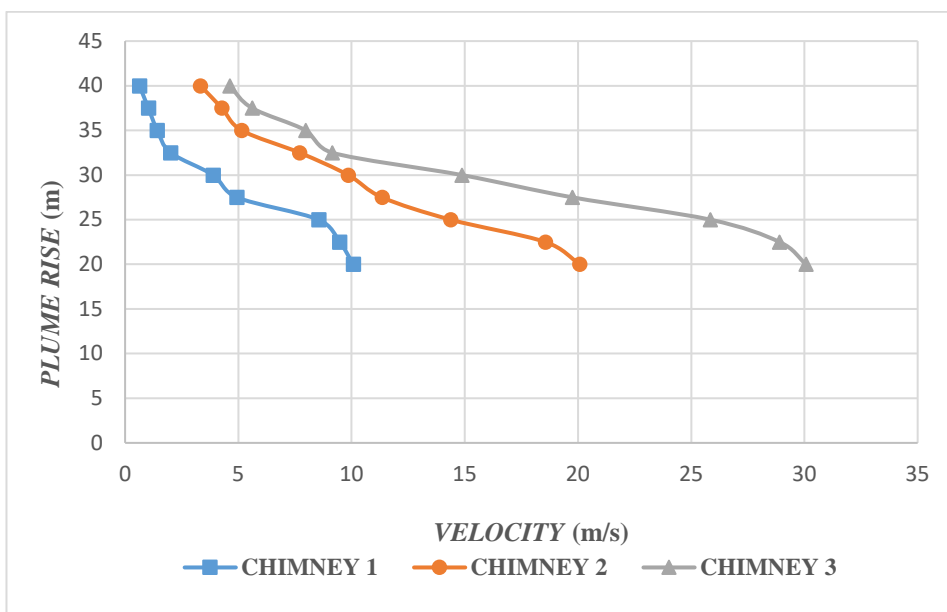
Gambar 4.9 Streamline Smoke Velocity All Chimney pada *ANSYS WORKBENCH*



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

Tabel 4.3 Data Hubungan *Velocity* Terhadap *Plume Rise* :

| <b>TINGGI<br/>CHIMNEY<br/>(m)</b> | <b>VELOCITY<br/>CHIMNEY 1<br/>(m/s)</b> | <b>VELOCITY<br/>CHIMNEY 2<br/>(m/s)</b> | <b>VELOCITY<br/>CHIMNEY 3<br/>(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*

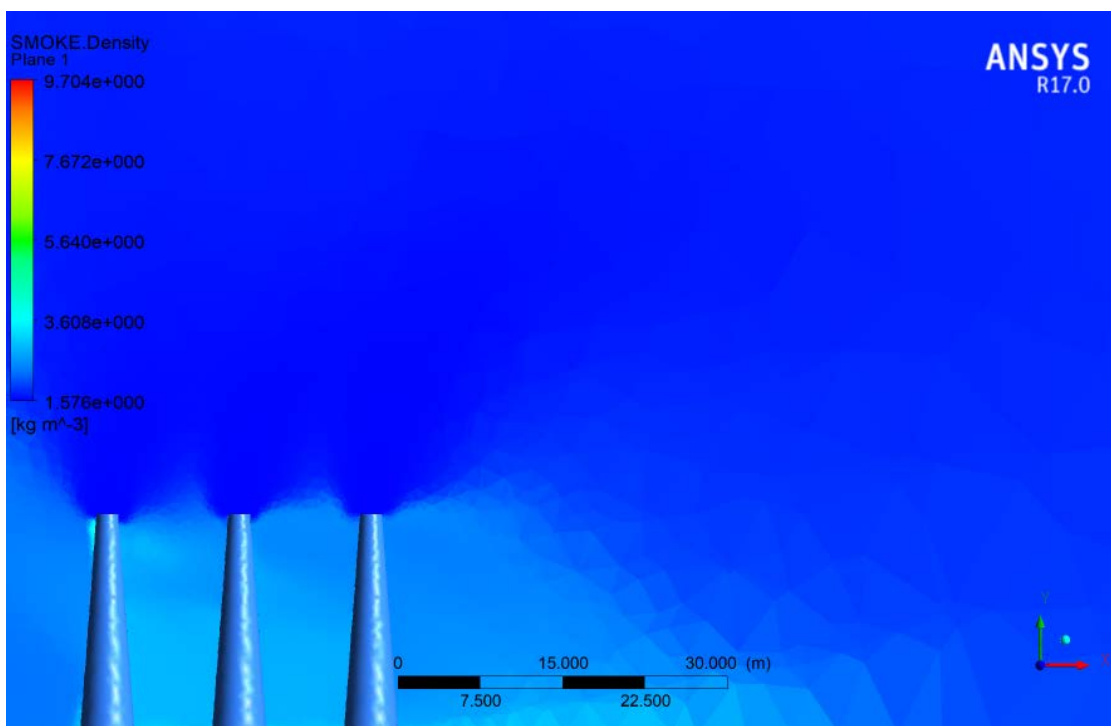


Gambar 4.11 adalah grafik hubungan antara *plume rise* dengan *velocity* yang didapatkan dari hasil simulasi. Dimana parameter *input* untuk variasi kecepatan emisi gas buang yang keluar dari *chimney* pada *ANSYS WORKBENCH* yaitu: pada *Chimney 1*  $V_{S1} = 10$  m/s, pada *Chimney 2*  $V_{S2} = 20$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

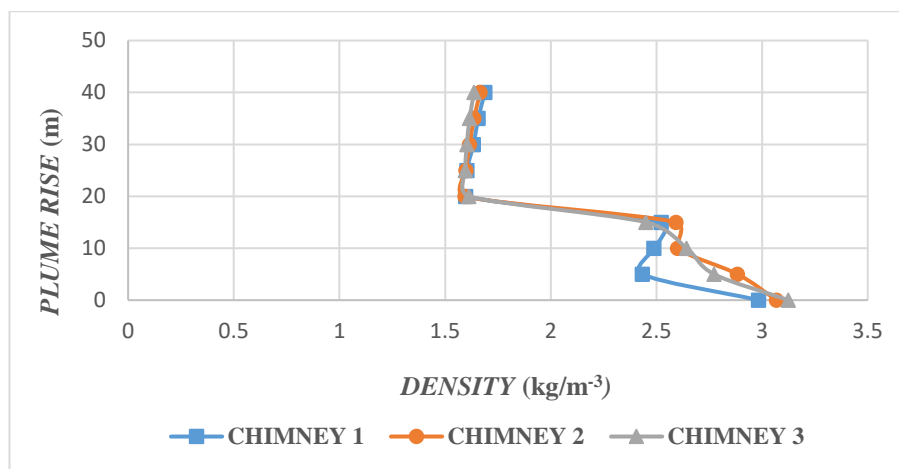
#### 4.5 Pembahasan Analisa *Density* Terhadap *Plume Rise*



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

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

| TINGGI<br>CHIMNEY<br>(m) | DENSITY<br>CHIMNEY 1<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | DENSITY<br>CHIMNEY 2<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | DENSITY<br>CHIMNEY 3<br>(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.