

KAJIAN NUMERIK BACK FLOW CAMPURAN BATUBARA–AIR PERPIPAAN BA-300 PADA PYRITES HOPPER SYSTEM DI PLTU UNIT 8 PT. POMI PAITON

Khairuddin^{1*}, Projek Priyonggo SL², Burniadi Moballa³

Program studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2}

Program studi D3 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: udinkhairuddin339@gmail.com; Projek_me@yahoo.co.id; burniadi@gmail.com

Abstract - Pulverizer is one of the most important equipment in PLITU PAITON Unit 8, the pulverizer has supporting equipment, one of which is the pyrites hopper system. The functions pyrites hopper is to accommodate coal reject from pulverizer which will be directed towards SSCC using a jet pump. The occurrence of backflow causes damage to the pulverizer on the floor plate. Thermal stress occurs because the backflow of the BA-300 piping flow that enters the pulverizer floor plate temperature drops. This research discusses the backflow causes that occur in the BA-300 pipeline and alternative solutions. This research phase starts from the identification of backflow problems, data collection and literature study regarding backflow on the swing check valve, as well as CFD (Computational Fluid Dynamics), modeling of existing BA-300 piping system, search and evaluation of alternative solutions. From the simulation results, the coal particles are sandwiched between the disc and casing check valve because the coal particles settle at the bottom of the check valve, which is caused by the amount of flow rate of coal 2.6 kg / s. Of the 6 variations made, the reduction in flow rate with the amount of 1.7 kg / s was not found again pinched coal even though there was still a bit of coal sequestration.

Keyword : Backflow, CFD, Swing check valve model.

NOMENCULTURE

| | |
|--|--|
| τ | Torsi |
| I | Momen Inersia |
| α | Percepatan Sudut |
| ω | Kecepatan Sudut |
| $\frac{\partial k}{\partial t}$ | Akumulasi k. |
| $\langle U_j \rangle \frac{\partial k}{\partial x_j}$ | Konveksi k dengan kecepatan rata-rata. |
| $\langle U_i U_j \rangle \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$ | Produksi k. |
| $v \langle \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \rangle$ | Disipasi k oleh tegangan kental. |
| $v \frac{\partial k}{\partial x_j}$ | Difusi molekuler k. |
| $\frac{\langle U_i U_i U_j \rangle}{2}$ | Turbulen transportasi dengan fluktuasi kecepatan. |
| $\langle \frac{u_j v}{\rho} \rangle$ | Turbulen transportasi oleh fluktuasi tekanan. |
| $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$ | Akumulasi ε . |
| $\langle U_j \rangle \frac{\partial k}{\partial x_j}$ | Konveksi ε dengan kecepatan rata-rata. |
| $C_1 S \varepsilon$ | Produksi ε . |
| $C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v \varepsilon}}$ | Desipasi ε . |
| $C_1 \varepsilon \frac{\varepsilon}{k} C_3 \varepsilon g \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right)_p \frac{v_T}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_j}$ | Generasi k karena daya apung. |
| $\frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_T}{\sigma_T} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right]$ | Difusi ε . |

I. PENDAHULUAN

Pulverizer merupakan salah satu peralatan yang paling penting di PLTU PAITON Unit 8. PLTU PAITON Unit 8 memiliki 6 pulverizer, unit akan mampu memproduksi listrik dengan beban penuh (615 MW). Pulverizer memiliki peralatan penunjang, salah satunya *pyrites hopper system*. *Pyrites hopper* berfungsi menampung *coal reject* dari *pulverizer* yang nantinya akan diarahkan menuju SSCC menggunakan *Jet pump* melalui aliran perpipaan BA-300. *Jet pump* hanya bekerja ketika level batubara pada *pyrites hopper vessel* terpenuhi dan akan mati jika level tidak terpenuhi. Terjadinya *backflow* dari aliran air batubara pipa *pyrites hopper system* yang diduga disebabkan adanya sedimentasi *coal reject* dan kecepatan menutup *disc check valve* lambat mengakibatkan *temperature* turun dan memungkinkan *thermal stress* terjadi pada bagian *floor plate* di bagian bawah *pulverizer* yang mengakibatkan kerusakan.

Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi model aliran perpipaan BA-300. Simulasi ini memiliki tujuan untuk mengetahui aliran yang terjadi didalam perpipaan BA-300, kecepatan menutup disc pada *check valve*, pengaruh letak/posisi *check valve* dan konsentrasi batubara pada aliran BA-300.

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD). Penggunaan *software computational fluid dynamic* (CFD) dipilih karena memiliki banyak keunggulan

dibandingkan melakukan pengujian secara eksperimental.

II. METODOLOGI

2.1 Persamaan Gerak Disk

Hukum gerak Newton yang kedua menyatakan bahwa tubuh massa yang dipengaruhi oleh gaya luar (*external force*), F , akan mengalami akselerasi ke arah yang sama dengan gaya itu. Besarnya adalah sebanding dengan gaya dan berbanding terbalik dengan massa. Hukum ini ditulis sebagai berikut:

$$F = m a = m \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

Ada sejumlah kekuatan yang berbeda dan nada torsi yang sesuai untuk perilaku disk bergerak. Dengan menerapkan hukum Newton yang kedua ke gerak rotasi Persamaannya menjadi (Turesson 2011) :

$$\tau = I \alpha = I \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

2.2 Momen Inersia

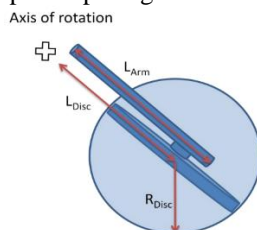
Bila sebuah benda berputar ada resistensi di dalam sistem untuk mengubah rotasi itu, ini resistensi disebut sebagai inersia rotasi. Konsep secara umum untuk inersia rotasi ditulis sebagai berikut:

$$I = \sum i m_i r_i^2 = \int M r^2 dm = \int v p r^2 dV \quad (3)$$

Juga karena penjumlahan rumus, inersia rotasi adalah aditif milik. Karena rotasi tidak akan menjadi pusat dari salah satu badan, sumbu paralel Teorema bisa diaplikasikan. Teorema ini menyatakan bahwa inersia rotasi dapat ditentukan sumbu apapun menurut (Turesson 2011)

$$I = I_{cm} + m d^2 \quad (4)$$

Lebih jauh tiga bentuk memiliki minat khusus; cakram, batang dan bola. Peralatan penutup dari Katup ayun berbentuk seperti cakram, lengan yang menghubungkan cakram dengan engselnya kira-kira bentuk batang dan cairan disk yang berdekatan didekati dengan bola. Faktanya bahwa cairan yang berdekatan harus dipertimbangkan dipertimbangkan lebih lanjut pada bagian 2. Bagaimana ketiga geometri ini berputar ditampilkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Skema berbeda dari inersia rotasi.

Inertias rotasi tentang sumbu rotasi kemudian ditulis sebagai persamaan sebagai berikut:

$$I_{flapper} = I_{disc} + I_{rod} \quad (5)$$

$$I_{added\ mass} = I_{fluid.\ sphere} \quad (6)$$

$$I_{disc} = \frac{1}{4} m_{disc} R_{disc}^2 + m_{disc} L_{disc}^2 \quad (7)$$

$$I_{disc} = \frac{1}{12} m_{arm} L_{arm}^2 + m_{arm} \left(\frac{L_{arm}}{2} \right)^2 \quad (8)$$

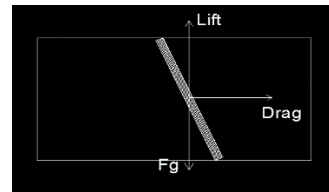
$$I_{fluid.\ sphere} = \frac{2}{5} m_{fluid.\ sphere} R_{disc}^2 + m_{fluid.\ sphere} R_{disc}^2 \quad (9)$$

2.3 Gaya Utama Pada Disk

Sebuah torsi diinisialkan saat sebuah gaya (F) bekerja pada objek di kejauhan (r) dari sumbu rotasi, didefinisikan sebagai berikut:

$$T = r \times F$$

Gaya yang relevan pada kasus ini adalah gaya gravitasi, gaya hidrodinamika berupa *drag* dan *lift*. Inersia yang perlu dimasukkan ke dalam perhitungan adalah inersia dari cakram dan fluida yang berdekatan (Thorley, 1989). Arah kekuatan akting bisa dilihat Gambar di bawah ini:



Gambar 2.2 Prinsip dasar swing check valve menunjukkan gaya utama aliran bola-balik.

- Gaya Hidrodinamika (*Hydrodynamic Force*)

Saat cairan bergerak menyerang cakram katup masuk, akan menggunakan gaya pada disk. Kekuatan ini karena perubahan momentum linier sistem menurut hukum kedua Newton gerakan. Namun, dalam perangkat lunak CFD yang digunakan lebih mudah menghitung kekuatannya dari cairan dalam hal tekanan dan luas. (Cummings, et al., 2004) Besarnya kekuatan akibat tekanan cairan ditulis sebagai:

$$|F| = P \cdot A \quad (10)$$

1. Gaya Tarik (*Drag Force*)

Cara lain untuk menggambarkan aliran yang mencolok pada benda padat adalah dengan menghubungkan gaya dengan hambatan koefisien (C_D) yang tergantung pada bentuk objek. Koefisien drag ini diasumsikan menjadi konstan pada bilangan Reynolds tinggi ($Re > 1000$). Gaya tarik kemudian bisa ditulis persamaan sebagai berikut:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A U U \quad (11)$$

2. Gaya Angkat (*Lift Force*)

Gaya angkat merupakan gaya yang arahnya berlawanan dengan gaya gravitasi. Karena aliran air melalui sistem perpipaan dan memasuki perumahan katup, ia akan menyerang *disc* menyebabkan aliran terpisah dan disk terangkat.

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A U U \quad (12)$$

- Gaya Berat (*Weight Force*)

Bobot berat terdiri dari dua kontribusi; gaya gravitasi dan gaya apung. Gaya akibat gravitasi dinyatakan sebagai.

$$F_g = m_{flapper} g \quad (13)$$

Daya apung adalah konsep tubuh yang terendam cairan. Tubuh terendam dengan pasti volume akan mengalami gaya yang bertindak berlawanan arah gravitasi. Ini adalah gaya apung, sebuah konsep juga disebut sebagai prinsip Archimedes. Besarnya Gaya apung tergantung pada massa cairan yang terlantar dan dapat dinyatakan sebagai (Cummings, et al., 2004)

$$F_{buoy} = m_{fluid} g \quad (14)$$

Berat gaya dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

$$F_{weight} = (m_{flapper} - m_{fluid}) g \quad (15)$$

2.4 Persamaan Dasar Aliran Fluida

Persamaan kontinuitas diperoleh dengan menentukan $\phi = \rho$ dan mengakui bahwa transportasi oleh difusi nol dan juga istilah sumber yang menghasilkan:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho U_j}{\partial x_j} = 0 \quad (16)$$

Persamaan momentum yang juga dikenal sebagai persamaan Navier-Stokes diperoleh oleh aturan $\phi_i = \rho U_i$ dan menentukan istilah sumbernya

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + g_i \quad (17)$$

Persamaan Navier-Stokes didasarkan pada hukum gerak Newton yang kedua yang mengatakan bahwa, tingkatnya perubahan momentum adalah karena kekuatan yang diterapkan.

- Persamaan *Reynolds Averaged Navier Stokes (RANS)*

RANS adalah kependekan dari persamaan Reynolds Averaged Navier-Stokes dan merupakan sebuah metode dimana variabel sesaat dibagi menjadi satu bagian rata-rata dan satu bagian berfluktuasi :

$$U_i = \langle U_i \rangle + u_i \quad (18)$$

$$P = \langle P \rangle + p \quad (19)$$

Persamaan Navier-Stokes kemudian dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial t} + \langle U_j \rangle \frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \langle P \rangle}{\partial x_i} + \mu \left[\frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle U_j \rangle}{\partial x_i} \right] - \rho \langle U_i U_j \rangle \quad (20)$$

Istilah terakhir $\rho \langle U_i U_j \rangle$ juga dilambangkan sebagai τ_{ij} yang disebut sebagai tegangan Reynolds dan penting karena memperkenalkan kopel antara maksud dan fluktuasi arus. Di semua model turbulensi berbasis RANS istilah ini harus dimodelkan untuk menutup persamaan 2.26 Salah satu cara untuk melakukannya adalah dengan menghubungkan tensor tegangan Reynolds dengan kecepatan rata-rata itu sendiri. Pendekatan Boussinesq menghubungkan tensor tegangan Reynolds dengan aliran rata-rata dengan asumsi bahwa tensor sebanding dengan gradien kecepatan rata-rata. Diasumsikan bahwa Tegangan Reynolds dapat dimodelkan

menggunakan viskositas turbulen yang analog dengan molekul viskositas.

$$\frac{\tau_{ij}}{\rho} = -\langle U_i U_j \rangle = -v_T \left(\frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle U_j \rangle}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} k \delta_{ij} \quad (21)$$

Dengan diperkenalkannya viskositas turbulen untuk menggambarkan bagian arus yang berfluktuasi masalah penutupan lain telah muncul. Masalah ini ditangani secara berbeda dalam berbagai turbulensi model. Dengan asumsi yang diperkenalkan oleh Boussinesq dan fenomena viskositas turbulen persamaan RANS sekarang dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial t} + \langle U_j \rangle \frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \langle P \rangle}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial \langle k \rangle}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + v_T) \left(\frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle U_j \rangle}{\partial x_i} \right) \right] \quad (22)$$

Energi kinetik turbulen juga telah diperkenalkan sesuai dengan:

$$k = \frac{1}{2} \langle U_i U_i \rangle \quad (23)$$

- Model Turbulen (*Turbulence Models*)

Realizable k-ε model Sesuai dengan namanya, parameter yang dimodelkan adalah energi kinetik turbulen, k, dan laju disipasi turbulen, ε. Persamaan transportasi untuk energi kinetik turbulen bisa terjadi disimpulkan dari persamaan untuk energi kinetik dengan dekomposisi Reynolds dan ditulis sebagai:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \langle U_j \rangle \frac{\partial k}{\partial x_j} = -\langle U_i U_j \rangle \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - v \left\langle \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right\rangle + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \frac{\partial \langle k \rangle}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(v \frac{\partial k}{\partial x_j} - \frac{\langle U_i U_i U_j \rangle}{2} - \left\langle \frac{u_j p}{\rho} \right\rangle \right) \quad (24)$$

Penutupan diperlukan untuk produksi, disipasi dan transportasi turbulen untuk menyelesaikan k-persamaan Pendekatan Boussinesq digunakan untuk menghubungkan istilah produksi gradien dari mean flow :

$$-\langle U_i U_j \rangle = v_T \left(\frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle U_j \rangle}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} k \delta_{ij} \quad (25)$$

Dan selanjutnya produksi energi kinetik turbulen ditulis sebagai berikut :

$$-\langle U_i U_j \rangle \frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} = v_T \left(\frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle U_j \rangle}{\partial x_i} \right) \frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} - \frac{2}{3} k \frac{\partial \langle U_i \rangle}{\partial x_j} \quad (26)$$

Penghancuran k terkait dengan disipasi energi energi kinetik turbulen sebagai berikut :

$$\varepsilon = v \left\langle \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right\rangle \quad (27)$$

Angkutan yang bergejolak karena fluktuasi kecepatan dan tekanan dimodelkan dengan mengasumsikan mekanisme transportasi difusi gradien.

$$-\frac{\langle U_i U_i U_j \rangle}{2} - \left\langle \frac{u_j p}{\rho} \right\rangle = \frac{v_T}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \quad (28)$$

Akhirnya k - persamaan yang digunakan dalam model dinyatakan :

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \langle U_j \rangle \frac{\partial k}{\partial x_j} = v_T \left[\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right] - \varepsilon + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_T}{\sigma_T} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (29)$$

Persamaan yang berbeda untuk ini Penutupan bagaimanapun tidak akan diberikan di sini melainkan hasil akhir dengan semua penutupan koefisien yang diberikan.

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \langle U_j \rangle \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = C_1 S \varepsilon - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v \varepsilon}} - C_1 \varepsilon \frac{\varepsilon}{k} C_3 \varepsilon g \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right)_p \frac{v_T}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_T}{\sigma_T} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] \quad (30)$$

Dimana $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} =$ Akumulasi ε , $\langle U_j \rangle \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} =$ Konveksi ε dengan kecepatan rata-rata, $C_1 S \varepsilon =$ Produksi ε , $C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v \varepsilon}} =$ Desipasi ε , $C_1 \varepsilon \frac{\varepsilon}{k} C_3 \varepsilon g \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right)_p \frac{v_T}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_j} =$ Generasi k karena daya apung, $\frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_T}{\sigma_T} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] =$ Difusi ε .

Viskositas bergolak hadir pada kedua persamaan transportasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Untuk menutup model turbulensi ini, kekentalan turbulen dimodelkan :

$$v_T = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

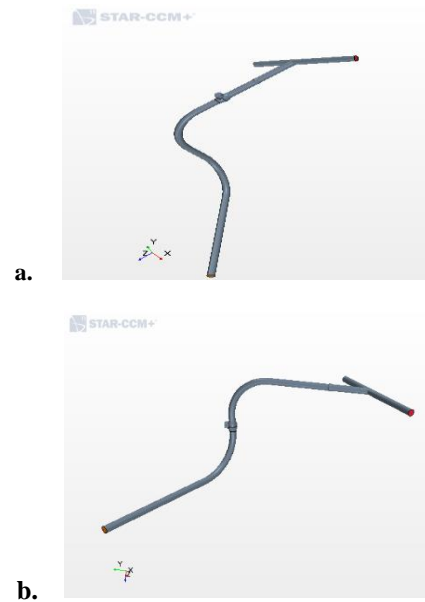
III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

Perhitungan dilakukan untuk memperoleh nilai Y+ calculation, berat disc, nilai momen inertia pada disc, dan kecepatan aliran fluida yang akan dimasukkan kedalam simulasi. Sehingga didapatkan nilai berat disc 0.889 kg, diagonal momen inersia sumbu XX = $8,890683367 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$, YY = $1,345383 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2$, ZZ = $6,8336658 \times 10^{-7} \text{ kg m}^2$ untuk pemodelan *existing system*, dan kecepatan fluida 4,4 m/s.

3.2 Hasil Pemodelan

Pembuatan model dilakukan dengan menggunakan software *solid work* yang selanjutnya di import ke software *ansys*. Pembuatan model pertama disesuaikan dengan bentuk aliran perpipaian BA-300 (*existing model*) dengan material pipa A106B Grade B NPS 100 SCH 40, elbow A106B Grade B NPS 100 SCH 80 dan *swing check valve type*. Dan model kedua memvariasikan letak/posisi *check valave* dengan posisi vertical.



Gambar 1. (a) Pemodelan *existing system* (b) Pemodelan variasi posisi/letak *check valve*

3.3 Hasil Simulasi sistem *existing*

a. Geometry Model

Pemodelan geometry yang akan dilakukan untuk simulasi yaitu pemodelan *existing system* dan pemodelan variasi posisi/letak *check valve* seperti gambar 1 (a) dan (b). Model tersebut divariasikan jumlah *mass flow rate* batubara dengan 2,6 kg/s, 2,1 kg/s, 1,7 kg/s dan 1,3 kg/s.

b. Meshing

Meshing merupakan pembagian objek kecil-kesil yang mempengaruhi waktu iterasi dan solver. Meshing pada pemodelan aliran perpipaian BA-300 harus di bedakan ukuran base size pada bagian *check valve* dengan bagian pipa.

c. Boundary condition

Boundary condition yang diinputkan yaitu pipa, *check valve*, *gate valve*, outlet, dan inlet.

d. Initial condition

Pada simulasi ini pada sisi outlet dikondisikan dengan velocity inlet dengan kecepatan 4,4 m/s dan pada sisi inlet dikondisikan dengan pressure outlet.

e. Injector

Pada pemodelan *multiphase simulation* memerlukan *injector* untuk menentukan dimana lokasi partikel batubara akan dimasukkan. Data yang di inputkan pada pemodelan ini meliputi *massa flow rate*, *particle diameter*, *velocity magnitude* batubara pada sisi inlet pipa. Pada pemodelan ini *particle diameter* batubara dianggap sama dengan diameter 0.00673 mm dengan *mass flow rate* 2,6 kg/s dan

kecepatan aliran 4.4 m/s pada sisi *inlet* pipa.

f. **DFBI**

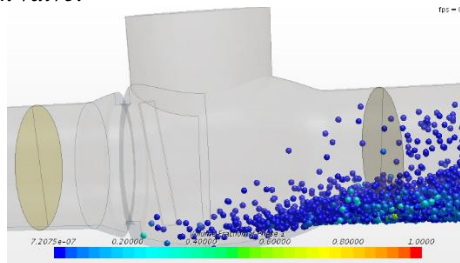
Pada tahap ini diperlukan beberapa inputan meliputi *body mass*, *rotation axis origin*, *maximum angel*, *angular damping length*, *center of mass*, dan *diagonal component of moment inertia* dari disk tersebut agar disk atau katup check valve dapat bergerak (rotasi) sesuai dengan yang diinginkan.

3.4 Analisis Existing Geometri System

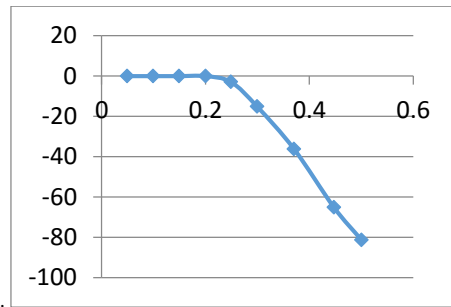
Hasil simulasi dengan parameter *volume fraction* dapat diketahui bahwa persentase banyaknya batubara dengan air, dan pada tampilan *plane section* dapat terlihat bahwa terdapat endapan batubara pada sela-sela antara *disc* dan *casing check valve*. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi terjepitnya partikel batubara yang menyebabkan *disc check valve* tidak bisa menutup dengan sempurna yang menyebabkan terjadinya aliran balik (*back flow*) pada aliran perpipaan BA-300 pada *pyrites hopper system*.

Kecepatan menutup disk menutup *disc check valve* merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjepitnya partikel batubara pada sela-sela *casing check valve* dengan *discs*. Semakin cepat disk menutup, terjadinya terjepit partikel batubara tidak akan terjadi dikarenakan belum terjadi pengendapan pada dasar *casing check valve*. Pada grafik berikut terlihat bahwa pada *physical time* ke 0.25 s *disc check valve* mulai menutup dan berakhir pada 0.56 s menutup pada sudut 81,26 deg.

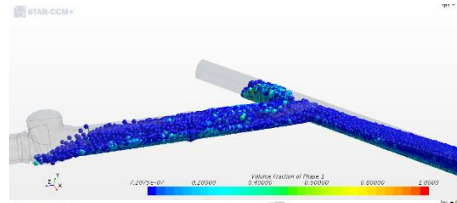
Velocity pada perpipaa BA-300 pada *pyrites hopper system* yang berwarna biru muda menunjukkan kecepatan berada pada kisaran 0.6 m/s hal tersebut dapat diartikan kecepatan pada posisi sebelum melewati dudukan disk lambat, dan hal tersebut memungkinkan terjadinya mengendapnya pertikel batubara pada dasar *body check valve*.



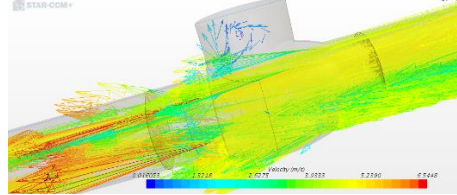
a.



b.



c.



d.

Gambar 4. (a) Visualisai Volime Fraction (b) Grafik Kecepatan Menutup Disk (c) Visualisai Volume Fraction (d) Velocity Existing System

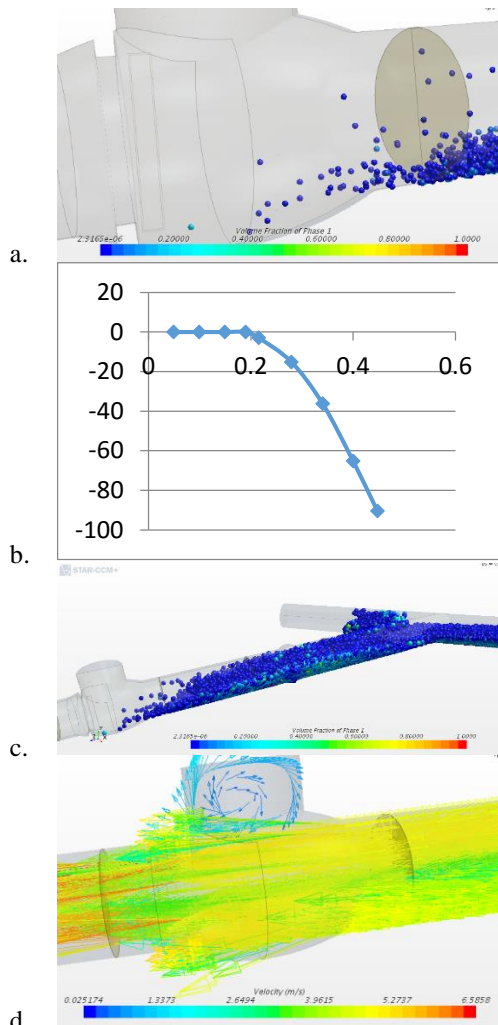
3.5 Analisis Variasi Mass Flow Coal 1,7 kg/s Existing Geometry System

Pada tahap pemodelan ini posisi *check valve* dengan kondisi horizontal dengan *mass flow rate coal* 1,7 kg/s. Dari hasil simulasi dengan parameter *volume fraction* dapat diketahui bahwa persentase banyaknya batubara dengan air, dan pada tampilan *plane section* dapat terlihat bahwa terdapat sedikit endapan batubara pada sela-sela antara *disc* dan *casing check valve*. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan kecil terjadi terjepitnya partikel batubara yang menyebabkan *disc check valve* tidak bisa menutup dengan sempurna yang menyebabkan terjadinya aliran balik (*back flow*) pada aliran perpipaan BA-300 pada *pyrites hopper system*.

Kecepatan menutup disk menutup *disc check valve* merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjepitnya partikel batubara pada sela-sela *casing check valve* dengan *discs*. Semakin cepat disk menutup, terjadinya terjepit partikel batubara tidak akan terjadi dikarenakan belum terjadi pengendapan pada dasar *casing check valve*. Pada grafik berikut terlihat bahwa pada *physical time* ke 0,21 s *disc check valve* mulai menutup dan berakhir pada 0,44 s menutup pada sudut 90 deg.

Velocity pada perpipaa BA-300 pada *pyrites hopper system* yang berwarna hijau menunjukkan kecepatan berada pada kisaran 2,9 m/s hal tersebut dapat diartikan kecepatan pada posisi sebelum melewati dudukan disk cukup cepat, dan hal

tersebut memungkinkan terjadinya mengendapnya pertikel batubara pada dasar *body check valve* tidak terjadi.



Gambar 5 (a) Visualisasi Plane Section Volume Fraction (b) Grafik Kcepatan Menutup Disk (c) Visualisasi Volume Fraction (d) Velocity Existing System

4 KESIMPULAN

Dari simulasi yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada variasi *mass flow* batu bara 2,6 kg/s dan 2,1 kg/detik di aliran perpipaan BA-300 terjadi backflow . Sedangkan pada variasi *mass flow* batu bara 1,7 kg/s dan 1,3 kg/s di aliran perpipaan BA-300 terjadi backflow. Kecepatan menutup disk pada *mass flow* 2,6 kg/s, 2,1 kg/s, 1,7 kg/s, dan 1,3 kg/s adalah 0,26 s pada sudut 81,26 deg, 0,23 s pada sudut 83,27 deg, 0,21 s pada sudut 90 deg dan 0,20 s pada sudut 90 deg.
2. Pada variasi posisi horizontal dan vertikal pada aliran perpipaan BA-300 dengan *mass flow* 2,6 kg/s terjadi backflow. Kecepatan menutup disk pada posisi horizontal *mass flow*

2,6 kg/s adalah 0,26 s pada sudut 81,26 deg, sedangkan pada posisi vertikal *mass flow* 2,6 kg/s adalah *disc check valve* bergerak tidak stabil.

3. Dari hasil simulasi variasi posisi pada *check valve* dan variasi jumlah konsentrasi batubara di aliran perpipaan BA-300, didapatkan variasi *mass flow* 1,7 kg/s dengan posisi *check valve* horizontal merupakan solusi pada penelitian ini. Karena jumlah konsentrasi yang ditranfer relatif banyak dan tidak terjadi backflow pada aliran BA-300.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kudela, Henryk. t.thn. *Turbulent flow*.
- [2] Liu, Henry. 2005. *Pipeline Engineering*. Francis: Lewis
- [3] McElhaney, K.L. 1999. "An analysis of check valve performance characteristics based. " *Nuclear Engineering and Design* 197 (2000) 169-18.
- [4] Moglen, Glenn E. 2015. *Fundamentals of Open Channel Flow*. New York: CRC Press Taylor and Francis Group.
- [5] Tholey, A.R.D. 1989. " Check Valve Behaviour Under." *Journal of Fluids Engineering* 111: 173-183
- [6] Turesson, Martin. 2011. "Dinamic simulation of check valve using CFD and." *Master of Science Thesis [Nuclear Engineering]*.
- [7] W.Kaney, Bryan. 1992. "Efficient Calculation of Transient Flow in Simple Pipe Networks." *J. Hydraul. Eng* (Google Scholer).